



CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia
y Tecnología para el Desarrollo - Subprograma XVIII



Humedales de Iberoamérica

J.J. Neiff (editor)



Red Iberoamericana de Humedales (RIHU)

Humedales de Iberoamérica

Esta obra fue realizada en el marco del Subprograma XVII
Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos del CYTED
Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
Es una contribución de la Red Iberoamericana de Humedales

Título: Humedales de Iberoamérica

Editor: Juan José Neiff, director del Centro de Ecología Aplicada (CECOAL)
e investigador del Consejo Nac. de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de la Argentina

Edición: Yolanda Bolardo Hernández

Diseño de Cubierta: Juan José Neiff

ISBN 959-270-036-2

Humedales de Iberoamérica

CYTED

Programa Iberoamericano de Ciencia
y Tecnología para el Desarrollo
Subprograma XVIII

Red Iberoamericana de Humedales (RIHU)

Editor: J.J. Neiff

ÍNDICE

CARACTERIZACIÓN DE LOS HUMEDALES

9/ Prólogo

11/ Prefacio

Caracterización

15/ Vegetación de los Humedales de la Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba. Freddy Delgado Fernández, Jorge Ferro Díaz, Diosvany Hernández Pérez.

21/ Las lagunas costeras en México. Francisco Contreras Espinosa.

31/ Terras humidas do sul do Brasil I: Manguezais: uma revisão. Clarice Maria Neves Panitz.

56/ Terras humidas do sul do Brasil II: Marismas e banhados. Clarice Maria Neves Panitz.

67/ Sistemas de planícies aluviais do Itapicuru-Crumaí (SISPAI)(Ba, Brasil): Estado actual e perspectivas de conservação. Eduardo Mendes da Silva, Leonardo Marques Pacheco, Gil André Ramos, Ana Maria Rocha de Almeida, Maurício Rocha de Almeida.

77/ Vegetação do pantanal. Arnildo Pott.

87/ Los humedales continentales del Paraguay y sus principales formaciones vegetales. Fátima Mereles.

93/ Los herbazales del Delta del Río Orinoco y su ambiente, I: el área regulada.

112/ Humedales de la puna: territorios de pueblos indígenas de las montañas andinas del norte de Chile. Milka Castro Lucic, Miguel Bahamondes, Leonardo Molina Pino, Pablo Azócar Fernández.

Procesos

130/ La producción primaria en humedales: las lagunas o bañados. Máximo Florín Beltrán, Alvaro Chicote Díaz.

142/ Aporte de materia orgánica de los humedales a ríos de sabana subtropical del Chaco, Argentina. Juan José Neiff, Oscar Orfeo.

153/ Diseño e implementación de un plan de manejo para el sistema de humedales de la bahía de Bluefields, Nicaragua: en la búsqueda del manejo sostenible en áreas marino-costeras. Milton Saúl Castrillo López.

157/ ¿Son las planicies fluviales de la cuenca del Plata, corredores de biodiversidad? Los vertebrados amniotas como ejemplo. Alejandro Raúl Giraudo, Vanesa Arzamendia.

171/ El uso del otolito sagitta como bioindicador de la calidad de ambientes acuáticos costeros. Alejandra Vanina Volpedo, Alicia Fernández Cirelli.

177/ Biomagnificación de mercurio en ecosistemas de agua dulce del norte de Colombia. Boris Johnson Restrepo, Jesús Olivero Verbel.

188/ Procesos geoquímicos en un acuífero kárstico costero en contacto con el humedal. Juan Reynerio Fagundo Castillo, Patricia González Hernández, Sigilfredo Jiménez, Joel Fagundo Sierra, Arsenio González, Emilio Romero, Diego Orihuela, Clara Melián Rodríguez.

204/ Segregación espacio-temporal en varias colonias de garzas (aves: ardeidae) en la ciénaga de Biramas, Cuba. Dennis Denis Avila, Patricia Rodríguez Casariego, Antonio Rodríguez Suárez, Ariam Jiménez Reyes, José Luis Ponce de León.

Estado actual y conservación

212/ Los humedales de Cuba: estado actual y estrategia de uso sostenible. Lucas Fernández Reyes.

226/ Consideraciones generales sobre el estado de los ambientes acuáticos de agua dulce en Colombia. John Donato-R.

237/ Los manglares del archipiélago cubano: aspectos de su funcionamiento. Leda Menéndez Carrera, José Manuel Guzmán Menéndez, René Tomas Capote Fuentes.

252/ Estado de conservación de los ecosistemas estratégicos del delta del canal del Dique Colombia (Caño Matunilla- Boca Luisa-Correa). María Teresa Vélez de López, Luisa Marina Niño Martínez, Amparo Ramos.

270/ Perspectiva antropológica cultural para el uso sostenible de los humedales del Paraguay. Margarita Miró Ibars.

Casos de estudio

284/ Problemática del Parque Nacional Laguna del Tigre, Guatemala. Pérez, J.F., B.E. Oliva; K. Herrera, F. Castañeda.

291/ La comunidad de Epífitas vasculares de ciénaga Lugones, reserva de la biosfera «Península de Guanahacabibes», Cuba. Jorge Ferro Díaz, Noel Ferro Díaz y Freddy Delgado Fernández.

303/ Zoobentos de diversos macrohabitats en tres bañados de los humedales del este (Uruguay). Juan María Clemente , Rafael Arocena.

311/ Soluciones hidráulicas para preservación del mayor humedal de Cuba. Viera Petrova.

319/ Indicadores de contaminación fecal en aguas. Claudia Campos.

323/ Depuración de aguas residuales urbanas mediante zonas húmedas el Els Hostalets de Pierola (Barcelona, España). Miquel Salgot, Montse Folch, Esther Huertas.

336/ Glosario de humedales de Iberoamérica. Juan José Neiff, Sylvina Lorena Casco, Juan Carlos Arias G.

PRÓLOGO

La relevancia de los humedales queda reflejada en la importancia y variedad de funciones que cumplen, entre otras en constituir la principal fuente de recarga y descarga de acuíferos, de controlar las crecidas de los ríos, de retener sedimentos y nutrientes, de estabilizar las costas y protegerlas de la erosión, de amortiguar los extremos del clima. De ellos depende cerca del 25% de la productividad neta del planeta; son además, reservorios de biodiversidad, áreas de cría, refugio y escala migratoria de diferentes especies.

Las características ambientales de los humedales están determinadas por procesos hidrológicos, que pueden exhibir fluctuaciones en diferentes escalas de tiempo (diarias, estacionales, anuales), relacionadas con el clima regional y la ubicación geográfica del humedal. Estos factores naturales junto con el uso y manejo que el hombre hace de estos sistemas determina su gran variedad.

Iberoamérica posee diferentes tipos de humedales desde el Pantanal Matogrossense, las planicies de inundación de los grandes ríos y sus sistemas acuáticos asociados (lagunas temporales, lagunas permanentes, esteros, bañados), hasta los ambientes acuáticos de condiciones extremas como las vegas o mallines de la región meridional de Sudamérica o los bofedales del altiplano. Otros humedales iberoamericanos que presentan influencia marina son los manglares de las zonas tropicales, las lagunas costeras o albuferas y las marismas. Esta diversidad de ambientes conlleva un amplio espectro de condiciones ecológicas y de problemas de manejo y, también una basta gama de soluciones.

La relevancia y diversidad de los humedales como los ambientes acuáticos más emblemáticos y la importancia de los procesos que los rigen y su dinámica han sido considerados por el CYTED-XVII: Aprovechamiento y Gestión de los Recursos Hídricos, al elegir esta temática como uno de los ejes prioritarios del subprograma.

El objetivo general del CYTED-XVII es: integrar la infraestructura científico tecnológica existente en Iberoamérica, en el área de los recursos hídricos, con los organismos normativos y de gestión, a fin de generar conocimientos y diseñar estrategias que aporten al mejoramiento de la capacidad institucional para administrar el recurso hídrico, establecer mecanismos eficaces para la coordinación de políticas y programas y permitir un intercambio amplio de información y experiencias, que contribuyan a la modernización y eficiencia en el uso y aprovechamiento del agua en un marco de crecimiento orgánico y equilibrado entre los países de Iberoamérica.

La implementación de la Red Iberoamericana de Humedales (XVII-C), aprobada en junio del 2001, brinda dentro del marco de la multidisciplinariedad, una integración e intercambio de experiencias entre los especialistas de la región. Esta red temática permitirá: actualizar y difundir los conocimientos científico-tecnológicos alcanzados en el tema, facilitar el intercambio regional de experiencia e información, elaborar lineamientos básicos de futuras investigaciones, desarrollos y potenciar las capacidades existentes en cada una de las instituciones.

En el marco de sus actividades de formación, esta red temática ha organizado en Fazenda Nhu Mirim en EMBRAPA-Pantanal (Corumbá, Brasil) el Primer Curso de Capacitación sobre Manejo Sostenible de Humedales entre el 15 al 26 de julio del 2002, en el que participaron representantes de 15 países iberoamericanos. La elección de la Fazenda Nhu Mirim como sede de este curso resultó un ambiente propicio para las actividades desarrolladas, ya que al estar situada en el corazón del humedal más grande de Iberoamérica, El Pantanal, brindó la posibilidad que los participantes se involucraran directamente con la temática planteada. Del Taller de la Red en Managua (Nicaragua) y del intercambio producido en el curso de humedales ya citado, surgió esta publicación, en la que se presentan diversos aspectos de los humedales iberoamericanos desde su caracterización ambiental,

su biodiversidad, uso por diversas culturas, hasta las diferentes problemáticas a los que están sometidos y el manejo actual para la convivencia del hombre con la variabilidad de estos sistemas. Cabe destacar que en esta publicación se incluyen estudios de caso con variadas temáticas y propuestas, aplicadas en diferentes áreas de Iberoamérica, que fueron aportadas por los participantes y discutidas ampliamente durante las dos semanas del curso.

Esperamos que este material contribuya a la formación de profesionales de la región con vistas al mejor aprovechamiento y al manejo sostenible del agua en Iberoamérica.

Dra. Alicia Fernández Cirelli
Coordinadora Internacional CYTED-XVII

PREFACIO

Este libro presenta una perspectiva actual de algunos humedales sin pretender una síntesis del conocimiento del tema en Iberoamérica. El interés central ha sido utilizarlo como texto de referencia en cursos sobre humedales dejando planteadas algunas cuestiones como temas para discusión. No se ha pretendido un eje de temas, propio de un texto de clase.

Los especialistas que brindaron su aporte a esta idea, decidieron escribir sobre tres líneas concurrentes:

- Caracterización de humedales y/o de sus elementos
- Procesos ecológicos centrales
- Valoración del estado actual, herramientas y posibilidades de manejo
- Casos, incluyendo problemas concretos y proyectos para solucionarlos.

Dentro de este amplio espectro temático se incluyen contribuciones referidas a ambientes marinos, continentales y también a los denominados *humedales construidos*.

Desde que, en 1999 MAB/UNESCO publicara la monografía “Tópicos sobre Humedales Subtropicales y Templados de Sudamérica (A.I. Malvarez, Ed.), no se han presentado obras que compilen el tema a nivel regional y supra regional, existiendo numerosos trabajos publicados en revistas especializadas y en informes de poca circulación. En este sentido, el intento de la joven Red Iberoamericana de Humedales es pionero para América de habla latina. A la vez que nos orgullecemos, somos conscientes de las falencias, omisiones y carencias que conlleva nuestra empresa.

Posiblemente la forma más genuina de mejorar algo ocurre cuando hay algo para mejorar, es por eso que decidimos poner a disposición de los lectores nuestro trabajo, criterios y perspectivas, en la seguridad que ha de potenciar nuevas y mejores contribuciones sobre el conocimiento y manejo de los humedales en Iberoamérica.

Deseo agradecer la confianza dispensada por el CYTED, a través del Subprograma XVII, a los Colegas de la Red, que me encomendaron la edición de esta obra y, a los destacados Especialistas que realizaron la revisión de los manuscritos. Mi reconocimiento especial a la Dra. Alicia Fernández Cirelli y al Dr. Lucas Fernández Reyes por su permanente interés y disposición para solucionar problemas.

A los coordinadores de tarea editorial, especialmente a Alejandra V. Volpedo y a Sylvina L. Casco por su eficiente y desinteresado trabajo. A Silvano Sánchez, por su buena voluntad para mejorar el formato de textos, figuras y tablas, así como a los anónimos trabajadores de la empresa que imprimió el libro.

En nombre de los Autores, que confiaron en este proyecto, dejo al Lector el interés por mejorar nuestra contribución. Deseamos que este libro sea útil no sólo a los especialistas en humedales, sino también al público en general y que acentúe el interés. La única forma de defender sabiamente lo que queremos es conociéndolo mejor y revalorizándolo constantemente.

Juan José Neiff

CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES

VEGETACIÓN DE LOS HUMEDALES DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PENÍNSULA DE GUANAHACABIBES, CUBA

VEGETATION OF BIOSPHERE RESERVE PENÍNSULA DE GUANAHACABIBES WETLANDS, CUBA

Freddy Delgado Fierro
Colón N° 106 e/ Maceo y Virtudes. Pinar del Río. Cuba.
freddy@ecovida.pinar.cu

Jorge Ferro Díaz
Edificio 10, Apartamento 3, Reparto Altura. San Juan y Martínez. Pinar del Río. Cuba.
ferro@ecovida.pinar.cu

Diosvany Hernández Pérez
km 4 ½ Carretera a Viñales. Pinar del Río. Cuba.
diosvany@ecovida.pinar.cu

RESUMEN

Se describen las diferentes formaciones vegetales que se desarrollan en los humedales de la Reserva de la Biosfera “Península de Guanahacabibes,” aplicándose métodos florísticos y fisionómicos. Se determinaron tres formaciones arbóreas, las que cubren más del 40 % del territorio estudiado: Bosque de ciénaga, Manglar y Bosque siempreverde mesófilo. Además, dos formaciones herbáceas: Herbazal de ciénaga y Sabana de helechos. Se confirmó que las condiciones edáficas e hidrológicas, determinan la composición florística y la fisionomía de la vegetación. Se presenta el mapa de vegetación, elaborado con técnicas digitales. Se valoró del estado de conservación de la vegetación, analizándose los factores que han incidido en la degradación de las mismas.

Palabras claves: Humedales, formaciones vegetales, conservación

SUMMARY

Several wetlands vegetal formations at the Biosphere Reserve “Peninsula de Guanahacabibes” are described using their floristic and physiognomic

characteristics. Three main forest formations were found, which cover more than 40% of the studied area. They are Swamps and forests, Mangrove forests and evergreen forests. Other two herbaceous formations were found: Swamps and grass and fern savannas. The edaphic and hydrologic conditions determine the floristic composition and physiognomic structure of vegetation. A digital map of the vegetation is presented. The state of conservation of the vegetation was evaluated through the analysis of the elements involved in their degradation processes.

Key Words: Wetlands, vegetal formations, conservation

INTRODUCCIÓN

La Península de Guanahacabibes ocupa el extremo más occidental de la isla de Cuba, su extensión es de 101500 ha, de las cuales 62200 ha corresponden a una zona central (Herrera et al., 1987). Está conformada por un terreno joven que data del Período Cuaternario (Acevedo, 1980) y su geomorfología aparece como una llanura cársica de origen marino (Biosca et al., 1986).

La Península de Guanahacabibes es un área de grandes valores naturales, entre los que sobresale su riqueza florística, conformada tanto por especies de importancia económica como de interés conservacionista y científico; así como una variada diversidad de ecosistemas, lo que le confiere un importante valor dentro de la conservación de la naturaleza en nuestro país, para la protección de aquellos ecosistemas que por sus características naturales son altamente frágiles y poco aptos para un desarrollo económico intensivo, como el caso de los humedales, que ocupan en la península, más del 40% de su territorio.

El humedal Istmo de Guanahacabibes contempla, además de las áreas incluidas dentro de la Reserva de la Biosfera, otras pertenecientes al istmo y asociado a él, habiendo escogido para este trabajo las primeras, por el valor de encontrarse en un sitio con reconocimiento internacional, como es la Reserva de la Biosfera.

El objetivo de este trabajo es hacer una descripción florística y fisionómica de las diferentes formaciones vegetales que conforman los humedales en la península y su representación cartográfica, valorando su estado de conservación y los factores que han determinado la estructura y composición actual de las mismas.

MÉTODOS

El método empleado fue el de transectos. Los recorridos se hicieron de forma transversal a la línea de costa, desde el S hasta la costa N. Se utilizó como referencia de campo las hojas cartográficas a escala 1: 25000 y las fotos aéreas a escala 1: 30000, lo que facilitó la comprobación del trabajo de fotointerpretación realizado en gabinete. Para la determinación y nomenclatura de las formaciones vegetales se aplicaron los criterios de: Borhidi (1996), Capote y Berazain (1984), Ferro et al. (1995) y Rico-Gray (1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diversidad de ecosistemas presentes en los humedales se representan cartográficamente en la Fig. 1. Algunas de las variantes descritas no fue posible mapificarlos por la limitante de la escala empleada. A continuación exponemos la clasificación de las formaciones vegetales descritas.

- Formaciones boscosas

Bosque medio de ciénaga.

Manglar

- Manglar de franja de *Rhizophora mangle*
- Manglar mixto
- Manglar de *Laguncularia racemosa*
- Manglar achaparrado de *Rhizophora mangle*
- Manglar achaparrado de *Conocarpus erecta*
- Bosque medio siempreverde mesófilo estacionalmente inundado

- Formaciones herbáceas

- Herbazal de ciénaga
- Sabana de helechos y *Acoelorrhapha wrightii*

- Bosque medio de ciénaga

Esta formación presenta cuatro variantes: Bosque medio de ciénaga con dominancia de *Hibiscus elatus* Sw., bosque medio de ciénaga con dominancia de *Calophyllum antillanum* Britt., bosque medio de ciénaga con dominancia de *Tabebuia* ssp y bosque medio de ciénaga con dominancia de *Roystonea regia* (HBK.) O.F. Cook.

El Bosque medio de ciénaga con dominancia de *H. elatus* se establece en una franja de 0,2 a 1 km. de ancho en la costa S, después de la franja de arena carbonatada o dunas de las playas, donde se produce una depresión del terreno, que forma un suelo cenagoso, inundable en el período lluvioso y con una alta acumulación de materia orgánica en diferentes fases de descomposición.

Esta formación es siempreverde con elementos deciduos, de la forma en que se presenta la dispersión espacial de los árboles, no es posible definir los estratos arbóreos, estos se desarrollan entre los 6 y 18 m de alto. Las especies con mayor abundancia de individuos son: *Conocarpus erecta* L., *Thrinax radiata* Lodb. ex Schult., *Metopium browneii* (Jacq.) Urb., *Pithecellobium lentiscifolium* (A. Rich.) C. Wr., *Lysiloma latisiliqua* (L.) Benth., *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., *Eugenia rhombea* (Berg.) Krug. et Urb. y *Tabebuia angustata* Britt. Los estratos arbustivos y herbáceos no son muy numerosos y están dominados principalmente por la regeneración natural de las especies arbóreas. El helecho *Acrostichum daneaefolium* Langsd y Fisch, se hace abundante al igual que la presencia de epífitas, sobre todo orquídeas de los géneros *Encyclia*, *Polystachia* y *Cyrtopodium*.

Esta variante aparece además en zonas más hacia el interior de la península, generalmente alrededor de lagunas y rodeadas por el bosque semidecidual. En tales condiciones, su composición florística es más rica y los árboles alcanzan un mayor tamaño, entre 8 y 20 m; disminuye la presencia de especies del Manglar y *T. radiata* y se incrementa *Annona glabra* L. y *C. antillanum*, además elementos del bosque semidecidual.

Esta variante ha tenido una considerable afectación en su estructura por el aprovechamiento de los mejores ejemplares de las especies madereras, principalmente de *H. elatus* y *S. mahagoni*.

La variante: Bosque medio de ciénaga con dominancia de *C. antillanum*, se localiza en la costa N, generalmente entre el bosque siempreverde mesófilo y el manglar, formando una franja discontinua, donde la acumulación turbo-húmica y el contenido de humedad de los suelos se incrementa ante períodos inundables prolongados. Las especies con mayor abundancia que acompañan a *C. antillanum* son: *Coccoloba diversifolia* Jacq., *A. glabra*., *Lysiloma latisiliqua* (L.) Benth., *Sabal japa* C. Wr., *Furcraea exapetala* (Jacq.) Krug. y Urb. y *A. daneaeifolium*. Esta vegetación presenta un estado de conservación muy alto, manteniendo su estructura y composición próximo a su estado original.

El Bosque bajo de ciénaga con dominancia de *Tabebuia* ssp., se localiza en pequeñas áreas de 1 a 2 ha dispersas en parches en el interior de la Península, donde se mantiene de forma permanente una lámina de agua poco profunda sobre el afloramiento rocoso; la acumulación de turba es pobre y en estas condiciones se establecen cuatro especies del género *Tabebuia*: *T. angustata*, *T. shaferi* Britt. y dos no identificadas hasta el momento. Además, aparecen *A. glabra* y *S. mahagoni*, de forma muy aisladas.

El estrato arbustivo es muy escaso, y el herbáceo lo dominan especies de helechos. Es interesante resaltar que en la época de pocas lluvias, gran parte de los árboles de las especies de *Tabebuia*, pierden parcial o totalmente las hojas, semejando a un bosque decidual. Por las condiciones extremas del medio en que se desarrollan, los árboles toman formas achaparradas, los que no sobrepasan los 12 m y sus fisionomías en general no manifiestan condiciones adecuadas para el aprovechamiento forestal; por consiguiente, el impacto

producido por la actividad antrópica ha sido muy limitado.

El Bosque de ciénaga con dominancia de *R. regia*, abarca una extensa área de la parte más oriental de la reserva. Limita al N con el manglar, al S con la sabana antrópica, al E con áreas de cultivos y al W con el bosque semidecidual.

En el estrato arbóreo predominan las palmas, principalmente *R. regia* y con menos abundancia: *Sabal parviflora* Becc. y *Acoelorrhaphes wrightii* Wendl. La presencia y abundancia de otras especies, depende del tipo de vegetación que la limita. El estrato herbáceo es más numeroso con predominio de gramíneas y ciperáceas.

El estado de conservación de esta variante se ha visto afectado por la cercanía de los principales asentamientos humanos de la reserva, los que para cubrir sus necesidades, principalmente energéticas, han provocado la degradación del bosque por el aprovechamiento de sus valores madereros.

La caracterización realizada por Ferro et al. 1995 del Bosque de ciénaga de la península, es general y no contempló ninguna de las variantes descritas en este trabajo.

Manglar

El Manglar es la segunda formación vegetal en extensión del territorio de la península, desarrollado sobre suelos cenagosos en toda la costa N y en áreas interiores de la parte más occidental. Su fisionomía y composición puede variar en dependencia del grado de salinidad de los suelos, pobreza de nutrientes, períodos de inundación, entre otras (Lugo y Snadaker, 1974). En tal sentido se desarrollan formaciones arbóreas y formaciones arbustivas. Ferro et al. (1995) no relaciona las diferentes variantes que conforman el manglar al describir esta formación vegetal.

Las formaciones arbóreas son: Manglar de franja de *Rhizophora mangle* L., Manglar de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaerth. f. y Manglar mixto. Las formaciones arbustivas están representadas por: Manglar achaparrado de *Rhizophora mangle* y Manglar achaparrado de *Conocarpus eructa* L.

El Manglar de franja de *Rhizophora mangle* se localiza en toda la línea de costa N, ocupando una franja de 20 a 50 m de ancho. Está compuesto

mayoritariamente por esta especie vegetal, formando un bosque denso de un solo estrato arbóreo de 5 a 10 m de altura, expuesto a inundaciones permanentes del mar; su estado de conservación es muy bueno. En él aparecen también de forma aislada, individuos de las demás especies de mangle, principalmente *Avicennia germinans* (L.) L.

El Manglar de *L. racemosa*, se localiza en un área de aproximadamente 5 ha, entre las barras arrecifales y los herbazales de ciénaga, en la parte más occidental de la península. Es un bosque monodominante, con un solo estrato arbóreo de 10 a 16 m de alto, donde la mayoría de los individuos presentan diámetros a 1,30 m del suelo superior a los 15 cm; no presenta estratos arbustivo ni herbáceo. Por su estado de conservación actual se infiere que no ha sido nunca afectado por la acción del hombre.

El Manglar mixto se desarrolla en las zonas más altas, expuestas a inundaciones periódicas, donde predomina *A. germinans*, acompañada de: *L. racemosa*., *C. erecta* y *R. mangle*. Forma un solo estrato de 8 a 10 m de alto. Está presente un estrato herbáceo compuesto por: *Batis maritima* L., *Rhabdadenia biflora* (Jacq.) Muell. Arg. y *Sesuvium maritimum* L. Ha sufrido pocas alteraciones de su estado original.

El Manglar achaparrado de *C. erecta* se localiza entre las barras arrecifales del extremo más occidental de la península, formado casi exclusivamente por esta especie de mangle, aunque en los bordes aparecen con frecuencia *A. germinans*. No existen grandes acumulaciones de suelo cenagoso, observándose el afloramiento rocoso y la presencia de una lámina de agua la mayor parte del año.

La fisionomía de la vegetación se manifiesta como arbustiva de 2 a 4 m de alto, la mayoría de los individuos están inclinados como si un ciclón la hubiera afectado en la etapa de desarrollo; en realidad, lo ocurrido fue una tala total del bosque, para la producción de carbón vegetal hace más de 50 años. La vegetación actual fue originada por el rebrote de los árboles cortados. El estrato herbáceo está dominado por *A. daneaefolium*.

El Manglar achaparrado de *R. mangle* se establece generalmente detrás de la franja de bosque de la misma especie, ocupando grandes extensiones dentro del área

que abarca el manglar. Las condiciones edáficas son desfavorables para el desarrollo normal de la especie, principalmente por la alta salinidad y la carencia de contacto directo con el mar. Esto provoca una disminución considerable en la altura de los árboles, los que no sobrepasan los 4 m de altura y toman formas achaparradas. No ha sido afectada por la acción antrópica.

Bosque medio siempreverde mesófilo estacionalmente inundado

Esta formación la incluimos dentro de los humedales por estar muy relacionada con el Bosque de ciénaga e inundarse de agua gran parte del territorio que ocupa en los meses de mayores precipitaciones, desde junio a octubre. Se localiza casi a todo lo largo de la costa N, formando franjas discontinuas de anchos variables, siempre a continuación del Bosque semidecídúo por la porción S y al N con el Bosque de ciénaga. Se desarrolla sobre un suelo mejor formado, rico en materia orgánica y alto contenido de humedad, durante todo el año.

La estructura de esta formación la integran dos estratos arbóreos; uno superior de 15 a 20 m, donde predomina: *C. antillanum*, *C. pinetorum* Bisse, *Mastichodendron foetidissimum* (Jacq.) Cronq., *Caesalpinea violacea* (Mill.) Standl., *Ficus* ssp., *Laurocerasus occidentalis* Sw., *Dendropanax arboreus* (L.) Dec. et Planch. y otras especies deciduas como: *S. mahagoni*, *Cedrela odorata* L. y *Bursera simaruba* (L.) Sagent. El estrato arbóreo inferior es de 8 a 12 m de alto, donde se hacen más abundantes: *Drypetes alba* Poir, *D. arboreus* y *S. japa*. El estrato arbustivo es pobre en especies e individuos, donde se tornan dominantes *Erithroxylum* ssp. y *Faramea occidentalis* (L.) A. Rich. Las epífitas son abundantes, principalmente *Tillandsia* ssp. y orquídeas como *Vanilla* ssp. y *Oncidium luridum* Ldl.

Este bosque también ha sufrido un considerable grado de explotación forestal, por la presencia de especies de alto valor comercial, lo cual ha influido en gran medida en su estructura y composición actual.

Herbazal de ciénaga

En la zona más occidental de la península se localiza el herbazal más extenso, asociado al Manglar, lagunas,

Bosque de ciénaga y el Bosque semideciduo. Se presenta como una sabana de gramíneas y ciperáceas, sobre un terreno permanentemente inundable. Forma una capa de turba y materia orgánica en diferentes fases de descomposición, entrelazadas por un complejo sistema de raíces, formando una gigantesca balsa flotante. Las especies y géneros más representativas son: *Cyperus* ssp., *Eleocharis celulosa* Torrey, *Panicum* ssp., *Paspalum* ssp., *Salix* ssp. En pequeñas elevaciones del terreno dispersas ocasionalmente y no inundables, se localizan colonias de *A. wrightii* y *C. erecta*.

Esta vegetación se establece en otras zonas del interior de la península, siempre asociada a lagunas, siendo más representativas por el área que ocupan, Ciénaga Lugones ubicada en la parte centro oriental y Ciénaga Melones en la parte norte oriental de la península (Fig. 1). En estos casos no se forman las citadas balsas flotantes, pero se mantiene la composición florística.

Sabanas de helechos con *A. wrightii*

Esta formación se desarrolla en una sabana rodeada totalmente por el Manglar, donde el drenaje subterráneo y superficial es muy deficiente y el afloramiento rocoso se cubre gran parte del año por una lámina de agua poco profunda. La acumulación del suelo cenagoso es baja y no llega a cubrir totalmente las rocas; en estas condiciones se ha establecido una cubierta vegetal formada por helechos de los géneros *Blechnum* y *Osmunda*, con una alta densidad de individuos que no sobrepasa los 50 cm de alto. Se desarrollan de forma dispersa por todo el territorio que ocupa esta formación, colonias de *A. wrightii*. También se observa muy frecuentemente, individuos aislados de *C. erecta*, con un alto porcentaje de mortandad, dado por las condiciones edáficas extremas en que se desarrollan.

CONCLUSIONES

Las formaciones vegetales de los humedales, identificadas en el territorio de la Reserva de la Biosfera

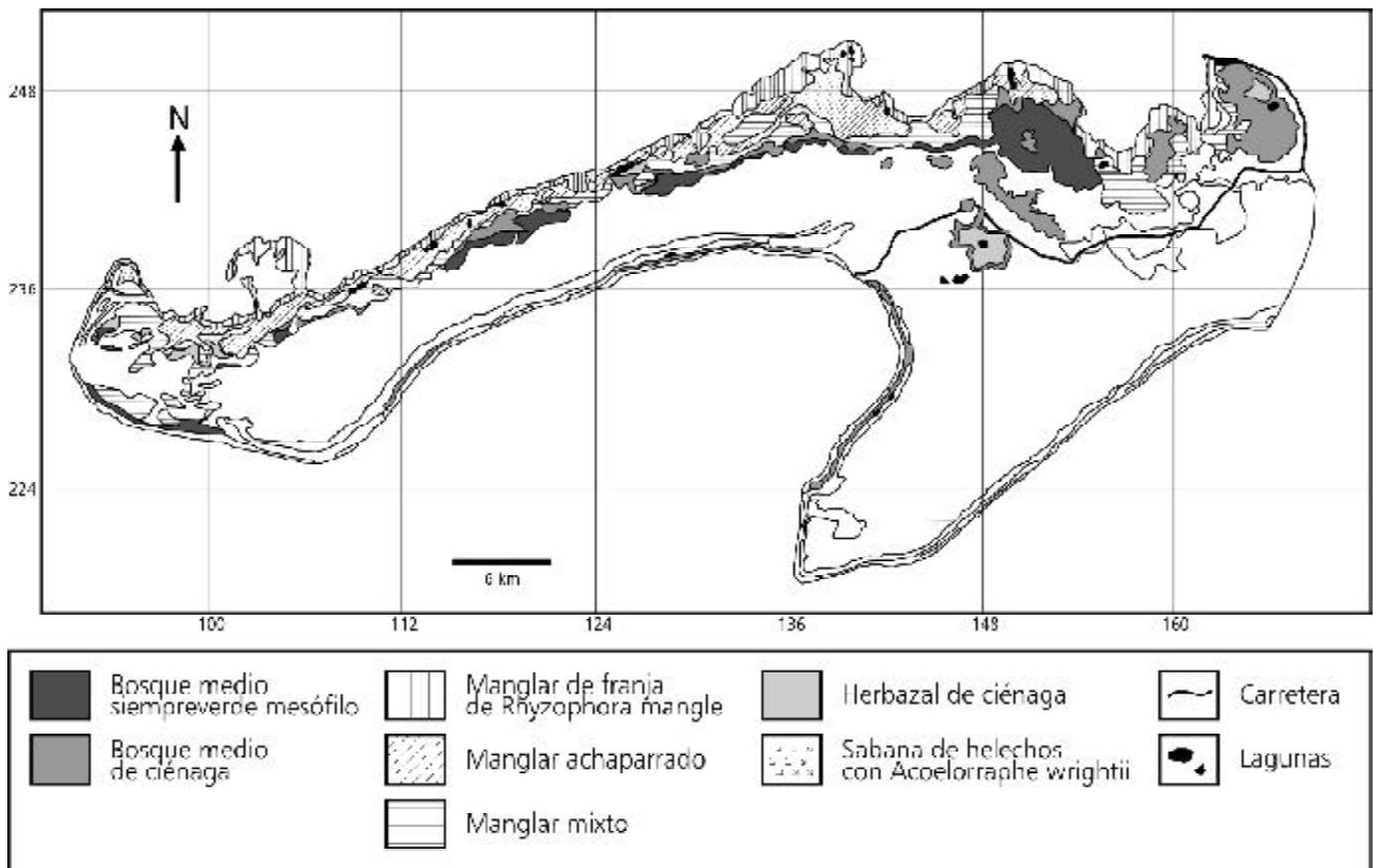


Figura 1. Vegetación de los humedales de la reserva de la Biosfera Península Guanahacabibes.

“Península de Guanahacabibes” están directamente relacionadas con las características edafológicas e hidroclimáticas en que se desarrollan, las cuales determinan su estructura y composición florística. Los cambios de estos componentes abióticos hacen posible la aparición de variantes en las formaciones vegetales y generalmente se manifiestan en franjas alargadas y estrechas, paralelas a la línea de costa.

Los humedales de la península presentan diversidad de ecosistemas, resaltando tres formaciones arbóreas con diferentes variantes: Bosque medio de ciénaga con dominancia de *H. elatus*, Bosque medio de ciénaga con dominancia de *C. antillanum*, Bosque bajo de ciénaga con dominancia de *Tabebuia* y Bosque medio de ciénaga con dominancia de *R. regia*; Manglar de franja de *R. mangle*, Manglar mixto y Manglar de *L. racemosa*. Dos arbustivas variantes del Manglar: Manglar achaparrado de *R. mangle* y Manglar achaparrado de *C. erecta*. Todas estas variantes se describen por primera vez para el territorio en estudio. Dos formaciones herbáceas: Herbazal de ciénaga y Sabana de helechos con *A. wrightii*., esta última, también es de nueva descripción.

Los bosques de ciénaga presentan algunas alteraciones en sus estructuras, dado por el aprovechamiento forestal, dirigido a los mejores ejemplares de las numerosas especies de alto valor comercial que las componen. En general todas las formaciones descritas presentan un alto grado de conservación.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M. 1980. *Geografía física de Cuba I*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 313 p.
- Biosca, L.; L. González; J.L. Díaz y de la R., Cruz. 1986. Mapa geomorfológico de la provincia de Pinar del Río a escala 1:25 000. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba, *Reporte de investigación*, 6: 37 p.
- Borhidi, A. 1996. Phytogeography and vegetation Ecology of Cuba, Hungarian Academy of Sciences and Hungarian National.
- Capote, R. y R. Berazaín. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba, *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 5 (2): 27-75.
- Ferro, J.; F. Delgado y A.B. Martínez. 1995. Mapa de vegetación actual de la Reserva de la Biosfera “Península de Guanahacabibes” (1: 10 000), Pinar del Río, Cuba. Pp 130-132 En: *Memorias del II Simposio Internacional HUMEDALES'94*, Editorial Academia, C. Habana, Cuba.
- Herrera, M.; G. Alfonso y R.A. Herrera. 1987. Las Reservas de la Biosfera en Cuba, Instituto de Ecología y Sistemática, Academia de Ciencias de Cuba, 11 pp.
- Lugo, A.E. y S.C. Snadaker. 1974. The ecology of mangroves. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 5: 39-64.
- Rico-Gray, V. 1982. Estudio de la vegetación de la zona costera inundable del noroeste del Estado de Campeche, México: *Los Petenes. Botánica*, 7 (2): 171-190.

LAGUNAS COSTERAS EN MÉXICO

COASTAL LAGOONS IN MEXICO

Francisco Contreras Espinosa
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa-Departamento de Hidrobiología
Ave. San Rafael Atlixco # 186. A.P. 55-535. C.P. 09340 - México, D.F. México.
fce@xanum.uam.mx

RESUMEN

Basado en el estudio de 39 lagunas costeras mexicanas es posible afirmar que no existe limitación por parte de los nutrientes para el proceso de la productividad primaria. En algunos casos la variación de valores a lo largo del ciclo anual es muy amplia principalmente hacia la región del Pacífico. Lo anterior permite concluir que la relación N:P es más importante que la concentración de nutrientes por si misma. Con base en este índice es posible clasificar a las lagunas con limitación de nitrógeno (<5) o de fósforo (>10).

Palabras claves: nutrientes, relación N:P, lagunas costeras, productividad primaria, México.

SUMMARY

On the basis of 39 mexican's coastal lagoon research, most of them situated in the tropics, it is concluded that there is not any nutrients limitation for primary productivity processes. In some cases, the nutrients variations of annual cycle are wide, showing its heterogeneity mainly in the Pacific region. These findings lead to conclude that N:P ratio is more important than the nutrients' concentration itself. On

the basis of this ratio, it's possible to classify coastal lagoons as limited in nitrogen (<5) or phosphorus (>10).

Key words: nutrients, N:P ratio, coastal lagoons, primary productivity.Mexico.

INTRODUCCIÓN

Los estudios y artículos científicos sobre los factores hidrológicos y nutrientes en lagunas costeras han sido ampliamente difundidos aunque recientemente este enfoque, esto es, la conceptualización de la dinámica del agua y el papel que juega en la ecología lagunar, ha sido revaluada y es común encontrar en la literatura científica aportes novedosos desde esta perspectiva (Kjerfve, 1994). Lo anterior está estrechamente relacionado con el papel que juega el agua, sus variables características y los ciclos biogeoquímicos implícitos, ya que todo parece indicar que éstos son especialmente intensos en estos ecosistemas y juegan un papel primordial en las transformaciones de Carbono, Nitrógeno y Fósforo, llegando a tener un peso considerable, inclusive, desde la perspectiva de los cambios climáticos globales (Vile et al, 2000). Por ejemplo, si bien la contribución de

las lagunas costeras (que ocupan el 13% de las áreas costeras del mundo), a la productividad global mundial es desconocida, en una aproximación basada en los datos promedio se calcula en cerca de 10^{11} kgC/anales (Knoppers, 1994) lo que implica una movilización considerable de Carbono.

Las lagunas costeras en México

La República Mexicana está rodeada por una línea litoral de 11600 kilómetros, de los cuales 1567000 hectáreas están cubiertas por superficies estuáricas. El Pacífico posee 892800 y el Golfo de México 674500 hectáreas. Las aguas estuáricas se definen como aquellas superficies acuáticas, en donde se lleva a cabo una mezcla entre agua proveniente del continente y la oceánica por medio del fenómeno mareal y rara vez exceden los 6 m de profundidad. Figura 1.

En México existen más de 128 grandes ecosistemas costeros (constituidos algunas veces por numerosos

cuerpos acuáticos más pequeños cuyo número total se ubica en la actualidad en 617), se incluyen bahías, ensenadas, lagunas, esteros, pantanos, rías, pampas y marismas (figura 1). Todos presentan diferencias en su comportamiento, extensión, productividad y propiedades ecológicas lo que les confiere, además, especial particularidad. Los ecosistemas costeros se dividen en cuatro grandes grupos:

a) los **oligohalinos**, dominados por los *escurrimientos dulceacuícolas* como los pantanos, ciéneagas y ciertos tipos de marismas y esteros, que se localizan principalmente en zonas asociadas a caudales importantes, por lo que la mayoría se ubican en la parte sur de México. Las áreas más conocidas son los pantanos de Centla, en Tabasco; El Huayate y la Cantileña, en Chiapas, y las zonas asociadas a la laguna de Alvarado con el río Papaloapan, en Veracruz.

b) los **estuarinos**, cuyo ejemplo son las lagunas costeras y que son el resultado de la mezcla de los

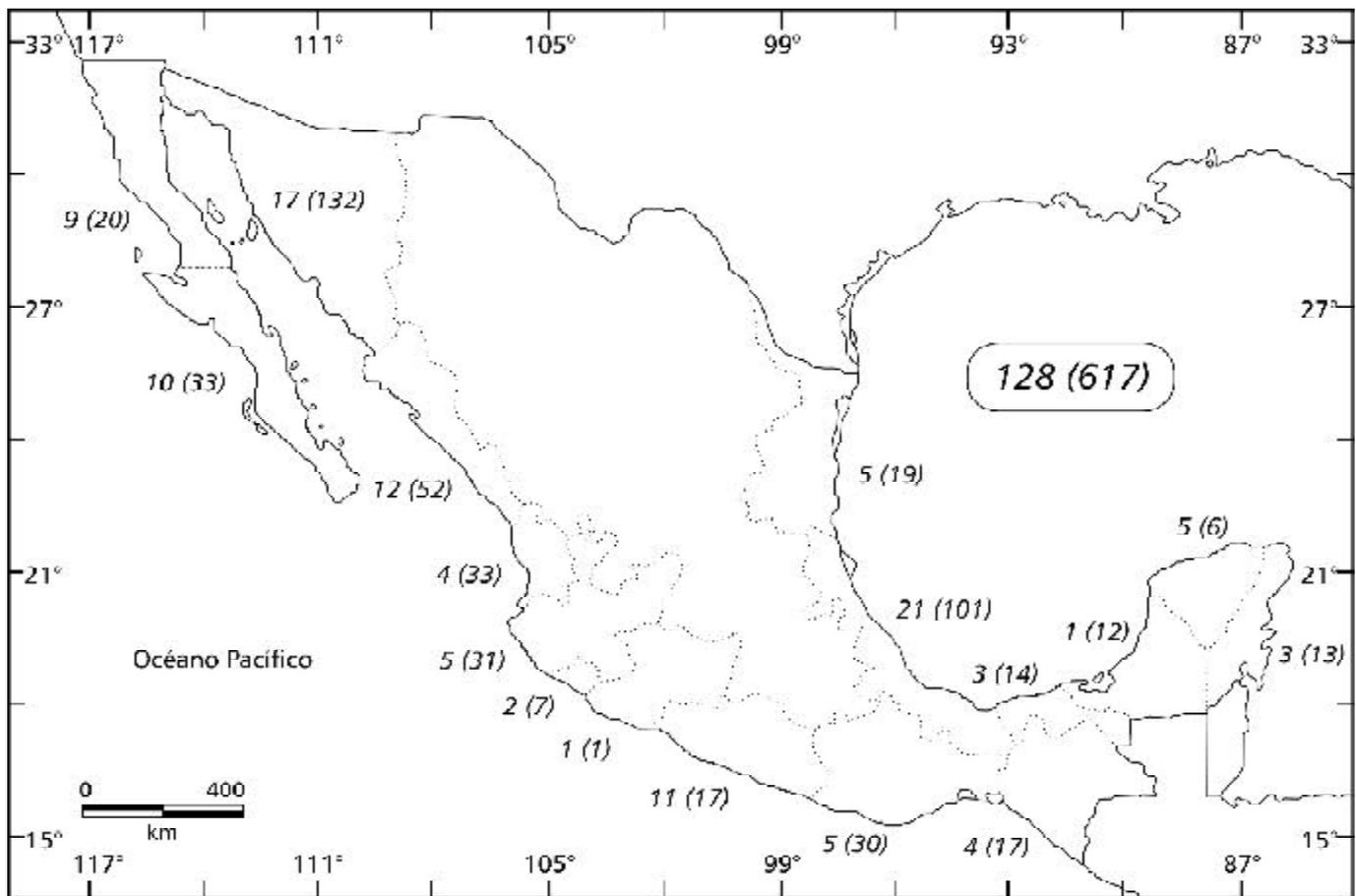


Figura 1. Grandes sistemas lagunares de México y número total de lagunas.

dos tipos de agua: la proveniente de los ríos y el mar. Ubicados en gran parte del litoral nacional, sobresalen por sus dimensiones y productividad las lagunas de: Escuinapa y Yávaros, en Sonora; Huizache-Caimanero, en Sinaloa; Agua Brava-Teacapán, en Nayarit; Superior e Inferior, en Oaxaca; Mar Muerto, en el límite entre Oaxaca y Chiapas; Madre, en Tamaulipas; Tamiahua, Mandinga, Alvarado y Sontecomapan, en Veracruz; Carmen-Machona y Mecoacán, en Tabasco; Términos, en Campeche y Celestún, en Yucatán.

c) los **eurihalinos**, *dominados principalmente por la influencia marina* por ejemplo, las bahías, ensenadas y roquetas. Su mayor incidencia se da en áreas con escasos o nulos escurrimientos de agua dulce y/o climas áridos, como en las penínsulas de Baja California y Yucatán, Sonora y parte de Oaxaca. Destacan por su extensión las bahías de Todos Santos y San Quintín, en Baja California; Vizcaino, San Ignacio, Magdalena-Almejas, La Paz y Concepción, en Baja California Sur; Adair, Guaymas y Lobos, en Sonora; Mazatlán, en Sinaloa; Manzanillo, en Colima; Acapulco, en Guerrero; Huatulco, en Oaxaca; Sian Ka'an, Espíritu Santo y Chetumal, en Quintana Roo. En esta categoría podrían considerarse a las lagunas arrecifales, estas son las asociadas con arrecifes coralinos ya sea las interiores de atolones o las dispuestas en las barreras de coral.

d) los **hiperhalinos**, *humedales que alcanzan valores altos de salinidad*, debido principalmente a una elevada evaporación local, son escasos en el país y son conocidos como marismas. Se presentan en climas áridos y secos primordialmente hacia la parte norte y central del Pacífico, en los estados de Colima, Sinaloa y Sonora.

Todas las clasificaciones que existen sobre estos ecosistemas costeros, desde la geología (Alvarez y Gaitán, 1994), la energética (Odum y Copeland, 1974), la de sensibilidad (Comisión Permanente del Pacífico, 1984), la ecológica (Clark, 1974, Snedaker y Getter, 1985) coinciden en lo excepcionalmente productivos que resultan estos sistemas acuáticos, en América latina hay buenos ejemplos (Kjerfve, 1994; Knoppers, 1994; Knoppers y Kjerfve, 1999; Knoppers *et al*, 1999). Por altamente productivas se entiende su capacidad de generar biomasa primaria, el de mantener áreas críticas

para poblaciones de organismos litorales, su capacidad de transformación de materia orgánica (Martens, 1982), pero sobre todo, su elevada productividad potencial (Odum, 1980; Barnes, 1980; Klump y Martens, 1981; UNESCO, 1981). Además de lo anterior, la mayoría de los científicos coinciden en que las mismas características que hacen a estos ecosistemas especialmente ricos, también los hace particularmente susceptibles a impactos ambientales generados por actividades humanas. El principal factor que explica lo anterior, es el relativo aislamiento que mantienen estos ecosistemas con el mar adyacente. Esta conclusión está basada en que el impacto ambiental aumenta en la medida de la carencia de circulación y la renovación de sus aguas interiores. Así, las marismas y las lagunas costeras se jerarquizan, junto con los arrecifes coralinos, como los ecosistemas acuáticos más sensibles a las modificaciones de su entorno.

Los humedales costeros del país son muy importantes desde la perspectiva de la biodiversidad. Por ejemplo, la cantidad promedio de especies de peces por laguna está entre 50 y 100 (se calcula un total de especies ícticas cercano a los 400 en todo el litoral del país), de moluscos entre 50 y 90 y de crustáceos entre 40 y 70, por nombrar los más conocidos grupos de organismos, cuya permanencia está en función de la productividad local y su conservación (Castañeda y Contreras, 1995). Los humedales están, en su mayoría, estrechamente ligados con bosques de manglar que son un hábitat particularmente rico en especies de aves (son áreas destacadas en la migración de aves provenientes de Canadá y Estados Unidos), reptiles y mamíferos. La importancia de las lagunas para la migración de las aves está considerablemente documentado ya que se reconocen 1,038 especies de aves en México representando a 86 familias. Del total de especies, cerca de 750 son residentes y alrededor de 200 migratorias, más de 80 son endémicas y otras 400 no van más allá de la frontera norte. Las aves acuáticas representan el 22 % del total de especies en México.

En este aspecto, un interés cada vez más creciente se ha manifestado para conservar estos sitios; la conservación de la biodiversidad, sobre todo de la avifauna, ha venido a coadyuvar con los esfuerzos realizados en otras áreas del conocimiento.

Finalmente, la pesca de características ribereñas (practicada muy cercana al litoral y/o en ecosistemas costeros como lagunas, bahías y estuarios), y que solo significa el 31.03% del volumen total nacional (262,485 de 1'300,000 tons. en promedio), en términos de valor económico ésta representa el 75.9% del total, por lo que esta actividad adquiere una importancia extrema desde el punto de vista socio-económico. Lo anterior se debe a que la pesca ribereña se caracteriza por capturar organismos acuáticos de un elevado valor en el mercado, tanto nacional como de exportación, por ejemplo: el abulón, la langosta y el camarón (este último significa el 46.4% del ingreso total nacional). Es así como las especies que ocupan los seis primeros lugares a nivel nacional en valor económico, se capturan en humedales costeros como bahías o lagunas costeras (abulón, langosta, camarón, langostino, erizo y robalo).

Generalmente en los humedales costeros se manifiestan tres tramas tróficas no excluyentes, sino las más de las veces complementarias, la primera en la columna de agua, la segunda y tercera íntimamente ligadas a los sedimentos, que podrían resumirse de la siguiente forma:

1.- Luz + CO₂ + Nutrientes = Fitoplancton P Zooplancton P Peces P juveniles P Peces mayores y/o depredadores.

2.- Luz + CO₂ + Nutrientes = Microfitobentos P Microzoobentos P Meiobentos P Macrobentos y/o Peces mayores.

3.- Defoliación de la vegetación circundante o sumergida P Procesos bacterianos de descomposición P Detritus en diversas fases meiobentos P Macrobentos y/o Peces mayores.

En todos los ecosistemas, pero principalmente en los humedales costeros, la variación tanto en el espacio como en el tiempo de las variables físico-químicas es amplia, debido a su propia naturaleza de constante mezcla de aguas y circulación. Desde la perspectiva temporal los cambios pueden ser diarios, estacionales e inclusive de largo plazo (evolutivos).

En resumen, el agua de los humedales mantiene una fuerte interacción con los componentes abióticos y bióticos del ecosistema, ya que los componentes tales como nutrientes, sólidos suspendidos y bacterias son introducidos y desalojados constantemente dentro del

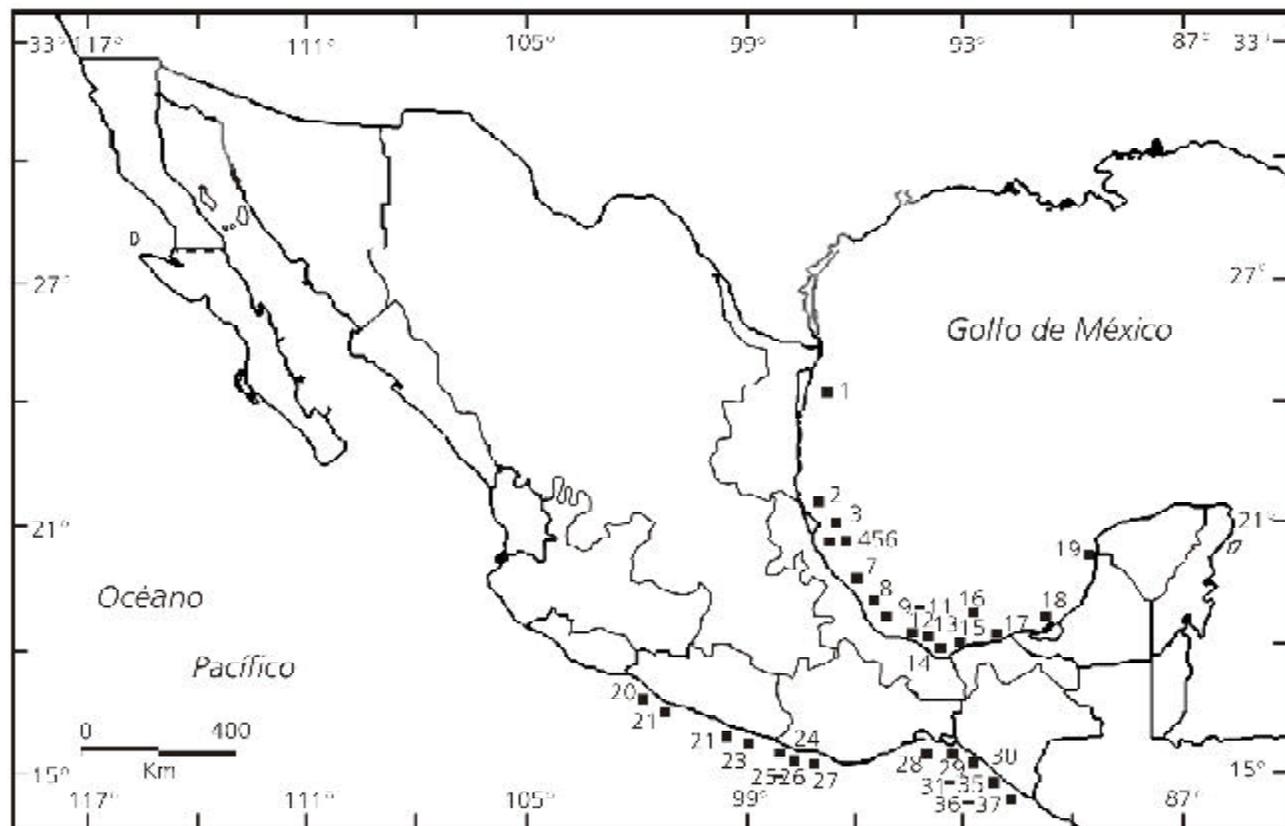
ecosistema (Knoppers, 1994); por otro lado, sus concentraciones pueden ser alteradas por la captación, reciclamiento y dilución. Finalmente y desde esta perspectiva, cabe resaltar la importancia que ha adquirido la investigación y cuantificación de los procesos biogeoquímicos en el reciclamiento de nitrógeno, fósforo y de la participación de los humedales en el fenómeno del “calentamiento global” derivado de la intensa actividad en la captación de CO₂ y, contrariamente, del aporte de metano a la atmósfera por parte de algunos de ellos (Vile *et al.*, en Crowe, 2000). Por lo anterior, el mantenimiento y vigilancia sobre la calidad de estas dos fuentes es primordial.

RESULTADOS

Para poder establecer valores “normales” en aguas estuarinas es necesario conocer una cantidad considerable de cuerpos acuáticos, y con base en ello establecer los intervalos para cada uno de los parámetros más significativos. Tomando como referencia la información generada en 39 lagunas costeras del país (19 situadas en el Golfo de México y 20 en el Pacífico), y en ambas costas se exponen las siguientes consideraciones (Contreras *et al.*, 1996): Figura 2.

Salinidad

Uno de los principales atributos que influyen en la distribución de poblaciones y comunidades en los humedales costeros es la variación espacio-temporal de la salinidad. Esta variación es normal en todos los humedales costeros por la propia naturaleza de su conformación; en algunos casos los intervalos pueden ser cortos pero en otros, llegan a ser extremos (de 0 a 36 ‰). La variación de la salinidad se debe a la correlación de fuerzas entre los aportes dulceacuícolas y los marinos; así, en la época de estiaje la salinidad se incrementará, por un lado debido al descenso de insumos de agua de los ríos y por otro, al de una mayor influencia marina; todo esto aunado a un aumento de la evaporación y la temperatura. En el caso contrario, esto es en la época de lluvias, el descenso en la salinidad es el efecto de una mayor influencia del aporte por parte de los ríos, sumado a las lluvias y a la escasa influencia de la marea (Contreras, 1993).



Nombre	Extensión (ha)	Nombre	Extensión (ha)
GOLFO DE MÉXICO		PACÍFICO	
1 - Lag. Madre, Tamps.	200000	20 - Lag. Nuxco, Gro.	6300
2 - Lag. Pueblo Viejo, Ver.	1000	21 - Lag. Mitla, Gro.	36000
3 - Lag. Tamiahua, Ver.	77000	22 - Lag. San Marcos, Gro.	21000
4 - Lag. Tampamachoco, Ver. 1980	1500	23 - Lag. Chautengo, Gro.	34000
5 - Lag. Tampamachoco, Ver. 1990	1500	24 - Lag. Corralero, Oax.	3500
6 - Estuario Tuxpan, Ver.		25 - Lag. Chacaua, Oax.	1000.
7 - Lag. La Mancha, Ver.	150	26 - Lag. Pastoría, Oax.	2100
8 - Lag. Mandinga, Ver.	3250	27 - Lag. Minialtepec, Oax.	1640
9 - Lag. Camaronera, Ver.		28 - Lag. Superior e Inf, Oax.	74000
10 - Lag. Alvarado, Ver.	10000	29 - Lag. Mar Muerto, Oax/Chis	68000
11 - Lag. Tlalixcoyan, Ver.	1800	30 - Lag. La Joya-Buenavista, Chis.,	6180
12 - Lag. Sontecomapan, Ver.	900	31 - Lag. Buenavista, Chis.	600
13 - Río Calzadas, Ver.		32 - Lag. Carreteras, Chis.	2000
14 - Lag. El Ostión, Ver.	1270	33 - Lag. Pereyra, Chis.	1300
15 - Lag. El Carmen, Tab.	8800	34 - Lag. Bobo, Chis.	250
16 - Lag. Machona, Tab.	6500	35 - Lag. Cherritos, Chis.	1000
17 - Lag. Mecoacán, Tab.	5200	36 - Lag. Chantuto, Chis.	710
18 - Lag. Términos, Camp	196000	37 - Lag. Teculapa, Chis.	400
19 - Lag. Celestúm, Yuc.	3000	38 - Lag. Panzacola, Chis	150
		39 - Lag. Campón, Chis.	900

Figura 2. Las lagunas comprendidas en este estudio.

Temperatura

La temperatura está condicionada a la situación geográfica del área. La mayoría de las lagunas muestran una cantidad suficiente de oxígeno disuelto, los casos de baja concentración están relacionados con áreas aisladas y/o con fenómenos de eutroficación, ya sea natural o cultural.

Fuentes de Nitrógeno

Se encuentra en varias formas, de las más conocidas están el amonio (N-NH_4), los nitratos (N-NO_3), los nitritos (N-NO_2), y aunque falta más información, las formas orgánicas como la urea. Todo parece indicar que las concentraciones normales para el amonio van de 5.0 a 10.00 $\mu\text{g-at/l}$ y de nitratos más nitritos de < 0.01 a 5.0 $\mu\text{g-at/l}$. El nitrógeno es considerado como el limitante en muchos ecosistemas costeros, debido a que la relación N:P (Redfield et al., 1963), es usualmente baja (en promedio de 6).

Fuentes de Fósforo

Contrariamente a lo que sucede en los lagos donde el fósforo es considerado como el limitante por excelencia (Vollenweider, 1992; Doremus et al., 1980), las lagunas costeras son sistemas considerados como levemente eutróficos (Mee, 1977), debido principalmente a la presencia de cantidades significativas de fósforo. La relación entre la clorofila *a* y el fósforo ha sido demostrada (Contreras y Kerekes, 1993). Las eventuales entradas de fósforo deben ser vigiladas estrictamente, aunque todo parece indicar que es el nitrógeno el causante de la eutroficación en sistemas costeros mexicanos. El valor normal para ortofosfatos (fosfatos inorgánicos) es de < 0.01 a 5.00 $\mu\text{g-at/l}$. Recientemente se ha comprobado que más que la cantidad de nitrógeno o fósforo individual, es la relación entre ellos conocida como relación N:P (Redfield et al., 1963), la causante de los procesos de productividad primaria y/o eutroficación (Rinaldi et al., 1992). Tabla 1.

Clorofila *a*

Las concentraciones de clorofila detectadas en algunos ecosistemas litorales mexicanos, se ubican en tiempos y espacios diversos, correspondiendo a las características propias de cada ecosistema. Sin

embargo, su mayor incidencia se presenta bajo ciertas condiciones, quienes propician un aumento o disminución de este pigmento. De las anteriores destaca un incremento en el suministro de nutrimentos, principalmente de fósforo y derivado de los escurrimientos continentales. La relación entre el fósforo y la clorofila ha sido demostrada ampliamente (Vollenweider y Kerekes, 1982; Contreras y Kerekes, 1993; Vollenweider, 1992). La determinación de clorofila es un buen indicativo del fenómeno de la eutroficación debido a su relación causa-efecto tan notoria, que tiene con los suministros de nutrientes; de hecho la clorofila es tomada como base para clasificar tróficamente a algunos sistemas acuáticos como los lagos (Carlson, 1977).

Productividad primaria

Los humedales costeros son uno de los ecosistemas más productivos sobre la tierra, con tasas de productividad mucho mayores que, inclusive, sistemas agrícolas manejados por el hombre con grandes suministros de energía; por ejemplo la productividad anual de los tulares llega a variar de 30 a 70 toneladas por hectárea, similar a la productividad de la caña de azúcar que es de 63 ton/ha. La productividad primaria total proveniente de las lagunas costeras es del orden de $10^{11} \text{kg C/m}^2/\text{año}$, esto es, de 200 a 500 $\text{gC/m}^2/\text{año}$ (Knoppers, 1994).

Mientras que en el Golfo de México la producción primaria se comporta de forma relativamente homogénea, en el Pacífico es extremadamente variable (DS 99,3), lo que concuerda con otros parámetros; de hecho, aumenta durante dos períodos al año: el primero, durante la época de estiaje o primavera, cuando las condiciones abióticas propician considerables florecimientos de las poblaciones fitoplanctónicas, quienes se desarrollan en un medio con una apropiada intensidad luminosa, nutrimentos en abundancia, elevadas temperaturas y salinidades cercanas a la marina y el segundo período que sucede en lapsos relativamente cortos dentro de la época lluviosa y la producción primaria es un efecto directo del aumento en la cantidad de nutrientes aportados por los escurrimientos pluviales; en este último período se alcanzan elevadas producciones, aunque puntuales y efímeras.

N-NH4	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom.	Desv. St.
GOLFO	4.5	6.3	5.2	7.6	3.9	6.6	8.9	8.5	15.8	8.9	7.9	12.7	8.1	3.40
PACÍFICO	6.8	4.5	3.8	6.7	4.7	7.8	8.1	7.2	6.5	8.4	7.8	6.5	6.6	1.49
N-NO3-NO2														
GOLFO	3.7	8.2	4.6	6.8	2.9	6.8	4.4	3.8	3.2	7.2	1.9	8.0	5.1	2.16
PACÍFICO	2.1	4.0	4.4	1.7	2.7	2.5	2.7	13.1	3.0	7.5	5.9	1.3	4.2	3.32
N Tot.														
GOLFO	8.3	63.7	9.8	40.8	6.8	78.3	34.2	11.1	19.0	20.1	9.8	33.8	28.0	23.31
PACÍFICO	8.9	8.6	8.6	8.4	7.4	10.3	10.8	19.3	9.5	15.9	13.7	7.9	10.8	3.66
P-PO4														
GOLFO	1.9	3.4	3.3	6.8	4.1	2.6	2.0	4.9	4.1	2.5	3.6	4.8	3.7	1.40
PACÍFICO	2.2	2.4	1.8	6.2	1.6	5.0	2.6	4.4	8.7	7.9	4.2	3.8	4.2	2.35
N.P														
GOLFO	8.3	16.0	8.9	10.0	7.5	3.7	14.9	3.9	11.4	9.8	2.7	5.7	9.4	4.17
PACÍFICO	16.0	5.2	8.5	5.4	7.4	6.4	7.2	5.5	3.9	16.2	5.5	4.1	7.6	4.18

Tabla 1 . Valores promedio mensuales de algunos nutrientes para ambas costas.

Clor. A.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom.	Desv. St.
GOLFO	3.6	9.1	12.4	22.8	28.7	31.9	21.0	27.9	15.4	19.5	11.1	12.2	18.0	8.78
PACÍFICO	34.7	26.6	21.1	29.7	26.5	27.9	29.7	44.0	35.2	28.7	39.3	12.2	29.5	8.47
Prod. Prim.														
GOLFO	110.6	122.2	92.7	53.1	75.7	88.6	128.9	100.0	172.0	124.1	80.0	103.6	104.3	30.71
PACÍFICO	315.5	466.6	204.4	310.7	279.8	107.2	160.6	185.8	144.7	283.4	169.4	211.0	236.7	99.26

Tabla 2 : Valores promedio mensuales de clorofila y productividad primaria para ambas costas.

Información científica

En Mexico desde hace diez años se empezó a crear una base de datos basada en la recopilación de información publicada en revistas científicas sobre el tema de humedales costeros; sin embargo, la mayoría de ésta se encontraba en la llamada información “gris” esta es la contenida en trabajos de tesis de diferentes grados académicos y una gran cantidad de eventos académicos como congresos, reuniones especializadas, Simposios, etc. y en donde solo se obtienen los resúmenes pero que constituyen información de un gran valor. Basado en lo anterior y hasta la fecha, se

han localizado y reunido en forma de CD ROM aproximadamente 5,500 referencias bibliográficas (resúmenes) de diversos temas alrededor de estos ecosistemas. Lo anterior conforma sin lugar a dudas la base de datos más importante de América Latina y disponible a cualquier interesado.

DISCUSIÓN

El Pacífico Norte que comprende los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa se distingue por su clima seco y un aporte de agua por ríos casi nulo y donde los ecosistemas dominantes son

las Bahías con propiedades totalmente marinas y con tendencias a la hipersalinidad, esta particularidad hace que la presencia de anti-estuarios sea frecuente, tanto espacial como temporal (Alvarez-Borrego et al., 1977). La costa del Pacífico a partir del sur de Sinaloa es variable y se manifiesta un incremento de la humedad (Flores-Verdugo et al., 1992), sobre todo por el aporte de ríos, en ciertas regiones y llegando a climas tropicales y muy lluviosos en su porción sur (Chiapas) (Tovilla, 1994). Contrariamente, el Golfo de México es más homogéneo hasta el límite entre los estados de Campeche y Yucatán, en donde se inicia la plataforma calcárea de la Península, y donde los ecosistemas costeros reciben agua dulce por vía subterránea ante la carencia de escurrimientos superficiales (Batllori, 1988). En el resto del litoral del Golfo, las condiciones de estuarinidad son más permanentes debido principalmente a que los aportes de ríos son constantes y considerables (Contreras, 1993). Desde una perspectiva estrictamente hidrológica, las regiones coinciden a grandes rasgos con las establecidas por otros autores (Merino, 1987).

En la mayoría de los países que cuentan con litoral las medidas que se están tomando para la conservación de la zona costera en general, está fundamentada en estudios sobre la dinámica hidrológica de sus propios ecosistemas costeros, como son los casos de los estuarios y marismas en Norteamérica (Roman et al., 2000; Emmett et al., 2000; Dame et al., 2000); o Argentina (Piccolo y Perillo, 1999), los Fiordos en Dinamarca (Conley, et al., 2000), las lagunas costeras y pantanales en Brasil (Neves, 1989; Knoppers y Kjerfve, 1999; Knoppers et al., 1999) o las ciénagas en Colombia (Naranjo et al., 1999). Lo anterior debido a que es en estos ecosistemas, donde se reflejarán mejor los procesos biogeoquímicos que permiten interpretar los mecanismos de transformación de materia y energía.

A pesar de que existe mucha información científica generada en lagunas costeras mexicanas (Castañeda y Contreras, 1995), la conceptualización de las lagunas como un efecto hidrológico (de la mezcla de dos tipos de agua diferente), empieza a tener un peso significativo en los artículos; lo anterior debido a las lagunas son el reflejo de varias características de origen climático e hidráulico que propician variados procesos y fenómenos biológicos. Por ejemplo, uno de los más

conocidos problemas de la zona costera es la contaminación y generalmente ésta tiene una relación directa con el movimiento del agua interior y su intercambio con las aguas adyacentes (Botello et al., 1996). Así, el conocimiento y comprensión de las variaciones del agua se vuelve imprescindible en la interpretación ecológica del sistema lagunar.

En términos globales se ha establecido y documentado que la característica deficiencia de nitrógeno que se presenta en algunos sistemas costeros como estuarios y lagunas, se debe principalmente al proceso de la desnitrificación que alcanza cifras de alrededor de 50 a 250 $\mu\text{mol N/m}^2/\text{hr}$ y que es más frecuente en sistemas acuáticos eutróficos (Knoppers, 1994); en lagunas costeras mexicanas los modelos LOICZ aplicados demostraron ampliamente lo anterior (Smith et al., 1997). Otro fenómeno recurrente es la eutroficación, y que se trata de un proceso en el cual el medio acuático se ve enriquecido gradualmente por biomasa vegetal a partir de una entrada de nutrientes y que propicia una acumulación de material detrítico (Knoppers y Kjerfve, 1999), por lo que una deficiente circulación e intercambio de agua propicia el incremento de este fenómeno (Kjerfve, 1994). De esta forma, las cuantificaciones globales adquieren especial importancia al reflejar el aporte que significan los ecosistemas costeros para el balance mundial de carbono, nitrógeno y fósforo, por ejemplo aplicando modelos tipo LOICZ (Smith et al., 1997), y donde formas químicas generalmente reportadas como μM adquieren una magnitud, peso y significado distintos, al apreciar bajo esta óptica las cantidades involucradas en los procesos biogeoquímicos en una laguna que frecuentemente son solo interpretados como procesos muy particulares y locales.

En los dos litorales de nuestro país existen lagunas costeras que desde una perspectiva teórica son conceptualizadas como similares en su comportamiento, sin embargo las respuestas ecológicas y productivas entre ambas costas difieren significativamente, esto es, que a las mismas causas hay diferentes efectos, por lo que concebir a todas las lagunas costeras como iguales es un error. La aproximación metodológica expuesta en este artículo propone implícitamente un acercamiento diferente para cada caso, porque como puede observarse con base

en los datos, no es posible solucionar un problema medioambiental de la misma manera en la costa del Golfo que en la del Pacífico. Por ejemplo, las condiciones que podrían generar la eutroficación en las dos costas son diferentes, mientras que en el Golfo de México es la carencia de fósforo, en el Pacífico el déficit de nitrógeno juega un papel fundamental, o el caso del papel que desempeñan los ríos cuya modificación, represamiento o alteración de sus cauces, tienen un efecto mucho más nocivo para la ecología costera que en el Golfo.

Es indudable que el conocimiento de las características hidrológicas de los humedales provee de información invaluable para un manejo y conservación adecuados (Vollenweider et al., 1992). Pero hay que hacer notar que las carencias de este tipo de información es considerable en humedales tropicales. Sin embargo, es imprescindible establecer un monitoreo sobre los humedales, la cuantificación sistemática y regular de algunos parámetros ofrecerán las bases para su conservación.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez-Arellano, A. y Gaitán-Morán, J., 1994. Lagunas costeras y el litoral mexicano: Geología. *En: De la Lanza, E., G. y C. Cáceres M. (Eds.). Lagunas costeras y litoral mexicano.* 13-74. UABCS.
- Alvarez-Borrego, S; M. J. Acosta R. y J. R. Lara-Lara. 1977. Hidrología comparativa de las bocas de dos antiestuarios de Baja California Norte. *Cienc. Mar.* 4 (1): 1-11.
- Barnes, R. S. K. (ed.), 1980. *Coastal lagoons.* Cambridge -Studies in modern biology. Cambridge Univ. Pres. 106 p.
- Batllori S., E. A., 1988. Producción secundaria en el estero de Celestum. Tesis de maestría. IPN. 140 p.
- Botello V. A. J. L. Rojas-Galavis, J. A. Benítez, D. Zárate-Lomelí (Eds.). 1996. *Golfo de México, Contaminación e Impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias.* EPOMEX-UAC. 666 p.
- Carlson, R. E., 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. and Oceanogr.* 22 (2): 361-368.
- Castañeda L. O. y F. Contreras E. 1995. *Ecosistemas costeros mexicanos.* CD ROM. UAMI-CONABIO.
- Clark, 1974. *Coastal ecosystems. Ecological consideration for management of the coastal zone.* The Conservation Foundation. Washington, D. C., 178 p.
- Comisión permanente del Pacífico, 1984. Atlas regional de áreas críticas, recursos vulnerables y prioridades de protección de la zona costera y medio marino del Pacífico Sudeste contra la contaminación por petróleo. Instructivo para su identificación y ubicación. ed. CPPS Unidad Regional del Plan de Acción en colaboración con PNUMA, Programa de Mares Regionales.
- Contreras E. F. 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos.* CONABIO-UAMI. México. 415 p.
- Contreras, E. F.. y J. Kerekes, 1993. Total phosphorus - chlorophyll relationships in tropical coastal lagoons in Mexico. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 448-451.
- Contreras E. F., O, Castañeda L., F. Gutiérrez M y R. Torres A. 1996. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Rev. Biol. Trop* 44 (2): 421-429.
- Conley, D.J., H. Kaas, F. Mohlenberg, B. Rasmussen y J. Windolf. 2000. Characteristics of Danish Estuaries. *Estuaries* 23 (6): 820-837.
- Dame, R. M. Albert, D. Allen, M. Mallin, C. Montague, A. Lewitus, A. Chalmers, R. Gardner, C. Gilman, B. Kjerfve, J. Pinckey, N. Smith. 2000. Estuaries of the south Atlantic coast of North America. Geographical signatures. *Estuaries* 23 (6): 793-819.
- Doremus, C. M., S. W. Nixon, P. F. Roques y S. K. Seitzinger, 1980. Nitrogen limitation in the ocean versus phosphorus limitation in lakes: An analysis of possible regulatory mechanisms. *En: Falkowski, P. G. (ed.). Primary productivity in the sea.* Environmental Science Research, Vol. 19. Poster 8. Plenum Press.
- Emmett, R., R. Llansó, J. Newton, R. Thom, M.Hornberger, Ch. Morgan, C. Leving, A. Copping y P. Fishman. 2000. Geographical signatures of North American west coast estuaries. *Estuaries* 23 (6): 765-792.
- Flores-Verdugo, F.; F. González, D. S. Zamorano y P. Ramírez, G., 1992. Mangrove ecosystems of the Pacific coast of Mexico: Distribution, structure, litterfall, and detritus dynamics. 269-288. *En: Seeliger, U. (Ed.). Coastal plant communities of Latin America.* 392 p.
- Kjerfve, B. (Ed.) 1994. *Coastal Lagoon Processes.* Elsevier Oceanography Series, 60. 577 p.

- Knoppers B. 1994. Aquatic primary production in coastal lagoons 243-286. *En: Kjerfve, B. (Ed.) 1994. Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series, 60. 577 p.
- Knoppers, B. E. D. Bidone, J. J. Abrao (Eds.) 1999. *Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil*. UFF-FINEP. 210 p.
- Knoppers B. y B. Kjerfve, 1999. Coastal lagoons of southeastern Brazil: Physical and biochemical characteristics 35-66. *En: Perillo y Piccolo (Eds.) Estuaries of South America. Their Geomorphology and Dynamics*. Springer. 150 p.
- Martens C. S., 1982. Biogeochemistry of organic-rich coastal lagoon sediment. *Oceanologica Acta Vol. Special: 161-168*.
- Mee, D., 1977. Coastal lagoons: *En: Riley, J. P. y R. Chester (eds.) Chemical Oceanography 7*. Cap. 42: 441-490.
- Merino, M. 1987. The coastal zone of Mexico. *Coastal Management 15: 27-42*.
- Naranjo, L. G. G. I. Andrade y E. Ponce de León. 1999. *Humedales interiores de Colombia: Bases técnicas para su conservación y uso sostenible*. Inst. Humboldt- Ministerio del Medio Ambiente, 78 p.
- Neves, C. (Ed.). 1989. *Coastline of Brazil*. ASCE. 291 p.
- Odum P. E., 1980. La diversidad como función del flujo de energía. *En: Dobben, W. H. van y R. H. Lowe-McConnel (eds.) Conceptos unificadores en ecología*. Blume Ecología. 14-18.
- Odum H. T y B. J. Copeland, 1974. A functional classification of the coastal ecological systems. *En: Odum, H. T., B. J. Copeland y E. A. McMahan (eds.) Coastal ecological systems of the United States*. I. Conserv. Found. Washington. NOAA. I: 5-84.
- Piccolo M. C. y G. M. E. Perillo, 1999. The Argentina estuaries: A review. 101-132. *En: Perillo y Piccolo (Eds.) Estuaries of South America. Their Geomorphology and Dynamics*. Springer. 150 p.
- Redfield A. C., B. H. Ketchum y F. A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. *En: Hill, M. N. (ed.) The sea 2: 26-77*. Wiley-Interscience.
- Rinaldi, A., G. Montanari, A. Ghetti., C.R. Ferrari y A. Ferrari, 1992. Eutrophy and dystrophy in the Goro lagoon. *En: Vollenweider, R. A., R. Marchetti y R. Viviani. (Eds.) Marine coastal eutrophication*. Elsevier Sci. Pub. 457-470.
- Roman, Ch. T., N. Jaworsky, F. T. Short, S. Findlay y R. S. Warren 2000. Estuaries of the northeastern United States: Habitat and land use signatures. *Estuaries 23 (6): 743-764*.
- Smith, S. V. S. Ibarra-Obando, P. R. Boudreau y V. Camacho-Ibar. 1997. Comparison of Carbon, Nitrogen and Phosphorus fluxes in Mexican coastal lagoons. LOICZ Reports & Studies No. 10. 84 p.
- Snedaker C. S. y CH. D. Getter, 1985. Costas. Pautas para el manejo de los recursos costeros. Serie de Información sobre Recursos Renovables. Publicación No. 2 sobre Manejo de Costas. National Park Service. USD. 286 p.
- Tovilla-Hernández., C., 1994. Manglares. *En: De la Lanza, E., G. y C. Cáceres M. (Eds.) Lagunas costeras y el litoral mexicano*. 371-423. UABCS.
- UNESCO. 1981. Coastal lagoon research, present and future. *Unesco technical papers in marine sciences 32*. 97 p.
- Vile, M. A., S. D. Bridgham, M. Novak y R. K. Wieder. 2000. The contribution of sulphate reduction to carbon cycling in *Sphagnum*-dominated peatlands: a global comparison *En: Crowe, A. 2000. Abstracts of Millenium Wetland Event. Quebec 2000*, Quebec, Canada. SWS-IPS-INTECOL.IMCG.512 p.
- Vollenweider, R. A., 1992. Coastal marine eutrophication: principles and control. *En: Vollenweider, R. A., R. Marchetti y R. Viviani. (Eds.) Marine coastal eutrophication*. 1-20. Elsevier Sci. Pub. 1310 p.
- Vollenweider, R. A. y J. Kerekes, 1982. Eutrophication of waters, monitoring, assesment and control. Final report. OECD Coperative program on monitoring of inland waters (Eutrophication control), Environment Directorate, OECD. Paris. 154 p.

WETLANDS DO BRASIL (PARTE I - MANGUEZAIS: UMA REVISÃO)

BRAZIL'S WETLANDS (PART I - MANGROVES: A REVIEW)

Clarice Maria Neves Panitz

Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas
Universidades federal de Santa Catarina - Campus Universitário, Florianópolis,
SC - Brasil CEP: 88010-970
clarice@ccb.ufsc.br

RESUMO

Ter manguezais; porém, manguezais que continuem fornecendo bens e prestando serviços ao homem é um dos grandes desafios do século XXI e, por isso, reunir informações dos conhecimentos técnicos e das comunidades tradicionais (pescadores, catadores de caranguejos e outros) é de grande relevância e significado para todos nós, sejamos especialistas ou não e este é o objetivo principal desta contribuição. Aspectos da distribuição, desenvolvimento, estrutura e função, flora e fauna são abordados de forma sintética. Ênfase é dada a outros aspectos tais como: os usos tradicionais dos recursos dos manguezais, com destaque à cata do caranguejo uçá; o saber popular e sua importância para a conservação das espécies e do próprio ecossistema; os problemas da carcinicultura, atividade crescente em ritmo assustador e preocupante; os principais tensores e a capacidade do manguezal de se recuperar; a importância do emprego do Geoprocessamento, principalmente, como subsídio para os Planos de Manejo; o papel do manguezal como barreira biogeoquímica. A gestão participativa é uma ferramenta poderosa de mobilização da sociedade;

quanto ao manejo, o sucesso depende da conservação das propriedades de resiliência e que são mantidas pela manutenção dos subsídios de energia, capacidade produtiva e intercâmbio com a paisagem. Ações de manejo e de gestão desses ecossistemas são urgentes e necessárias se quisermos usufruir, de graça, dos múltiplos benefícios que esses ecossistemas nos oferecem. A importância da memória coletiva e as práticas tradicionais dos povos que vivem estreitamente associados aos manguezais devem ser registradas antes que as mudanças nos padrões de vida levem ao esquecimento. Há necessidade de maior articulação entre legislação oficial e conhecimento empírico das populações pesqueiras. Para preservar e conservar é preciso conhecer e perceber e isto se consegue através da Educação Ambiental.

Palavras chave: manguezais, revisão, Brasil

SUMMARY

To have mangroves, but mangroves that still can furnish goods and services for man is one of the greatest challenge of XXIth century and so to join data of the technical and traditional knowledgments

(fishermen, crabs catchers and others) is of great relevance and meaning for all, being specialists or not and this is the main objective of this paper. Distribution, development, structure and function, flora and fauna aspects are discussed in a synthetic way. Emphasis is given to other items such as: traditional uses of mangroves' resources, specially to the caranguejo uçá *Ucides cordatus*; traditional knowledge and its importance to species and ecosystem conservation; carcinoculture problems, an increasing and dangerous activity; main tensors and mangrove ability to self-recuperation; Geoprocessing as a subside to Management Programs; mangrove's role as biogeochemical barrier; participative gestion is a powerful instrument in mobilizing society; management success depends on the mangrove resilience properties' conservation that are maintained by maintaining energy subsidies, productive capacity and landscape interchange. Management actions and Policy of these ecosystems are urgent and necessary if one can use, freely, the multiple mangrove's benefits. The collective memory and the traditional practices of these people that live in a particular way in mangroves must be registered before changes in their way of life may conduct to total forgetness. Its necessary a greater contact between official legislation and the fishermen empiric knowledge. To preserve and conserve its necessary to know and to feel and this can be achieved through Environmental Education.

Keywords: mangroves, review, Brazil

PARTE I – Manguezais

Esta primeira parte deste capítulo não tem por objetivo repetir as extensas informações detalhadas sobre os manguezais e que estão disponíveis na literatura; porém, de forma dispersa, mas sim, apresentar, de forma sintética, alguns dos dados gerais (distribuição, fauna e flora, principais tensores, produtividade e outros) e detalhar outros aspectos como a biogeoquímica, os usos tradicionais, o saber popular e numa linguagem mais acessível a toda comunidade científica ou não.

O que são os manguezais? Por quê, Onde e como utilizá-los?

“Nem terra, nem mar; de águas nem doces nem salgada; nem floresta, nem campo e nem águas

abertas. Nada disso parcelado, mas tudo ao mesmo tempo”(Vannucci, 1999)

*“O rio quando encontra com o mar
veja só que lama que dá Meu manguezal*

“O pescador tem no mangue sua vida seu sangue”

*“Não mate o mangue porque pode morrer a vida
que tem dentro do mar...”*(Grupo Cantarolama)

*“O mangue é bom, ele dá alimento. Mas agora ta
devagar, pois está muito destruído”*

*“O caranguejo ta pequeno porque não deixam
ele crescer”*

“O mangue é coisa de Deus pro pobre”

(frase de pescadores)

*“Navegar milênios a fio, semeando filhos na terra
de cada porto é a tua fecundidade. Tentar caminhos
por oceanos e continentes é a tua paciência.
Reconhecer os limites da natureza é a tua sabedoria.
Adaptar-se aos matizes do mundo é a tua flexibilidade.
Oferecer espaço e alimento aos que buscam asilo e
padecem de fome é a tua generosidade. Ressurgir
sempre que cessam os golpes de teus inimigos é a tua
vitalidade. Revelar incansavelmente segredos ocultos
é o teu mistério”*(A sabedoria dos manguezais, de
Aristides Arthur Soffiati Neto)

Uma breve revisão sobre os manguezais do Brasil

Apesar de ainda serem considerados por muitos como áreas insalubres, terras de ninguém, os manguezais do mundo e os brasileiros têm sido abordados em uma extensa lista de publicações. Ao realizar-se uma revisão sobre manguezais, existem referências obrigatórias (Schaeffer-Novelli et al., 1990; CIMA, 1991; CPRH, 1991; Dinerstein et al., 1995; Olson et al., 1996;), como coloca Schaeffer-Novelli (1999).

O homem surgiu na terra a aproximadamente 1 milhão de anos, a convenção dos direitos humanos foi assinada em 1948; a 1ª. conferência sobre o meio ambiente foi realizada em 1972 e somente, em 1992, na ECO-RIO 92 é que o homem se reuniu para discutir sobre formas de desenvolvimento compatíveis com o meio ambiente do qual ele depende e , em relação aos manguezais foi escrita por um grupo de especialistas

nacionais e internacionais “A carta dos manguezais”, onde era apontada a necessidade urgente do manejo e uso sustentável. Em setembro de 2002, em Johannesburg (África do Sul) foi realizada a Rio 92 + 10 a fim de avaliar-se o que foi feito nesta década, como está a Agenda 21 proposta e que visa o desenvolvimento sustentável. E os manguezais, como estão?

Devido a sua vulnerabilidade às mudanças globais, os manguezais foram considerados pela IAI - Inter American Institute for Global Change Research, como bons indicadores para se monitorar os impactos das mudanças globais no clima e nível médio dos oceanos, tanto em escala local quanto regional (CIMA, 1991; CPRH, 1991).

Devido a sua importância ecológica e, principalmente, a sócio-econômica para as regiões costeiras tropicais do mundo, os manguezais são considerados pela UNESCO, como patrimônio da Humanidade e fazem parte dos programas da Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (Ramsar, 1971 art. 1º).

Apesar de ainda serem considerados por muitos como áreas insalubres, terras de ninguém, os manguezais do mundo e os brasileiros têm sido abordados em uma extensa lista de publicações. Após os projetos da UNESCO/PNUD que foram concluídos em 1990, uma Sociedade Internacional para os Manguezais (ISME- International Society for Mangrove Ecosystems) foi criada em 1990, com sede em Okinawa, Japão, pois, os manguezais são um ecossistema único e que, uma vez destruídos, não são facilmente substituídos.

Em 1992, o livro intitulado “Coastal Plant Communities of Latin America” foi publicado pela Academic Press, Inc. com edição de Ulrich Seeliger e que teve como objetivos principais reunir informações sobre o estado-de-arte dos estudos das comunidades vegetais costeiras, mostrar a necessidade de estudos de campo e da introdução de abordagens modernas de pesquisas e de levar a uma perspectiva orientada.

eSchaeffer-Novelli et al. (1990) escreveram o capítulo “Ecology and Management of New World Mangroves” abordando aspectos de florística, distribuição, limites latitudinais, classificação estrutural, respostas à distúrbios, acúmulo de biomassa, estressores, padrões de restauração e regeneração, manejo.

Em 1993, a ISME publicou um relatório técnico intitulado “Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa regions) cobrindo 2/3 dos manguezais do mundo e constatou as grandes diferenças regionais entre os países.

O relatório aponta como ações prioritárias a capacitação (treinamento) de recursos humanos, pesquisas e trabalhos de campo, o estabelecimento de uma rede internacional, cooperação internacional, reforço da legislação e necessidade de conservação e uso sustentável.

Em 1994, a FUNDESPA (Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas de São Paulo) publicou o “Diagnóstico Ambiental e Costeiro das regiões Sul e Sudeste do Brasil, vol VII, “Lagoas Costeiras, Manguezais, Marismas, Dunas e Restingas”, onde foi feita uma extensão revisão bibliográfica desses ecossistemas por Schaeffer-Novelli, visando a contribuir para um Plano de Monitoramento da Bacia de Santos, apontando as principais lacunas existentes, principalmente, a estudos de ecofisiologia vegetal e animal, fitoquímica, ciclagem de nutrientes, tempo de residência de óleo no sedimento e técnicas de restauração, medidas preventivas e mitigadoras.

Em 1994 foi realizado em Washington um workshop na sede do Fundo Mundial para a Natureza-WWF sobre “Conservation assessment for Mangrove Ecosystems of Latin America and the Caribbean” onde foram mantidos os conceitos amplamente discutidos por Schaeffer-Novelli *et al.* (1990), Dinerstein *et al.* (1995) e Olson *et al.* (1996)

O Banco Mundial em sua publicação sobre a avaliação do estado de conservação das eco-regiões terrestres da América Latina e do Caribe (Dinerstein *et al.*, 1995), proporciona uma visão bio-regional com grande potencial para identificar prioridades de conservação e estratégias para o manejo dos manguezais.

Em 1997, a UNESCO publicou o volume “Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa, através do empenho da ISME e da ITTO (International Timber Organization), uma vez que os manguezais dominam as zonas costeiras destes países e que nas últimas décadas devido à pressão demográfica nas áreas costeiras, com grande expansão industrial e urbana vem sofrendo grandes impactos com perda potencial de seus recursos.

Em 1999 foi produzido um relatório pelo PRONABIO (Programa Nacional da Biodiversidade) e PROBIO (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira) tendo como consultora Schaffer-Novelli, onde são abordados os conceitos de manguezais, marismas e apicuns, a situação atual desse grupo de ecossistemas e as considerações sobre os principais vetores de pressões e perspectivas de conservação e uso; uma coletânea sobre os dispositivos legais que protegem os manguezais

O relatório aponta para a falta de conhecimento sobre o número total das espécies de toda Zona Costeira Brasileira, das funções desempenhadas pelos diversos ecossistemas, assim como dos respectivos estados de conservação das espécies. O relatório é finalizado com recomendações de projetos prioritários para pesquisa, conservação, restauração, inventários biológicos, monitoramento ambiental e políticas públicas para o grupo de ecossistemas manguezal, marisma e apicum.

Atualmente existe o projeto GLOMIS (Global Mangrove Database and Information System; endereço do coordenador do projeto: mangrove@ii-okinawa.ne.jp) promovido pela ISME e cujo objetivo maior é elaborar um banco de dados mundial que possa servir de base para os programas de uso e gerenciamento racional e sustentável dos recursos do manguezal. Porém, há ainda muita pesquisa científica a ser feita nos manguezais; existem ainda muitas lacunas.

No Brasil não existe ainda uma organização específica para a proteção dos manguezais, porém, eles são abordados em vários congressos, simpósios, encontros, tendo sido realizado em Recife, o Mangrove 2000 discutiu a sustentabilidade de estuários e manguezais: desafios e perspectivas.

Em Salvador, Bahia será realizada a Conferência Internacional Mangrove 2003 que busca estimular a necessária aproximação entre geração de conhecimento e gestão ambiental, com a perspectiva de promover a implementação de soluções participativas para problemas de desenvolvimento local em áreas estuarinas e manguezais e que tem como temas principais: as políticas públicas de gerenciamento ambiental, processos de monitoramento de regiões estuarinas e costeiras;

impactos ambientais relacionados às atividades petrolíferas; a aquicultura; a preservação e recuperação ambiental, abordagens interdisciplinares nos estudos; dinâmica social; estrutura e distribuição de manguezais e a biodiversidade.

Um grupo de pesquisadores e educadores, vem realizando desde 1993 os ENEAAM (Encontro Nacional de Educação Ambiental em Áreas de Manguezal), contemplando as 5 regiões brasileiras, pois, a educação ambiental é um forte instrumento na luta de preservação e conservação desses ecossistemas. Os principais temas abordados referem-se a: conservação, preservação, manejo, restauração, comunidades, legislação e educação ambiental.

Farnsworth e Ellison (1997) fizeram um diagnóstico da situação global de conservação dos manguezais em 16 países e constaram que, mesmo protegidos por leis ambientais, estes ecossistemas continuam sendo deteriorados ou destruídos em taxas significativas, embora ainda não se tenha uma estimativa global confiável.

O mesmo ocorre com os manguezais brasileiros que são protegidos por uma extensa legislação ambiental e muito antiga, desde o Brasil colônia (1560); porém, paradoxalmente, são destruídos. Hoje, o principal suporte legal para a conservação dos manguezais está na própria Constituição Federal da República, promulgada em 1998. Schaeffer-Novelli (1994, 1999) fez uma ampla revisão sobre a legislação específica sobre os manguezais.

Martin e Lana (1994) dizem que, existir lei não é respeitar e colocam como um dos principais fatores o “dogma de que manguezais são considerados como áreas intocáveis” e que isto estimula ainda mais o seu uso não adequado. Estes autores acreditam que, a demonstração prática da importância dos manguezais, através do manejo racional de seus recursos, poderia ser um instrumento tão eficaz para sua conservação, quanto qualquer conjunto de normas jurídicas. Panitz (1997) discute este paradoxo e aponta, entre vários fatores, a própria lei que é ambígua, ineficiente precisando de modificações; a falta de capacitação dos órgãos fiscalizadores; a falta de verba; a falta de recursos humanos; a falta de educação; a falta de divulgação.

A nível acadêmico poderia se propor abordagens interdisciplinares, inserir nos estudos os aspectos de

Ecologia Humana, preencher as lacunas existentes, formar um bando de dados, padronizar metodologias e técnicas, estudos de valoração, formação de técnicos, participação mais ativa das comunidades, desenvolver tecnologias mais apropriadas e regionais (Panitz, 1998). A partir destas abordagens é que se poderia reverter este paradoxo.

Distribuição

As florestas de manguezais se distribuem ao longo dos 6.800 km de costa, ou seja, em 92% de seu comprimento total. Eles alcançam do Oiapoque, Amapá, na latitude norte N 4° 30' até a praia do Sonho, Santa Catarina, Lat. S. 28°53'.

O único estado sem manguezais é o Rio Grande do Sul, embora Villwock (1987) assinala a possibilidade de ocorrência de antigos manguezais, durante o último "ótimo climático" (5.000 anos A.P.), cujos indícios foram localizados nas lagoas Itapeva, Sombrio e Jacaré, nas imediações de Torres (RS), aos 29° 21'S latitude sul. O limite mais leste seria na ilha de Fernando de Noronha (Long. W 32° 24' e Lat. S 3° 50').

Há muitas estimativas para a área de cobertura dos manguezais no Brasil; uma das mais recente e precisa, que inclui a maior parte é dada por Lacerda et al. (1993), com uma estimativa de 1.38 milhões de ha. As diferenças encontradas entre vários autores são devidas, principalmente, às metodologias, estação do ano em que as medidas foram feitas, variação das marés e o que foi considerado como manguezal e o que não foi.

Na região norte do país ocorrem 85% dos manguezais, onde o estado do Maranhão possui quase a metade da área total dos manguezais do Brasil; a região nordeste 15% e a região sudeste somente 5%.

Os bosques de mangue se desenvolvem sob influência de muitos fatores ambientais, que podem variar em intensidade e periodicidade. Em geral, os manguezais apresentam maior desenvolvimento em locais cujo relevo topográfico suave está exposto a mares de grande amplitude, elevados índices de precipitação pluvial, grandes aportes de água doce de rios, ricos em nutrientes e em sedimentos.

Segundo Schaeffer-Novelli et al. (2000), os manguezais do novo mundo terão seu maior desenvolvimento onde ocorrem altas pluviosidades e regime de maré médio (2-4 m) ou macro (maior 4 m),

próximo à áreas equatoriais. Nos locais onde a temperatura da água excede os 24°C no mês mais quente, haverá o favorecimento ao desenvolvimento de manguezais.

A distribuição dos manguezais é limitada por baixas temperaturas, hipersalinidade, ambientes de alta energia de onda e falta de água doce. A distribuição dos manguezais com a latitude ao longo da costa brasileira é uma função direta da temperatura.

A estrutura, complexidade e produtividade dos manguezais nestas regiões refletem as suas características hidrológicas e topográficas, sendo que no litoral norte, as árvores de *Avicennia* (mangue preto) são as mais frequentes e mais desenvolvidas, alcançando até 1m de diâmetro e 40 m de altura, onde a amplitude da maré pode atingir mais de 8 m, enquanto no sul do país, a mesma espécie raramente não ultrapassa 10 m de altura e onde a amplitude de maré não ultrapassa 2 m.

Para se desenvolverem em condições físico-químicas extremas, como anoxia sub-superficial, salinidade e substrato inconsolidado, as espécies do mangue desenvolveram mecanismos e estruturas especializadas como raízes escoras, pneumatóforos, glândulas de sal e outros mecanismos fisiológicos especializados como osmose reversa (Mitch e Gosselink, 1986).

Um sistema reprodutivo particular e interessante também é desenvolvido pelas espécies de mangue, como o desenvolvimento do embrião ainda na planta mãe (viviparidade) em algumas das espécies (*Rhizophora*).

Antigamente, falava-se em um padrão sucessional na distribuição dos manguezais. Hoje, parece que ocorrem poucos padrões gerais de distribuição e não existe um padrão sucessional claro. O que é mais frequente, é uma grande variabilidade local e regional devido à variabilidade física-química e hidrológica

Os manguezais consistem de um mosaico de espécies, influenciado pelas características físico-químicas dos sedimentos, microtopografia e magnitude e frequência das marés e das inundações de água doce.

Flora e Fauna

Esta breve descrição é feita segundo Kjerfve e Lacerda (1993) e Vannucci (1999). Na América Latina,

os manguezais incluem somente 11 espécies e uma variedade. A *Rhizophora* (Rhizophoraceae) e *Avicennia* (Avicenniaceae) são dominantes com 4 espécies cada. O gênero *Laguncularia* e *Conocarpus* (Combretaceae) e *Pelliciera* (Pelliceriaceae), todas com somente 1 espécie.

Estas espécies recebem nomes diferenciais de acordo com a região do Brasil, sendo os mais comuns: mangue preto, mangue branco, mangue vermelho, mangue sapateiro, mangue do curtume, mangue botão, mangue rasteiro, Siriba, siriuba e outros.

Flora associada

Muitas espécies ocorrem associadas aos manguezais e sua diversidade parece refletir as condições climáticas e a proximidade de outros ecossistemas. A flora é muito variável de região para região; porém algumas espécies parecem estar associadas com as espécies “verdadeiras” do mangue.

A mais distribuída é a samambaia-do-mangue, *Acrostichum aureum* L. e o algodoeiro-da-praia, *Hibiscus tiliaceus* L., que formam densos estandes na parte mais externa do manguezal.

Ao longo da costa norte e mais úmida, um número de espécies da floresta tropical invadem o manguezal, como a leguminosa *Dalbergia brownei* e uma liana, *Rhabdadenia biflora*.

Em outros locais como na Amazônia e Maranhão, encontramos uma arácea, *Montrichardia arborescens* Schott, a leguminosa *Mora oleifera* (Triana) Duke e uma variedade de palmeiras, como *Euterpe oleracea* Mart.

No Sul do Brasil, encontramos epífitas da família das Bromeliáceas e Orquidáceas, incluindo *Tillandsia usneoides*, *Vrizia* e *Epidendrum* spp.

Um número de gramíneas tolerantes ao sal (marismas, saltmarsh) ocorrem como franjas ao longo de canais, rios e na frente dos manguezais, no Brasil, e em particular no Paraná e SC. A espécie mais comum é a gramínea chamada capim praturá, *Spartina alterniflora* Loiseleur. Porém outras espécies podem constituir estas marismas, como *Sesuvium portulacastrum* L, *Blutaparom vermiculare* L, *Salicornia ambigua*, *Sporobolus virginicus*, *Paspalum vaginatum*, *Scirpus* sp. e outras.

Macrófitas submersas são também associadas aos manguezais, incluindo gramíneas marinhas, macroalgas e fungos.

Fauna

É muito difícil identificar-se uma fauna exclusiva dos manguezais, pois, muito dos animais do manguezal também ocorrem em outros habitats costeiros, como nas lagoas costeiras, baías e estuários.

Porém, ocorrem algumas espécies que são características dos manguezais e encontram seu maior número neste ambiente. A fauna do manguezal é muito pouco estudada sendo que os principais estudos da fauna focaram-se em poucas espécies de interesse econômico tais como moluscos, ostras, camarões.

Algumas espécies são tidas como em extinção, como o ibis vermelho ou guará, *Eudocinus ruber*, o macaco, *Chiptotes satanas* e o manatee, *Tricheus manatus*, o colhereiro, *Ajaia ajaia*, a garça grande branca, *Egretta thula*, a águia pescadora, *Pandion haliaetus*, o trinta-réis- de bico vermelho, *Sterna hirundo* e outros.

Os dados apontam 363 espécies de animais, excluindo mamíferos e insetos. As aves representam 86 espécies, os crustáceos 51 e os moluscos 33 e peixes o maior grupo, com 185, incluindo espécies residentes, transitórias e migratórias. Entre os mamíferos encontram-se muitos racoos, lontras; entre os répteis o crocodilo de papo amarelo, *Caiman latirostris*.

A fauna pode ser agrupada em 04 classes funcionais:

1) as espécies que ocorrem diretamente associadas com as estruturas aéreas das árvores; exemplos são os caranguejos das árvores, *Aratus pisonii*, a lesma das folhas, *Littorina angulifera* e a ostra do mangue, *Crassostrae rhizophorae*. Entre os vertebrados, a ave, *Conirostrum bicolor* e mais de 80 espécies de aves;

2) as espécies que vivem no habitat terrestre, mas que migram periodicamente para os manguezais. Nesta classe estão os mamíferos como o mão-pelada, *Procyon cancrivorus* que come caranguejos e répteis como os crocodilos (*Caiaman latirostris*) e as aves, principalmente, os falcões;

3) Espécies que vivem nos sedimentos dos manguezais e nas planícies lamosas adjacentes. Esta classe é a mais numerosa, incluindo os crustáceos e moluscos. Os caranguejos típicos dos manguezais como o guaiamu, *Cardisoma guanhumi*, o catanhão, *Ucides cordatus*, o marisco do mangue, *Mytella guauanensis* e *M. falcata*, o berbigão, *Anomalocardia brasiliana* e a lesma, *Mellampus coffeus*;

4) Espécies que vivem no habitat marinho, mas passam parte de seus ciclos de vida nos manguezais; os mais representativos são os camarões rosa, *Penaeus schmittii* e o sete-barbas, *P. brasiliensis*. Entre os peixes, os mugilídeos, *Mugil (tainhas)* e os engraulídeos, as enchovas são os mais comuns.

Sem dúvida, a fauna do manguezal é rica e diversa e tem um importante papel sócio-econômico na região costeira; é mais do que oportuno, é necessário que seja feito um trabalho reunindo as informações existentes e que se encontram dispersas nas mais variadas formas de publicações.

Estrutura e função

Este item é uma síntese baseada em Schaeffer-Novelli et al. (1990), Kjerfve e Lacerda (1993) e Vannucci (1999). Em geral, o desenvolvimento estrutural dos manguezais é ótimo onde:

a) o relevo da costa é baixo, principalmente em planícies deltaicas, com grandes estuários e canais de marés;

b) costas com macromarés que causam uma inundação regular e extensiva e a dispersão dos propágulos, sementes, sedimentos, nutrientes e sais;

c) costas com grande descarga de água doce e grande carga de sedimentos e que sofrem uma inundação sazonal das comunidades dos manguezais;

d) costas com alta precipitação, de preferência maior do que 2000 mm anuais, onde a variação sazonal é mínima e a umidade é alta durante o ano;

e) costas de baixa energia, onde o poder das ondas é dissipado, o que permite a fixação dos propágulos e o seu crescimento;

f) costas de progradação com um grande suprimento de sedimentos finos e com nutrientes terrestres associados.

No Brasil, estas condições são mais encontradas nos estados no norte, principalmente, no Maranhão que contem 36% dos manguezais brasileiros. Na costa deste estado, as árvores podem atingir até 45 m de altura e ter um diâmetro maior de 1 metro e uma biomassa aérea de 280ton/ha.

Já no Rio de Janeiro, na baía de Sepetiba, as árvores atingem uma altura média de 6,0 m e um DAP de 8 cm, com uma área basal de 21,6 m²/ha, com 4.510 troncos/ha e uma biomassa aérea de 65,3 ton/ha.

Em Cananéia, SP, as árvores tem uma altura média de 4-5 m, um DAP de 8.1-10cm, uma densidade de 3.500-3600 troncos/ha.

Na baía de Paranaguá, Paraná, a altura média fica entre 8-17 m e um DAP maior de 50 cm.

Em Santa Catarina, na Ilha de SC, o mangue preto domina os manguezais com uma altura média de 10-12 m e o mangue vermelho, *Rhizophora*, no seu limite austral, na praia do Sonho, atinge no máximo 1,5 m de altura.

Em termos de função, os manguezais são tidos como um dos ecossistema mais produtivos, apresentando uma produtividade comparável à da floresta Amazônica.com taxas que variam de 1 a 5 gC/m²/dia. Nos manguezais, a produtividade é medida, principalmente, em termos de queda de serapilheira (folhas, ramos, flores e frutos) (Kjerfve e Lacerda, 1993).

Estima-se que, em média, 10 a 14 toneladas de matéria orgânica sejam produzidas em um 1 ha de manguezal, no período de um ano e que, pelo menos, 10% dessa produção seja transformada em biomassa de peixes e outros animais (Bodero, 1993). Peixes de grande interesse comercial como a tainha, sardinha, enchova e linguado entre outros, direta ou indiretamente, dependem dos manguezais para sua sobrevivência.

Na baía de Paranaguá, Pr, foram estimadas altas produções, com cerca de 22,3gC/m²/dia para *Laguncularia*, 45,9gC/m²/dia para *Avicennia*, sendo que as folhas contribuíram com 79% do total. e

Para a baía de Sepetiba, RJ, foi estimada uma produção de 2,6 gC/m²/dia com as folhas correspondendo a 73% do total.

Para Cananéia, SP, a média foi de 0,8gC/m²/dia sendo que as folhas contribuíram com 63% (Silva e Oliveira, 2000). No rio Pereque, Cananéia, (SP), Menezes e Schaeffer-Novelli (2000) obtiveram uma produção média de 2,37gPS/m²/dia.

Em Santa Catarina, na Ilha de Santa Catarina, a produção média do manguezal do Itacorubi foi de 2,3gC/m²/dia, sendo que as folhas contribuíram com 80% do total (Panitz, 1997) e, no norte do Estado, na Baía da Babitonga, São Francisco do Sul a produção foi de 1,20 gPS/m²/dia (Da Silva, 2001).

Soares et al. (2000) propuseram modelos para estimativa da biomassa aérea de espécies de mangue

no sudeste do Brasil, onde curvas de regressão relacionando medidas estruturais com a biomassa aérea total e dos diversos compartimentos de *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* nos manguezais de Bertioga (SP) e Guaratiba (RJ) foram elaboradas.

Soares e Schaeffer-Novelli (2000) analisaram a partição da biomassa de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* segundo a estrutura da vegetação e a idade.

O destino da matéria orgânica produzida no manguezal é geralmente a decomposição e consumo in situ, ou a exportação para a área costeira.

Cerca de 5% do carbono orgânico produzido é consumido por herbivoria pelos insetos; 20% da produção total é quebrada e consumida, principalmente pelos caranguejos e outros animais. O restante do carbono orgânico (mais de 50%) é enterrado dentro dos sedimentos e isto pode corresponder a 30% do carbono enterrado (Kjerfve e Lacerda, 1993).

Devido a esta alta produção de matéria orgânica, as cadeias alimentares que predominam nos manguezais, são as de detritos, sendo estes importantes para a produção secundária das águas costeiras e oceânicas.

Usos pré-históricos e tradicionais e atuais dos manguezais

Em vários países do continente americano, há uma forte evidência arqueológica da utilização dos manguezais pelos grupos humanos Pré-Colombianos e mesmo pré-históricos.

Os Pré-Colombianos utilizavam os manguezais para diversos fins, incluindo madeira e produção de energia. Estas populações começaram a utilizar os manguezais durante o período de transição dos hábitos nômades para os fixos, entre 9.000 a 3.000 anos AP.

No Brasil, os registros Pré-colombianos são de 3.500 a 2.000 anos AP, quando depósitos de conchas e ossos de peixes foram se acumulando em montes pelas populações nômades de pescadores e coletores de conchas.

Nas planícies costeiras da região sudeste do Brasil se erguem eloqüentes testemunhos da presença humana no período que antecede a Colonização. Tratam-se dos “sambaquis”, estrutura coliformes de dimensões variadas, cujo sedimento apresenta mais

de 80% de seu conteúdo composto por conchas de moluscos bivalves .

O estado de Santa Catarina apresenta um significativo número de sambaquis, existindo na cidade de Joinville, 42 sítios arqueológicos, tendo sido criado o Museu do Sambaqui. Bandeira (1997) faz referência a 144 sítios arqueológicos no litoral Norte de Santa

Catarina, que incluem os municípios de Joinville, São Francisco do Sul, Itapoá, Barra do Sul e Araquari, todos beiram a Baía da Babitonga .

Um exemplo de subsistência costeira pré-histórica são os sambaquis localizados às margens da Ilha do Casqueirinho (Cubatão, SP) e que foram pesquisados e datados pelo método do carbono 14.

Observou-se que nas espécies de bivalves já existia a predominância de espécies de mangue e a análise dos vestígios ósseos mostrou que 90% dos restos eram de peixes.

O ambiente identificado foi o de manguezal e as atividades principais eram a pesca e a coleta de bivalves.

Os caranguejos observados nestes sítios foram o *Ucides cordatus* (catanhão) e o siri azul (*Callinectes*), sendo que este último reforça o emprego de rede ou artefato similar. Concluindo-se, pode-se dizer que os sambaquis indicam uma subsistência baseada nos recursos dos manguezais

Os manguezais tem um importante papel na economia das regiões tropicais, pois, fornecem, gratuitamente, bens e serviços para as populações humanas.

Estes incluem proteção e estabilização da linha de costa, berçário para uma variedade de moluscos, economicamente importantes, fins recreacionais e fins científicos e como fonte de produtos importantes para as populações costeiras na forma de madeira, carvão, produtos químicos e medicinais, transporte, enriquecimento das águas costeiras por nutrientes e um meio para as várias atividades de aquicultura.

Muitos destes benefícios são muito pouco conhecidos nos países da América Latina, inclusive no Brasil. O conhecimento da importância dos usos múltiplos dos recursos dos manguezais é fundamental para um manejo racional.

Nas regiões Norte e Nordeste, segundo Schaeffer-Novelli (1989), primam o empirismo e o imediatismo sobre os seguintes produtos: derrubada de árvores de mangue para lenha; madeira para construção e

extração de tanino; pesca predatória incidindo sobre moluscos, crustáceos e peixes (inclusive utilizando explosivos); atividades salineiras, além da instalação de viveiros e tanques para aquicultura .

Nas regiões Sudeste e Sul, o extrativismo continua imperando; porém, devido às formas mais desenvolvidas de uma sociedade de consumo, aparecem aterros, lixões, empreendimentos imobiliários, distritos industriais, todos se utilizando dos manguezais como terras de “baixo custo”, ignorando seu valor como verdadeiros celeiros biológicos.

Kjerfe e Lacerda (1993) abordam os usos dos recursos dos manguezais no Brasil, citando a pesca, a maricultura, a agricultura e criação de gado, a produção de sal entre outros, sendo esses dados descritos de forma sintética, a seguir.

Ao longo da costa do Maranhão, o grosso da produção de camarões inclui as espécies que se desenvolvem nas águas dos manguezais e sustenta cerca de 1800 pescadores artesanais que capturam mais de 1.162 toneladas de *Farfantepenaeus (Penaeus paulensis)*, o camarão rosa).

Na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro onde existem cerca de 3.200 ha de manguezais, o rendimento anual varia de 100 a 200 toneladas de camarão .

Em relação aos peixes, o rendimento fica entre 200 a 400 toneladas e mais de 10 toneladas de moluscos (mariscos, ostras, berbigão).

Estima-se que a extração de lenha para fogo alcança cerca de 9.000 metros cúbicos e emprego principal da lenha dos manguezais é nas padarias e fábricas de tijolos e porcelana.

Em SC, o mangue preto (*Avicennia*) foi muito utilizado para lenha, o mangue vermelho (*Rhizophora*) para tintura das redes e o mangue branco (*Laguncularia*) para os curtumes (Klein e Neto, 1991).

As terras dos manguezais não são as melhores para a agricultura e criação de gado. Ao contrário de outros países, no Brasil estas atividades tem um impacto pequeno nos manguezais e são muito pouco conhecidas, embora já se tenham dados sobre os altos níveis de pesticidas em algumas áreas.

A conversão de áreas de manguezais em salinas para a produção de sal tem alterado alguns milhares de hectares de manguezais na costa nordeste do Rio Grande do Norte. Porém, os custos ecológicos e

comerciais e os problemas sócio-econômicos frearam tal conversão.

As companhias produtoras de sal, que converteram as áreas de manguezais estão sendo hoje, obrigadas a replantar as florestas de manguezais, sendo que algumas delas faliram.

A expansão urbana como resultado da construção de portos, indústrias e turismos representa a principal atividade antropogênica que utiliza áreas de manguezais.

Estima-se que pelo menos 20% da cobertura original de manguezais tenham desaparecido por esta atividade. Cidades como Aracajú (Sergipe), Recife (Pernambuco), grande áreas da cidade de Salvador (Bahia), do Rio de Janeiro (RJ), de Vitória (ES), da Grande Florianópolis (SC) foram construídas em áreas de manguezais, onde a perda de área chega a ser maior que 60%.

A necessidade de abastecimento de água doce em muitas cidades costeiras levou a construção de um grande número de barragens nos rios. Estas servem não somente para armazenar água, mas também como um reservatório de sedimentos que seriam normalmente transportados para os rios, estuários e deltas, onde os manguezais se desenvolvem.

Como resultado, há falta de sedimentos nas áreas costeiras e muitas delas estão sofrendo processos intensos de erosão. Por exemplo, cerca de 800 ha de manguezais no estuário do rio Paraíba do Sul foram muito impactados pela erosão.

Industrialização causa grandes impactos locais, principalmente, na costa sudeste do Brasil. Derramamentos de óleo afetaram severamente áreas de manguezais na região de Santos e em 2001, a Baía da Guanabara, RJ.

Metais traços tem contaminado os manguezais ao longo da costa do Rio de Janeiro, Baía, São Paulo e SC, incluindo elementos tóxicos como chumbo, zinco e Cádmiio. A contaminação principalmente de peixes e moluscos é motivo de preocupação para as autoridades sanitárias.

A cata dos caranguejos do mangue

Destaque especial deve ser dado aos caranguejos *Brachyura* representam um dos grupos de maior relevância econômica para as comunidades ribeirinhas.

Dentre as espécies capturadas e comercializadas, merecem destaque: o goiamum (*Cardisoma guanhumí*), o aratu (*Goniopsis cruentata*), os siris (*Callinectes* spp) e o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*).

Este último, entretanto, representa a espécie mais extraída e de maior relevância para a economia doméstica das comunidades que vivem na área de entorno dos manguezais. Porém, os dados são escassos, dispersos e muitas vezes, inacessíveis; sendo que no rio Parnaíba, no estuário do Piauí, os manguezais sustentam uma população de mais de 10.000 pessoas que dependem da caça artesanal dos caranguejos dos manguezais.

O caranguejo é um recurso de propriedade comum; sua previsibilidade e abundância relativas, pouca sazonalidade, baixo capital exigido para a captura e boa aceitação comercial, contribuem para a intensificação da coleta e a conseqüente escassez do recurso em certas regiões, apesar de existir uma legislação específica, principalmente, para a época do defeso, sendo a fiscalização é inexistente ou não eficaz.

O trabalho resgata a importância do manguezal como ecossistema produtor de alimento, e o aproveitamento histórico do caranguejo e sua importância sócio-cultural do catador de caranguejo na ocupação do espaço litorâneo.

Na cidade de Mucuri no extremo sul da Bahia existe uma comunidade de caranguejeiros que vive desta atividade há cerca de 230 anos e que tem a sua sustentabilidade ameaçada pela urbanização crescente e pela perda da qualidade ambiental dos manguezais (Maya et al., 2000).

No Complexo-Lagunar Cananéia-Iguape, uma das maiores áreas de manguezal do país existe uma comunidade tradicional muito interessante, constituída por caixaras que exploram os recursos dos manguezais há mais de 500 anos, principalmente, os peixes, ostras, mariscos e os manguezais continuam existindo e

No Nordeste brasileiro, assim como na maioria dos manguezais, a exploração de *U. cordatus* é de grande importância social para as comunidades ribeirinhas, gerando milhares de empregos diretos e indiretos.

A captura é realizada manualmente (técnica do braceamento, tamponamento) ou com a utilização de alguns instrumentos (redinha, tambor)

A comercialização geralmente é feita através de intermediários, uma vez que os catadores têm dificuldade de vender o produto o que reduz em muito a renda.

Os catadores de caranguejo são grupos economicamente marginais, extremamente pobres e pouco reconhecidos entre outros pescadores artesanais, com baixa escolaridade, habitam áreas sem saneamento básico, complementam a renda com outras atividades, não são organizados socialmente (Nishida et al., dados não publicados).

Segundo Rodrigues et al. (2000), nas regiões sudeste e sul do Brasil, embora seja uma atividade antiga, a exploração do caranguejo não dispõe de monitoramento, em função das outras opções de pesca de maior expressão comercial, como a da sardinha, peixes demersais, camarão e atuns.

A luta pela elaboração de instrumentos legais visando à conservação da espécie e do ecossistema através do ordenamento da captura do caranguejo data da década de 80.

Os dados sobre a produção do caranguejo ao longo do litoral da região sudeste e sul são poucos e pontuais, não expressando o volume real da produção desse recurso.

Os dados existentes para São Paulo no período de 1986 a 1996 mostram uma queda na produção controlada de 12.693kg para 844kg e no estado do Paraná de 15.315kg para 2.476kg no mesmo período. Para Santa Catarina não existem dados.

Os autores acima fazem uma ótima revisão sobre os principais aspectos bio-ecológicos e sócio-econômicos e das normas de regulamentação da captura do caranguejo-uçá na costa brasileira e concluem que a gestão participativa é uma ferramenta poderosa de mobilização da sociedade, garantindo a preservação tanto da espécie como do ecossistema.

“ O caranguejo tá pequeno porque não deixam crescer”

“ Hoje ce vê muita candurua (fêmeas), elas tão abraçando umas as outras, porque num tem macho”

“O mangue é bom, ele dá alimento. Mas agora ta devagar, pois está muito desrtuido”

Um outro recurso importante sócio-econômicamente em alguns manguezais, principalmente, na Ilha de

Santa Catarina é o molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana*, o vulgarmente conhecido «berbigão».

Devido a sua grande abundância num banco natural do manguezal do rio Tavares e pelo seu grande potencial para o extrativismo foi criada a 1ª Reserva Extrativista Marinha do Brasil (Decreto 553 de 20/05/92) com o intuito de implantar um plano de manejo para a exploração do molusco.

O nome da Resex - Pirajubaé, quer dizer, na língua indígena “ caminho do berbigão”, fato que denota a grande abundância deste recurso que já era explorado pelos índios carijós há 7.000 anos atrás.

O manguezal do rio Tavares como os demais manguezais do mundo e do Brasil vem sofrendo o impacto, às vezes, irreversível, de vários fatores antrópicos.

Em 1997, foi iniciada a construção da Via Expressa Sul, a fim de melhorar o tráfego no sentido sul da Ilha por ser, a região prevista pelo Plano Diretor, para a expansão futura da capital do Estado.

Esta obra constituiu-se de um gigantesco aterro hidráulico e que utilizou, como material fonte, o banco de areia - habitat do berbigão. Desta forma, o banco natural de bergião perdeu mais de 1/3 de sua área original e, a produção caiu de 170ton/ano para 17ton (IBAMA), o que causou um sério problema, não somente econômico, como social. Antes de 1997, o número de famílias cadastradas como extrativistas era de 110, hoje, apenas 6 famílias exploram o banco de berbigão e somente em 3 dias por semana, (IBAMA).

Hoje, o próprio IBAMA questiona o papel da RESEX, pois, o principal recurso explotado era o berbigão. Desta forma, deve-se propor alternativas para a comunidade e, entre elas, destaca-se a exploração do grande caranguejo do mangue, o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*, *Linnaeus*) e a produção de mel.

A maricultura em áreas de manguezal

A atividade da maricultura, especialmente, a carcinicultura em áreas de manguezais é hoje um dos grandes temas de discussões, principalmente, nos órgãos ambientais. Enquanto os manguezais em outros países da América Latina, tal como o Equador, foram severamente impactados pela criação de camarão isto era considerado um comércio de pequena escala no Brasil.

O Brasil produzia somente 2% de camarões das Américas, criados em tanques, quando comparado com os 76% do Equador.

O Brasil produzia menos do que 2.000 toneladas de camarões em tanques escavados em menos de 3000 ha de manguezais. Assim, no Brasil, a conversão de manguezais em camarões era muito pequena, em comparação aos mais de 100.500 ha de tanques no Equador (Kjerfve e Lacerda, 1993).

Esta atividade está aumentando, assustadora no Brasil, existindo uma necessidade legal de estudar-se os impactos ambientais, antes da construção e operação destas fazendas de camarões.

A partir de 1997, a produção passou de 3.600 toneladas para 25.000 em 2000 e atingiu 35.310 toneladas em 2001, sendo a região Nordeste responsável por 97% da produção, seguida da região Sul com 2,2%, destacando-se o estado de Santa Catarina, com cerca de 80% da produção regional (DPA, 2001). O DPA (Departamento de Pesca e Aquicultura do Ministério de Agricultura, visa converter o Brasil no maior produtor de camarões marinhos, esperando atingir até 2005, 140.000 toneladas (DPA, 2001).

No Brasil, a maioria das fazendas utiliza o sistema semi-intensivo com densidades médias de 35 camarões/m² e com uma produtividade em torno de 3.500 a 4.000 kg/há/ano.

Em Santa Catarina foi introduzida em 1998 a espécie exótica *Litopenaeus vannamei* na região de Laguna pela Universidade Federal de Santa Catarina e EPAGRI, tendo ocorrido um enorme crescimento na atividade de 1.044%, ou seja, de 50 toneladas em 1998 para 572 ton em 2001.

Apesar do momento propício pelo qual a carcinicultura vem passando é importante ressaltar as preocupações com sua expansão, uma vez que o país ainda não possui uma legislação específica para a atividade e tendo como exemplos, os casos da Tailândia, Taiwan, México e Equador que, apesar de já terem tido as maiores produções e produtividade sofreram problemas avassaladores com a introdução de enfermidades e degradação ambiental (Primavera, 1998; Jory e Dugger, 2000; Wainberg, 2000; Zarain-Herzberg e Ascencio-Valle, 2001).

Os principais impactos gerados estão relacionados à contribuições de matéria orgânica, sólidos suspensos e nutrientes; ocupação e salinização do solo, perda de produtos, serviços e ecossistemas de manguezais e marismas; introdução de espécie exótica e riscos com enfermidades; conflitos sociais por restrições no uso das áreas ocupadas, alterações hidrológicas no fluxo e padrão de circulação dos estuários e alterações na salinidade entre outros (Primavera, 1998; Wainberg e Câmara, 1998,e).

Dados recentes mostram o impacto dos efluentes dos tanques de cultivo do camarão branco nos corpos d'água receptores, podendo-se destacar os altos teores de sólidos suspensos, fósforo disponível, nitrogênio total, matéria orgânica, clorofila a, ferindo a legislação ambiental vigente no País (Torigoi, 2001; Fraga, 2002).

Em Santa Catarina, Laguna é considerada como o limite austral dos manguezais e nesta região, os bosques de mangue são substituídos pelas marismas e é, justamente, nestas áreas alagadas que as fazendas de camarão branco estão sendo construídas.

Hoje existem cerca de 600 há de lâmina d'água e 92 projetos novos estão aguardando aprovação nos órgãos ambientais.

Conflitos de usos estão criando situações bastante preocupantes, tendo ocorrido, inclusive morte.

Na região nordeste do País, o cultivo do camarão branco está em torno de 800 há de lâmina d'água e a maioria é em áreas de manguezais.

A Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC) está numa briga árdua com os ambientalistas para que seja permitido o cultivo de camarões, principalmente, em áreas de Apicuns (salgados, áreas desprovidas de vegetação) e, no momento atual, uma Resolução específica do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) está sendo proposta para regular a atividade.

O Brasil tem os exemplos de outros países que transformaram extensas áreas de manguezais em cultivo de camarão e que, após 5 anos, abandonaram a atividade. Primavera (1998) discute a sustentabilidade da carcinocultura; o Mangrove 2000 discutiu este tema amplamente e, a maioria dos principais especialistas do mundo e do Brasil, concluíram que a atividade não é sustentável, porém, é rentável por um curto período e para uma minoria.

Diegues (1987) já colocava que, na maioria dos casos, a redução da multiplicidade dos usos potenciais dos manguezais para um único fim, acarreta não somente o empobrecimento da diversidade biológica, mas também a pauperização das comunidades tradicionais e isto é reforçado por Vanucci (1999).

Principais impactos ambientais/tensores

Cintron e Schaeffer-Novelli (1992) descrevem o impacto de alguns dos tensores naturais e induzidos pelo homem, e apresentam as principais respostas dos manguezais aos distúrbios, assim como os principais estressores.

Dentre os impactos de origem natural, podemos incluir: variações do nível do mar; erosão da linha de costa; hipersalinidade; tempestades tropicais; geadas e tsunamis (maremotos).

Os impactos induzidos pela ação do homem pode ser agrupada da seguinte forma: obras de canalização e/ou diversão dos fluxos de água doce; represamentos; sedimentação; poluição térmica; derramamentos de óleo, descarga de efluentes; deposição de lixo, maricultura, silvicultura e salinas.

Os efeitos dos tensores impostos pela própria natureza podem ser divididos em dois grupos:

a) aqueles que drenam continuamente energia do ecossistema, de forma crônica, reduzindo o desenvolvimento estrutural dos bosques de mangue;

b) os agudos, promovendo perdas de estrutura, mas que ao mesmo tempo, devido aos intervalos de recorrência, podem permitir a recuperação da cobertura vegetal.

Os tensores antropogênicos tendem a provocar respostas agudas e/ou crônicas, que mais cedo ou mais tarde resultam em alterações profundas na estrutura do ecossistema, podendo, inclusive, causar perdas estruturais irreversíveis.

Entre estes últimos, infelizmente são vários os exemplos relatados para o Brasil, principalmente aqueles devidos a aterros, resíduos sólidos, derramamentos de óleo, maricultura e salinas.

Aterros, deposição de resíduos sólidos e efeitos de certos tipos de efluentes líquidos, apresentam alguma expectativa positiva quanto a possíveis medidas corretivas que venha a permitir a recomposição/restauração da cobertura vegetal. Já os manguezais

impactados por derramamentos de óleo, têm pouca ou nenhuma probabilidade de virem a ser recuperados.

As considerações feitas acima fazem referência apenas as alterações estruturais, em termos do valor ecológico, não considerando a perda dos valores sociais e econômicos, impostos à comunidade, já que o manguezal é um bem da União, i.e. patrimônio de todos.

Quando os impactos induzidos pelo homem simulam perturbações naturais, a recomposição é quase sempre possível e rápida. Entretanto, as perturbações advindas de ações humanas costumam diferir em tipo, intensidade e frequência, daquelas induzidas pelas fontes naturais.

Quando as perturbações bloqueiam ou alteram essa fonte de energia, as respostas deletérias por parte da cobertura vegetal são imediatas.

Segundo Lugo et al. (1980) existem 05 tipos de tensores, os tensores 1, 2 e 3 são do tipo que alteram o fluxo de energia ou afetam uma porção substancial do compartimento produtor, sendo muito prejudiciais, uma vez que reduzem a própria capacidade do sistema de recuperar-se.

Os do tipo 1 e 2 são os mais severos por causarem alteração no próprio ambiente, impossibilitando a minimização dos efeitos e/ou a recuperação do local. Já os tensores do tipo 3 e 4 causam um impacto menor no ecossistema, pois, não afetam os aportes de energias subsidiárias que chegam ao sistema.

Nos manguezais estudados em Santa Catarina (Baía da Babitonga em São Francisco do Palhoça, Ratonas e Itacorubi na Grande Florianópolis), foram observados e avaliados tensores que atuaram sobre os fluxos energéticos primários e secundários e os indicadores utilizados foram a área foliar e produção de serapilheira

Os tensores alteraram consideravelmente os inputs de energia, o substrato, a biomassa, a biodiversidade e as condições da água e sedimentos e, principalmente, os recursos vivos.

Isto pode ser visto pelas respostas da vegetação com um decréscimo na área foliar, produtividade, biomassa e estrutura, alterações na distribuição e zonação, grande presença de espécies de transição como o algodoeiro-da-praia e a samambaia (Panitz, 1997; da Silva, 2001).

Em relação aos estoques naturais, estes decresceram, uma vez que em 1970 a captura era em torno de 800kg/há/ano e, entre 1990 e 1994, caiu para 60kg/há/ano (Sierra de Ledo et al. 1998).

Poluição orgânica, acúmulo de metais pesados foram registrados (Queiroz et al., 1994; Masutti, 1999); o que coloca em risco a qualidade dos recursos consumidos pelo homem. Estudos recentes (Masutti e Panitz, 2000) mostram que o marisco do mangue - *Mytella guayanensis* e o caranguejo do mangue *Chasmagnathus granulata* apresentam suas defesas enzimáticas severamente alteradas pela poluição por metais. Na ilha de Santa Catarina há uma perda de mais de 50% da área original desde 1938 (Camargo, 2001).

Apesar dos impactos antrópicos, com todos os efeitos negativos mencionados, os manguezais estudados na Ilha de Santa Catarina, ainda apresentam uma cobertura vegetal razoável (mais de 50% de vegetação típica).

Isto porque estes ecossistemas tem uma grande resiliência e apresentam características de espécies pioneiras, “r-estrategistas”. Em outras palavras, eles são ecossistemas que se auto-sustetam.

Porém, a qualidade de seus recursos é questionável e também não se tem nenhum estudo sobre a “capacidade suporte”, ou seja, até quando estes ecossistemas suportarão a pressão antrópica?

Apesar de todos os efeitos negativos apontados, quando obras são necessárias e, em áreas de conservação como os manguezais, pode-se, no mínimo minimizar os impactos ambientais, desde que haja vontade política e conhecimento técnico-científico, respeitando-se o saber popular.

Os manguezais possuem uma grande capacidade de se recuperar após um distúrbio (resiliência). Para que haja sucesso na recuperação de uma área é preciso que aquelas condições necessárias para o estabelecimento do ecossistema sejam favoráveis e mantidas como as condições como substrato, fluxo de água doce e salgada, aporte de nutrientes e, principalmente, conhecimento sobre estrutura e função e, acima de tudo, vontade política.

Manejo e Gerenciamento dos manguezais

Segundo Schaeffer-Novelli et al. (1990), o manejo de ecossistemas resilientes como é o caso dos

manguezais é teoricamente mais fácil do que outros, uma vez que a resiliência do sistema pode absorver os erros do manejo.

O sucesso para o manejo é a conservação das propriedades de resiliência e que são mantidas pela manutenção dos subsídios de energia, capacidade produtiva e intercâmbio com a paisagem.

Ações de manejo e de gestão desses ecossistemas são urgentes e necessárias se quisermos usufruir, de graça, dos múltiplos benefícios que esses ecossistemas nos oferecem.

Hoje, os manguezais não são mais manejados, apenas, para fins silviculturais, onde o objetivo maior é a maximização da exploração sustentada dos produtos florestais diretos, como a madeira e seus sub-produtos.

O manejo dos manguezais supõe muito mais do que a produção de madeira, mas, sim, deve incluir um conhecimento de todos os seus recursos e benefícios. O uso de um recurso por si só, não se constitui em manejo (Field, 1997). Segundo este autor, não há uma razão única para o manejo, assim como não haverá um único método para a restauração dos manguezais.

Cada local terá problemas diferentes e soluções distintas. Há uma diversidade da terminologia utilizada por vários profissionais (recuperação, reabilitação, restauração, reabilitação).

A restauração de um ecossistema pode ser definida como o ato de devolvê-lo, na medida do possível, a sua condição original, seja através de sua renovação ou a uma condição em que possa ser utilizado outra vez (Field, 1997).

Este método de manejo baseia-se no conhecimento dos processos essenciais ao desenvolvimento e sustentabilidade da produtividade do sistema como um todo e não de suas partes. Portanto, é necessário adquirir-se conhecimento especializado sobre as plantas e animais, ou seja, deve-se conhecer, antes de tudo, a estrutura e funcionamento do ecossistema. Sem isso não é possível o manejo.

Porém, manejo, através da restauração implica em conhecimento da Ecologia básica desses ecossistemas, como o da variação das amplitudes das marés, do gradiente de salinidade intersticial, do tipo de substrato, da identificação dos potenciais predadores, ação e intensidade de tensores, entre outros.

Estes conhecimentos servirão para nortear as decisões referentes à escolha das espécies a serem utilizadas, do seu grau de desenvolvimento, da forma de obtenção, época do ano para coleta dos propágulos e plântulas (fenologia), ou seja, da metodologia de trabalho, e, principalmente, quanto aos custos envolvidos. Desse conhecimento básico depende o sucesso dos programas de restauração de manguezais degradados.

Dos 90 países ao redor do mundo que contém vegetação de mangue, apenas 20 tem empreendido alguma forma de replantio. Entretanto, um grande número de organizações internacionais tem dado suporte a programas de recuperação de manguezais como a União Européia, o Banco Mundial, a IUCN (International Union for Conservation of Nature), a FAO, UNESCO, UNEP, WWF, ITTO e outras.

No Brasil, os primeiros trabalhos datam da década de 70 (Eysink et al, 1998) e os trabalhos se intensificaram a partir dos anos 90 (Menezes et al., 1994 e 1999 Menezes y Schaeffer Novelli, 2000 ; Moscatelli e Almeida, 1994; Moscatelli et al, 1994; Eysink et al, , 1998; Cunha, 2000; Cunha et al., 2000;e), trabalhos estes realizados em São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Bahia).

Segundo Barros et al. (2000), apesar do volume de trabalhos acadêmicos produzidos nas últimas décadas, apenas a partir dos anos 90 percebe-se uma preocupação com a criação de competências locais para o exercício de práticas de gerenciamento ambiental.

A ampliação de ações não governamentais em áreas como educação ambiental e fortalecimento institucional de comunidades pesqueiras atrairá o interesse de especialistas acadêmicos, que passarão a interagir, embora de maneira não sistemática, com as populações litorâneas.

Barros et al. (2000) abordam a gestão comunitária de recursos naturais para o tratamento sustentável da questão litorânea no Nordeste ambiental e sua aplicação ao caso dos manguezais do Canal de Santa Cruz, Recife, Pernambuco e que a mesma pudesse ser aplicada a outras áreas afins do litoral brasileiro.

Experiências-piloto realizadas com as comunidades pesqueiras do Canal de Santa Cruz

revelam resultados encorajadores obtidos a partir do conhecimento das propriedades do ecossistema e das interações entre seus variados componentes.

Outras experiências, como a de Santa Catarina (Reserva Extrativista do Pirajubaé) revelam que a ampliação de atividades de exploração de recursos marinhos, como a maricultura, tem favorecido a pressão social pela manutenção da qualidade de parâmetros ambientais relevantes.

Nos dois casos, a identificação de novas alternativas econômicas para as populações locais, revela-se um poderoso instrumento de indução ao exercício de práticas de conservação da qualidade do ecossistema.

Esforços metodológicos para a criação de instrumentos de gestão comunitária de recursos naturais constituíram importantes etapas do processo de aproximação Universidade-comunidades litorâneas.

A implantação de reservas extrativistas marinhas (Pirajubaé, SC) ou de “fazendas marinhas”, baseadas em modelos de gestão patrimonial de recursos renováveis, constituem um avanço na formulação de soluções jurídico-institucionais para o estabelecimento de relações sustentáveis entre comunidade e meio ambiente nas áreas litorâneas.

Rodrigues (2000) discute uma proposta de Gestão compartilhada (governo e sociedade local), para as comunidades da Baía da Babitonga, São Francisco do Sul, SC, sugerindo a criação de Reserva Extrativista, Acordos de Pesca, APA, Fazendas Marinhas e/ou algum rearranjo entre elas.

A Conferência Internacional Mangrove 2003 buscou estimular a necessária aproximação entre geração de conhecimento e gestão ambiental, com a perspectiva de promover a implementação de soluções participativas para problemas locais de desenvolvimento sócio-ambiental.

O emprego do Geoprocessamento no Gerenciamento e Planos de manejo.

A incorporação de novas tecnologias aos trabalhos em manguezais é vital, pois são áreas de elevada vulnerabilidade, susceptíveis a uma dinâmica intensa, tanto no tempo como no espaço e o Sensoriamento Remoto e os Sistemas Geográficos de Informação permitem um melhor gerenciamento.

As espécies de mangue formam associações relativamente homogêneas sobre as imagens de satélites, sendo possível determinar os seus comportamentos espectrais.

A estrutura das plantas (tipo, tamanho e maturidade das folhas), a arquitetura das árvores, as características fisiológicas das espécies (excreção de sal); o solo (teor de matéria orgânica, umidade), topografia são fatores, entre muitos outros, importantes em determinar a resposta espectral aos sensores.

No Brasil, vários autores vem utilizando estas técnicas como Espíndola (1995), Abdon (1989), Klemas (1977), Klein e Neto (1991), Green et al. (1996), Mochel e Ponzoni (1999); Do Vale (2000), Do Vale e(2000); Camargo (2001); Oliveira (2001), entre outros.

Estes trabalhos mostram a importância dessas técnicas para as tomadas de decisões, dando suporte para os Planos de Manejo e Zoneamento Ambiental dos manguezais. Porém, a utilização dessa tecnologia ainda encontra-se em estado insipiente, tendo em vista o pequeno número de trabalhos nos principais congressos, simpósios nacionais e latino-americanos. É clara a necessidade de investimentos em infraestrutura física e capacitação de recursos humanos.

Manguezais como barreira Biogeoquímica

Entre os muitos poluentes aos quais os manguezais estão sujeitos, os metais pesados têm recebido atenção especial devido à sua toxicidade duradoura e à intensidade com que se acumulam (Harbison, 1986; Lacerda e Rezende, 1990, Lacerda *et al.*, 1986).

Os manguezais podem agir como sumidouros, a longo prazo, pela sua imobilização nos sedimentos, conseqüentemente diminuindo o risco ambiental, ou como um depósito de metais remobilizáveis, podendo ser assimilados pela biota e, eventualmente, exportados como detritos, aumentando a possibilidade de sua entrada na cadeia alimentar marinha (Lacerda *et al.*, 1988), onde podem sofrer processos de bioacumulação e reconcentração, e serem inseridos na alimentação humana.

Eles atuam como eficientes barreiras físicas à matéria em suspensão, primeiramente, devido à vegetação, pois, os pneumatóforos aprisionam

efetivamente os detritos flutuantes, até o ponto em que esses decantam e são estabilizados pela rede de raízes subterrâneas.

O ambiente protegido, freqüentemente inundado pelas marés, também estimula a deposição de sedimentos finos e detritos, e os altos valores de pH encorajam a precipitação de metais na interface sedimento/água, e a redução do sulfato e o alto conteúdo de matéria orgânica contribuem para a retenção de metais em formas não disponíveis (Harbison, 1986).

Vários estudos sugerem que a maior fração de metais é imobilizada nos sedimentos sob formas não biodisponíveis, levando a um decréscimo na concentração disponível para as plantas. Porém, metais são tóxicos bioacumulativos, sendo que os organismos, principalmente, os filtradores e detritívoros, podem apresentar concentrações muito mais altas que a água em sua vizinhança, constituindo uma via de entrada certa para os metais na cadeia alimentar.

Apesar de serem bastante conhecidos os efeitos tóxicos dos metais pesados à saúde humana (a carcinogenicidade, alteração das funções imunológicas e o ataque ao sistema nervoso), a efetividade dos processos físico-químicos e biológicos que determinam seu comportamento no meio ambiente são pouco conhecidos.

A concentração dos metais pesados no solo, sedimento ou água não indicam a toxidez efetiva para os organismos, uma vez que estes podem estar fortemente ligados, não estando assim, biodisponíveis.

A função do manguezal como barreira biogeoquímica ou filtro biológico tem sido bastante documentada (Harbison, 1986; Lacerda *et al.*, 1986; Lacerda e Rezende, 1990), porém, essa característica depende da saúde do ecossistema.

No início do processo de contaminação, a capacidade de imobilização de poluentes no ecossistema é grande; à medida que a contaminação prossegue, a capacidade de imobilização diminui, até que a capacidade máxima de acumulação é atingida, significando que o manguezal está saturado, e que poluentes não serão mais imobilizados.

Nesse ponto, o excesso de poluentes é rapidamente mobilizado através das águas intersticiais e de maré. Assim, os manguezais podem ser encarados como

bombas químicas de efeito retardado, pois, alteração nas condições do ecossistema podem mobilizar poluentes há muito tempo acumulados em seus sedimentos (Lacerda, 1998) e ele pode se transformar de sumidouro em fonte de poluentes para os ecossistemas costeiros (Harbison, 1986). É possível, entretanto, que antes de atingir esse limite as concentrações de poluentes já estejam acima que os valores padrão para a manutenção da biota.

A grande resiliência dos manguezais frente ao acúmulo de poluentes pode ser usada como uma alternativa econômica interessante para o tratamento de alguns efluentes, não porém, sem considerar a capacidade limite do ecossistema (Lacerda, 1998). Seu potencial como fonte ou sumidouro de poluentes deve ser considerado quando são propostos como local de descarga de efluentes ou outros resíduos.

Masutti e Panitz (2000) avaliaram o papel do manguezal do rio Itacorubi (Florianópolis, SC) como uma barreira biogeoquímica aos metais.

Este manguezal serviu como depósito de lixo da cidade desde 1956 e foi desativado em 1990, quando recebia 250 toneladas de lixo/dia, além de receber as contribuições dos laboratórios da Universidade Federal de Santa Catarina, efluentes de postos de gasolinas e das residências dos bairros do seu entorno.

Dos compartimentos analisados, a água intersticial apresentou concentrações relativamente altas para todos os metais estudados, demonstrando a sua importância na remobilização dos mesmos nos sedimentos.

O sedimento apresentou-se como o maior reservatório dos metais, com exceção do C; isto reforça o papel do manguezal como barreira biogeoquímica, indicando que os metais ficam aprisionados nos sedimentos sob formas não biodisponíveis, o que justifica as concentrações baixas na biota.

Entre os compartimentos bióticos, a gramínea *Spartina alterniflora* apresentou as maiores concentrações médias de Cd, seguindo-se do molusco *Mytella guyanensis* e o caranguejo *Chasmagnatus granulata*, as menores. Tanto o molusco como a gramínea apresentaram concentrações médias mais altas que os sedimentos, demonstrando sua capacidade de bioacumulação e a sua importância como bioindicadores (Masutti e Panitz, 2000).

Os mariscos do manguezal do Itacorubi mostraram um aumento nas concentrações dos metais analisados, com exceção do Cd e do Cu, quando comparado com o manguezal Controle.

Isto indica que o Itacorubi está contaminado por Cr, Ni e Pb e sua biota está exposta aos efeitos tóxicos deste metais. *M. guyanensis* parece ser um bioindicador útil devido as diferenças significativas nas concentrações de metais de áreas poluídas e não poluídas (Masutti e Pantiz, 2000).

Numa avaliação geoambiental em zonas de manguezal da baía de Camamu, Bahia, região que sofre o impacto das atividades de mineração e verificaram que as concentrações dos metais variaram de acordo com a do material particulado em suspensão.

A concentração de Pb, Zn, Cu, Cr e Ba nas folhas das três espécies estudadas (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*) apresentou-se comparativamente mais elevada nas estações correspondentes à região das ilhas e dentre esses vegetais, a *Avicennia* mostrou-se mais eficiente no aprisionamento desses cátions.

Silva et al. (2000) avaliaram a dinâmica dos metais pesados, fosfato e nitrogênio através da decomposição do mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) nos manguezais de Natal, RN e observaram aumento nas concentrações do Fósforo total (1.43mgg^{-1} para 2mgg^{-1}), N (2.64mgg^{-1} para 10.43mgg^{-1}), Cr (2.39mgg^{-1} para 24.21mgg^{-1}), Zn (2.67mgg^{-1} para 17.7mgg^{-1}), Ni (2.54mgg^{-1} para 17.53mgg^{-1}), Pb (3.05mgg^{-1} para 6.94mgg^{-1}), Cu (0.15mgg^{-1} para 2.89mgg^{-1}), Fe (73.7mgg^{-1} para $16,043\text{mgg}^{-1}$) and Al (90.4mgg^{-1} para $6,978\text{mgg}^{-1}$) durante o processo de decomposição.

Por outro lado, Mn mostrou um decréscimo na concentração (170.75mgg^{-1} to 25.27mgg^{-1}). O aumento de alguns metais, de N e P durante a decomposição do mangue vermelho, pode representar um importante mecanismo biogeoquímico na retenção destes elementos químicos na floresta de mangue. É importante conhecer-se o tempo de residência deste material no substrato do manguezal.

Silva e Oliveira (2000) analisaram a especiação do Fósforo nos sedimentos dos manguezal no estuário do rio Potengi, Natal, RN impactado por esgotos domésticos. Os manguezais aprisionam, transformam e exportam P e isto depende de muitos fatores tais

como tipo de sedimento e de vegetação, hidrodinâmica, gradiente topográfico, pH e teor de oxigênio dissolvido.

Em relação ao fósforo, as concentrações da fração inorgânica depende da estabilidade de diferentes minerais como a adsorção com o $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ e dos processos de precipitação com o CaCO_3 . O trabalho deixa as questões: Os sedimentos do manguezal estão saturados ou não de P? Se não, qual a carga de fósforo que os sedimentos ainda podem receber?

Os estudos sobre a biogeoquímica dos manguezais intensificaram-se muito, tendo sido apresentado cerca de 60 trabalhos sobre este tema no Mangrove 2003, Salvador (Ba) e a questão continua “*manguezais fonte ou sumidouro de metais ?*”

O saber popular

“Acorda todo dia para se atolar
Na fábrica chamada manguezá
Ele, o homem do caranguejo-uçá
Seu relógio é a maré
E sua persistência a fé
Pra catar o bicho
Que anda de marcha a ré
Ele nem imagina
Que esteja tudo tão ruim
E olha pro seu amigo caranguejo
E diz assim:

O que aconteceu
Com o mangue meu e teu?
Ó meu Deus ... “ (Vergara Filho)

Ninguém melhor do que Vanucci (1999) em seu magnífico livro “Os manguezais e nós: Uma síntese de Percepções” relaciona a sabedoria, a percepção e o bom senso dos conhecimentos tradicionais com a precisão da informação científica, tendo como finalidade documentar a passagem das práticas de uso e gerenciamento empírico dos manguezais para um uso e gerenciamento científicos.

A importância da memória coletiva e as práticas tradicionais dos povos que vivem estreitamente associados aos manguezais, devem ser registradas antes que as mudanças nos padrões de vida levem ao esquecimento.

Ela relata a relação do conhecimento do pescador com o Martim-pescador, pois eles conhecem os sinais enviados pela ave, que sabe quando e onde pescar, já que os peixes se acumulam no lugar do encontro das águas.

A autora discorre de forma poética, fascinante, porém, sem perder o rigor científico, sobre o nosso passado e a nossa relação com os manguezais; ela fala do homem como observador, como morador, como usuário, como explorador e destruidor e que o empirismo tradicional permite um rendimento sustentável a longo prazo (Índia, África, Tailândia, Malásia).

Os caiçaras, comunidades de pescadores que vivem na costa do litoral de São Paulo, mais especificamente, na região de Ilha Comprida do complexo lagunar Cananéia-Iguape, definem a importância do manguezal por diversas expressões.

Eles conhecem bem essas áreas e sua importância, respeitam e ensinam as crianças, retiram delas apenas o necessário para sua sobrevivência e falam da necessidade de uma fiscalização mais eficiente.

“É preciso educar os que vem de fora, eles não sabem o quanto os mangues são importantes”

“Quem corta a raiz do mangue pensa só no hoje, não pensa no amanhã”

“Sem as fêmeas não teremos em pouco tempo, mais caranguejos para pegar”

Essas comunidades vivem dos manguezais há mais de 500 anos; fica claro que aquele que possui laços culturais com os manguezais sabe respeitá-los e é capaz de impedir a depredação.

A captura do caranguejo deve atender, além das leis do mercado, às leis naturais do manguezal.

“É como utilizar raposas pra cuidar de galinheiros – bem alimentadas, as raposas não se importariam em conservar sua “fonte de alimento”, protegendo-a, inclusive contra invasores”.

Maya e Carmo (2000) em trabalhos feitos junto às comunidades tradicionais de catadores de caranguejo de Mucuri, extremos sul da Bahia, mostram a importância do conhecimento tradicional para o manejo mais adequado dos recursos do manguezal, com ênfase no caranguejo uça (*Ucides cordatus*), através da dinamização da atividade da produção, com

a profissionalização dos caranguejeiros, com a abertura de mercados locais e regionais, com uma maior participação da comunidade.

Vários trabalhos mostram a importância do manguezal para os catadores e o papel sócio-cultural do catador na ocupação e uso do espaço litorâneo. (Maya et al. 2000) e este saber deve ser resgatado e empregado, principalmente, na elaboração de Planos de manejo e uso sustentável dos manguezais.

O retorno das técnicas tradicionais com a cata do caranguejo com o braço e não com a redinha, selecionaria as pessoas que continuariam a trabalhar no mangue e a tendência seria que restassem apenas “aqueles profissionais” que sabem exatamente como utilizar o ambiente sem causar tanto danos.

Existem cerca de 150 comunidades pesqueiras artesanais, com aproximadamente 150.000 pessoas e 7.000 embarcações ao longo do litoral catarinense, estabelecidas principalmente nos municípios de São Francisco do Sul, Barra Velha, Navegantes, Itajaí, Governador Celso Ramos, Florianópolis, Imaruí e Laguna e que são responsáveis por cerca de 37% da produção nacional de pescado, graças às características de sua orla marítima (principalmente, manguezais e lagoas).

Segundo Rodrigues (2000), existem 1.632 pescadores em São Francisco do Sul, sendo que a pesca artesanal participa com cerca de 7% e a industrial com 93% .

Cerca de 50% dos pescadores tem na atividade da “cata “ ou ” coleta natural” de moluscos e crustáceos no manguezal, a sua principal atividade produtiva complementar e provedora de renda.

Os pescadores de São Francisco do Sul exploram os recursos dos manguezais e para eles, “preservar” é o que chamamos de “conservar”, ou seja, o manguezal não é um local intocável e segundo eles, “todos” devem ser responsáveis pela conservação do ecossistema.

Quanto ao saber popular eles tem um excelente conhecimento dos fenômenos naturais, adquiridos com a vivência que a atividade da pesca os obriga e através dos ensinamentos dos antigos. Por exemplo, eles percebem as mudanças climáticas e que interferem na pescaria. Eles tem uma boa noção da biologia, do ciclo reprodutivo dos animais, das técnicas de pesca, das denominações (Rodrigues, 2000) e as frases abaixo mostram isto.

“As nuvens tipo “tabo de galo” é certeza de temo ruim”

“O inverno é diferente do verão, agora estão brigando, o verão depende do mar, o inverno da terra”.

“Quando chove muito, some o peixe, a água do mar é mais quente, o peixe prefere”

“A sardinha só dá para pegar em noite escura; o camarão gosta de água suja e quente”

“As áreas de criadouro não deveriam ser as mais protegidas?”

“Se matamos a mãe, como pode vir o filho?”

“A gente se criou escutando a pescada falar, a tainha pular, o macho ajudar a achar o cardume”

“Se o mar tiver grosso não tem peixe na baía, aí vou atrás do berbigão”

Grande parte das informações dos pescadores coincide com as geradas cientificamente, o que confirma a importância de se investir na preservação e no resgate da cultura deste grupos, poseedores de uma sabedoria empírica.

Um aspecto interessante é quanto ao que sabem os pescadores sobre a legislação e as políticas públicas para a pesca artesanal, e este é abordado por Cabral et al. (2000) do projeto MADAM (Mangrove Dynamics and Management) nas comunidades de pescadores do município de Bragança e de Augusto Corrêa (baía do rio Caeté), estado do Pará. Vários questionamentos surgem: por que as leis não são cumpridas? Que leis? Para que servem? O que eu (pescador) ganho cumprindo as leis?

“A lei não chega aqui pra gente, ou a lei aqui quem faz é a gente.”

“Quando o peixe fica escasso, eles, o pessoal grande, dão uma ajuda de um salário para os pescador viver até a época da safra, mas essa lei não chega aqui pra gente, só tem lei pros outros pescador.”

Segundo os autores acima, um dos mais sérios problemas dentro da legislação para a pesca, é a falta de fiscalização, que em tese está sob a responsabilidade do IBAMA, o qual não tem meios para exercer suas funções por falta de recursos humanos, financeiros e outros.

Assim, as comunidades acabam em muitos casos exercendo justiça por conta própria, formulando e fiscalizando leis de acordo com suas necessidades específicas.

Para a maioria dos entrevistados, somente leis fiscalizadas são obedecidas e trariam a curto e médio prazo soluções pelos conflitos mencionados.

Além da crônica falta de fiscalização, existe outro problema de grande expressão dentro da legislação pesqueira, a ausência de participação popular, ocasionando assim uma série de pontos de desarticulação com a realidade e as necessidades de cada local.

Um dos principais fatores que tem sido apontado, especialmente pelos órgãos de administração pesqueira como sendo um entrave para o desenvolvimento do setor pesqueiro artesanal, é o baixo grau organizativo dos pescadores (Diegues, 1995), para o que existem várias explicações; uma das mais comuns é a fraca representação dos pescadores pelas colônias (forma de sindicato dos pescadores), federações e confederação, que em raros momentos têm sido coniventes com os anseios dos pescadores.

O alto índice de desconhecimento de aspectos legais, por parte dos pescadores, pode estar aliado a fatores como: o baixo grau de participação em organizações sociais, criando de certa forma mundos particularizados dentro de uma mesma comunidade, impossibilitando os pescadores de estarem melhor informados; ou porque as informações não chegam até eles e quando chegam ultrapassam o nível de seus entendimentos.

“Quando o fiscal chegou eu tava com uma rede de malha fina, cumambí e uns peixes bunito, ele disse que era proibido, mas eu não sei muito desse negócio de lei e aí eu fiquei com medo e perguntei se ele queria peixe e ele gostou, ele é nosso amigo.”

Com relação aos conhecimentos sobre as normas legais, pode-se constatar que o mundo das leis ainda está para ser descoberto pelos pescadores.

Os autores colocam como fator mais importante, a ser visualizado com o resultado do trabalho, a necessidade de uma revisão urgente na postura das normas legais referentes à pesca, para que se vislumbre, mesmo que a longo prazo, soluções para os conflitos vivenciados dentro desta atividade.

Coloca-se aqui a necessidade de maior articulação entre legislação oficial e conhecimento empírico das populações pesqueiras, que, sem dúvida,

possuem profundo conhecimento do ecossistema em que atuam.

Segundo Vannucci (1999), as práticas tradicionais, e entre elas o gerenciamento, são muito antigas, e geralmente são validadas por mitos locais e com linguagem esotérica (manguezais da África ocidental e Oceano Pacífico).

O sucesso do gerenciamento tradicional é que ele é feito lenta, gradual e experimentalmente, com uma seleção criteriosa das práticas que demonstraram ser as melhores ao longo do tempo e, com freqüentes, correções e adaptações (os tumpak-sari ou tambaks na Indonésia ou os campos de arroz/peixes da África ocidental).

Na Conferência Internacional Mangrove 2003, realizada em Salvador, Bahia, cerca de 60 trabalhos em relação à dinâmica social foram apresentados, destacando-se os relacionados com estudos sócio-econômicos, de etnoecologia, de manejo sustentável, de educação ambiental, ecoturismo, reservas extrativistas, de gestão participativa e as principais comunidades abordadas foram os caranguejeiros, marisqueiras e pescadores.

Para Vannucci (1999):

“Para quem trabalhamos, pesquisamos?? É para as “gentes” que trabalhamos e para as “gentes” que devemos transmitir os conhecimentos necessários para o uso racional e a conservação do patrimônio genético. A preocupação fundamental sempre é a de compreender, racionalizar e explicar a significância dos manguezais para as populações de beira-mar – “as gentes”.

Educação Ambiental

Os problemas dos manguezais são iguais em todo o mundo, diferindo em grau e extensão; sendo ainda considerados como “terras de ninguém”, insalubres, mal cheirosas, cheias de mosquitos, apesar do grande número de trabalhos e projetos desenvolvidos.

A Educação Ambiental despontou como uma das soluções para resolver, minimizar os problemas ambientais e se desenvolveu muito nos últimos anos, principalmente, na área dos manguezais, através dos

Encontros Nacionais de Educação Ambiental em Áreas de Manguezal ENEAAMs (últimos 10 anos).

A finalidade é mudar o nosso olhar para os manguezais é apresentar os manguezais aos não-especialistas, e aos especialistas também, para que juntos encontrem formas racionais de utilizá-los.

É importante se estabelecer uma ponte entre a sabedoria, a percepção e o bom senso dos conhecimentos tradicionais e a precisão da informação científica e registrar a transição das práticas de uso e gerenciamento empírico dos manguezais para um uso e gerenciamento científico, antes que a destruição desordenada nos deixe desprovidos de manguezais até mesmo para estudos científicos (Vannucci, 1999).

Com certeza, ter manguezais; porém, manguezais que continuem fornecendo bens e prestando serviços ao homem é um dos grandes desafios do século XXI e, por isso, reunir informações dos conhecimentos técnicos e das comunidades tradicionais (pescadores, catadores de caranguejos, casqueiros, paneleiras, índios) para que se possa, discutir as perspectivas para a melhoria da qualidade da vida humana e das demais espécies para o novo milênio é de grande relevância e significado para todos nós, sejamos especialistas ou não! Como disse Field (1997) “é hora dos cientistas tirarem a cabeça da lama e olharem e falarem outra língua”.

Acreditando que é através da Educação Ambiental que se consegue a aquisição de conhecimentos e habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, objetivando-se a construção de uma nova visão das relações do homem com o meio ambiente é que vários grupos, escolas, organizações foram surgindo.

Em 1997 foi implementado na Escola Municipal Novo Pina o programa de aulas “Descobrimo o Manguezal” (Cunha et al., 2000).

A vida da baía de Paranaguá/PR depende da conservação dos manguezais, do que depende a qualidade de vida das comunidades litorâneas e pela situação de degradação dos manguezais e de exploração dos recursos naturais, principalmente, o do caranguejo-uçá foi proposto o programa de educação ambiental “ Viva o Mangue” por Sessegolo et al. (2000).

Em Recife, Pernambuco existe um dos maiores centros de ciências do Brasil - O Espaço Ciência vem desenvolvendo nestes últimos 5 anos importantes atividades de divulgação científica para escolares e

público em geral, atualmente com uma média de 100 mil visitantes/ano.

Além disso, deve-se destacar o trabalho na área de Educação Ambiental, tanto na capital como no interior, visando ampliar a conscientização da importância de preservação dos ecossistemas naturais, incluindo os ambientes de manguezais em Pernambuco.

Dentre esses trabalhos, destaca-se a realização de aulas monitoradas no manguezal Chico Science, localizado no Espaço Ciência, tendo contado, neste período, com a participação de 3.720 alunos da rede pública e privada.

Essas aulas possuem conteúdo programático que inclui a fauna, a flora, características gerais, legislação e importância desses ecossistemas, tendo como objetivo, contribuir para a preservação dos mesmos.

A procura pela área de manguezal nas visitas ao Espaço Ciência por mais de 35 escolas, reforça, portanto, a importância deste trabalho para a formação de uma consciência ecológica acerca desses ambientes (Cunha et al., 2000).

Ao longo do litoral brasileiro, várias iniciativas estimuladas a partir dos cursos de Oceanografia (FURG, UERJ e CTTMar/UNIVALI) contribuíram no processo de Educação e Formação Ambiental Marinha, no resgate da “Mentalidade Marítima” das populações costeiras e na conservação de ecossistemas costeiros e ambientes insulares. A partir de 1997, na UNIVALI, Itajaí, SC, o CTTMar implanta o Laboratório de Educação Ambiental – LEA e que vem desenvolvendo vários projetos inseridos no “Programa Estratégico de Desenvolvimento Sustentável para Regiões Litorâneas” (RHAE/MCT/CNPq – UNIVALI/UNISUL). O LEA publica o “Jornal Ambiental” e atualmente, o CTTMar edita a Revista “Gerenciamento Costeiro Integrado (www.gci.cttmar.univalli.br).

A fim de capacitar gestores e educadores e desenvolver ações educativas e de instrumentos e metodologias, o MEC, através da Coordenadoria de Educação Ambiental, realizou vários cursos de capacitação de multiplicadores nas universidades da região sul.

O próprio IBAMA tem vários núcleos de Educação Ambiental (NEA) em cidades brasileiras, onde os manguezais são amplamente discutidos e vários trabalhos vem sendo desenvolvidos e técnicas

alternativas em educação são aplicadas (teatro, flanelógrafo, sucata, modelagem, argila e outros).

O NEMA (Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental) surgiu na cidade de Rio Grande, RS em 1987, com uma proposta de Educação Ambiental para a zona costeira do Rio Grande do Sul: Mentalidade Marítima, recebendo apoio financeiro do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE e da Secretaria Municipal de Educação e Cultura do Rio Grande do Sul – SMEC, implantando no ensino a Educação Ambiental.

Até 2001 construíram o universo Mentalidade Marítima cerca de 500 educadores e 10.000 crianças de 100 escolas públicas municipais do RS, e o resultado deste trabalho está publicado no livro “Ondas Que te Quero Mar” - Educação Ambiental para as comunidades costeiras (Crivellaro,2001) (nema@super.furg.br, site: www.octopus.furg.br/nema).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com certeza, ter manguezais; porém, manguezais que continuem fornecendo bens e prestando serviços ao homem é um dos grandes desafios do século XXI e, por isso, reunir informações dos conhecimentos técnicos e das comunidades tradicionais (pescadores, catadores de caranguejos, casqueiros, paneleiras, índios) para que se possa, discutir as perspectivas para a melhoria da qualidade da vida humana e das demais espécies para o novo milênio é de grande relevância e significado para todos nós, sejamos especialistas ou não é o que esperamos ter alcançado com esta contribuição.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial “as gentes” da lama e ao manguezal, minha fonte de inspiração, de coragem e força. A todos que colaboraram de forma direta ou indireta (pesquisadores, colegas, alunos de graduação, pós-graduação, técnicos) com seus diversos trabalhos que sem os quais não teria elaborado este trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ABDON, M.M. 1989. Avaliação das Áreas de Manguezal do Rio Piauí (SE) através de sensoriamento remoto. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE-4909-PRE/1510. São José dos Campos, SP. 07p. In:

Simpósio Latino-Americano De Sensoriamento Remoto. Gramado,RS. INPE/SELPER/ SBC.

- BARROS, H. M. de; LEÇA, E. E.; PARANAGUÁ, M.M. 2000. Gestão comunitária de recursos naturais: Ampliando competências locais para o tratamento sustentável da questão litorânea no Nordeste. *Anais do Mangrove 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. CD-Room

- CABRAL, N.; GLASER, M.; MATHIS M.; SCHORIES, D. 2000. Legislação e Políticas Públicas Para A Pesca Artesanal: O Que Existe e o Que Sabem Os Pescadores. *Anais do Mangrove 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. CD-Room, Recife.

- CAMARGO. J.P. 2001. *Proposta de zoneamento ambiental para os manguezais do rio Ratoes, Saco Grande e rio Tavares, Ilha de Santa Catarina, através do geoprocessamento como subsídio ao gerenciamento costeiro (GERCO) de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 220p.

- CASTANHEIRAS, S. dos Anjos e CARRASCO, P.G. 1998. O homem e o manguezal: a importância da relação antrópica de comunidades tradicionais em Ilha Comprida, SP, Brasil. In: IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, Águas de Lindóia, SP. *ACIESP*, v.1, p.61-68

- CIMA, 1991. *Subsídios técnicos para elaboração do relatório nacional do Brasil para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Brasília, Comissão Interministerial para a preparação da preparação a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 172p.

- CPRH, 1991. *Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste*. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração do Recursos Hídricos. Série Publicações Técnicas, Nº 003, 114p.

- CUNHA, A . 2000. Aulas no manguezal Chico Science, Espaço Ciência, Olinda – PE. *Anais do Mangrove 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. CD-Room.

- CUNHA, A.; SANTOS, F.L.B; GUIMARÃES, A.; LINO, M. 2000. A aplicação do Programa De Aulas “Descobrimos O Manguezal”, na Escola Municipal Novo Pina. *Anais do Mangrove 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. CD-Room

- DA SILVA, M.C. M. 2001. *Diagnóstico ambiental do manguezal da baía da Babitonga, Santa Catarina, através do uso de indicadores ecológicos (Parâmetros foliares e produtividade de serapilheira)*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Univresidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 113p.

- DIEGUES, A. C. 1995. *Povos e mares: Leituras em sócio-anthropologia marítimas*. Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas em Áreas Úmidas Brasileiras – USP, 269p

- DIEGUES, A.C. 1987. Conservação e Desenvolvimento sustentável de ecossistemas litorâneos no Brasil. Programa de Pesquisa e Conservação de Áreas Úmidas no Brasil. IOUSP/ F.FORD/UICN. 46P.

- DIEGUES, A.C., 1995. *Comunidades humanas e os manguezais do Brasil*. Nº 003 Pp. 38-45 in CPRH. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração do Recursos Hídricos. Série Publicações Técnicas.

- DINERSTEIN, E.; OLSON, D.M.; GRAHAM, D.; WEBSTER, A.; PRIMM, S.; BOOKBINDER, M. e LEDEC, G., 1995. *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. The World Bank in association with The World Wildlife Fund, Washington, D.C., USA.

- DO VALE. 2000. Contribuição ao estudo dos manguezais como indicadores biológicos das alterações geomórficas do estuário do rio São Mateus (ES). In: Anais do V Simpósio sobre Ecossistemas Brasileiros, Vitória. *ACIESP*, vol.2. pp.373-381.

- DPA/MA., 2001. Departamento de Pesca e Aqüicultura/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plataforma Tecnológica do Camarão Marinho Cultivado*. Brasília. p. 276.

- ESPÍNDOLA, C.R.S. 1995. Aplicação de Dados de sensoriamento Remoto para Detectar o Uso do Solo e as Modificações Causadas por

- “Estressores” nos Manguezais do Rio Mundaú (CE). *III WORKSHOP ECOLAB* - Laboratório De Estudos De Sistemas Costeiros. Belém (Pará).
- EYSINK, G.G.J.; BACILIERI, S.C.; SIQUEIRA, M.P.S.L.; BERNARDO, L. SILVA, D.SUMMA, S.M.; ACHKAR, N.D. VIGAR. 1998. Avaliação da manutenção da viabilidade de propágulos de *Rhizophora mangle* acondicionados em estufa, visando o seu uso na recuperação de manguezais degradados. Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, *ACIESP*. v. 1, 38-47.
 - FARNSWORTH, E.J. e ELLINSON, A.M. 1997. The Global Conservation Status of Mangroves. *Ambio* vol.26, nº 6. Royal Swedish Academy of Sciences. ;pp. 328-334.
 - FIELD, C. D. 1997. *La Restauración de Ecosistemas de Manglar*. Editora Arte, Managuá. ISME. 280p:il.
 - FRAGA, A. de Paula, C. 2002. *Caracterização da qualidade da água, dos sedimentos dos efluentes gerados pela atividade de carcinocultura marinha, em duas fazendas no Estado de Santa Catarina, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 30p.
 - GREEN, E.P. et al. 1996. A Review of Remote Sensing for the Assessment and Management of Tropical Coastal Resources. *Coastal Management*, 24:1-40.
 - HARBISON, P. 1986. Mangrove muds- a sink and a source for trace metal. *Marine Pollution Bulletin*, 17 (6) pp. 246-250. Great Britain.
 - JORY, D. E. e DUGGER, D. M., 2000. Manejo preventivo de doenças de camarão peneideos: biomodulação da resposta não específica de imunidade com beta 1,3-D glucan. *Revista ABCC*. Ano 2, n. 1. p. 46-52.
 - KJERFVE, B.; LACERDA, L.D. 1993. Mangroves of Brazil. Pp.245-272 in LACERDA; L. D. (ed) *Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa regions. Part I – Latin America*. ITTO/ISME, Okinawa, Japão.
 - KLEIN, R.M e NETO, A.B.C. 1991. Mapeamento Temático do Município de Florianópolis. *Vegetação*. IBGE/IPUF. 19P.
 - LACERDA, L. D.; CARVALHO C. E. V.; TANIZAKI, K. F.; OVALLE, A. R. C.; REZENDE, C. E. 1993. The biogeochemistry and trace metals distribution of mangrove rhizospheres. *Biotropica* 25 (3), 252-257.
 - LACERDA, L. D.; MARTINELLI, L. A.; REZENDE, C. E.; MOZETO, A. A.; OVALLE, A. R. C.; VICTORIA, R. L. ET AL. 1988. The fate of trace metals in suspended matter in a mangrove creek during a tidal cycle. *The Science of Total Environment*, (75) 169-180.
 - LACERDA, L. D.; RESENDE, C. E. 1990. Mangrove carbon export to the sea: a reevaluation of a paradigm. Anais do II Simpósio Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, vol. 2, pp.169-182. Águas de Lindóia, SP.
 - LACERDA, L. D.; RESENDE, C. E.; JOSÉ, D. M. V.; FRANCISCO, M. C. 1986. Metallic composition of mangrove leaves from the southeastern brazilian coast. *Rev. Bras. Biol.* , 46(2):395-399.
 - LACERDA, L.D. 1998. Trace metals biogeochemistry and diffuse pollution in mangrove ecosystem. *ISME Mangrove Ecossystems Occasional papers*. n° 2, 65pp.
 - LUGO, A.E.; CINTRÓN, . e GOENAGA, C. 1980. El ecosistema del manglar bajo tensión. Pp. 261-285m in *Memorias del Seminario sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares*. UNESCO. Montevideo.
 - MARTIN, F. e LANA, P. C. 1994. Aspectos jurídicos relativos à proteção dos manguezais da baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira: Subsídios a um Gerenciamento Ambiental, Serra Negra, 1994. São Paulo, *ACIESP*, vol. I, pp 107-112.
 - MASUTTI, M.B. 1999. *O manguezal do Itacorubi como barreira biogeoquímica: Um estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 196p.
 - MASUTTI, M.B.; PANITZ, C. M. N. 2000. Metals in *Mytella Guyanensis* (Lamarck, 1891) From Itacorubi And Ratones Mangroves (Santa Catarina Island, Brazil). *Anais do Mangrove 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. CD-Room.
 - MAYA, C.; Leahy, W.M.; CARMO, T. M. S. do. 2000. Manejo sustentável do manguezal como estratégia para o desenvolvimento das comunidades

- tradicionais de catadores de caranguejo de Mucuri – Extremo Sul da Bahia. In: V Simpósio sobre Ecossistemas Brasileiros. Vitória. *ACIESP*, vol-2. pp. 228-233.
- MENEZES, G.V. e SCHAFFER-NOVELLI, Y. 2000. Produção e decomposição em bosques de mangue na Ilha do Cardoso, Cananéia, SP. In: V Simpósio sobre Ecossistemas Brasileiros. Vitória. *ACIESP*, vol-2. pp. 349-355.
- MENEZES, G.V., 1999. **Recuperação de manguezais: um estudo de caso na Baixada Santista, Estado de São Paulo, Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 164p.
- MENEZES, G.V., POFFO, I.R.F.; EYSINK, G.G.P.; HATAMURA, A.; MORAES, R.P. POMPÉIA, S.L. 1994. Manguezais: projeto de revegetação na baixada santista, SP, Brasil. I Simpósio Sul Americano e II Simpósio Nacional de Recuperação de áreas degradadas. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. p 343-353.
- MITSHC, W. J. e GOSSSELINK, J.G. 1986. Mangrove Wetlands. 1996. Pp.-231-258 in Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink (eds). *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- MOCHEL, F.R.; PONZONI, F. J. 1999. Spectral Characterization of Mangrove Leaves in the Brazilian Amazonian Coast: Turiaçu Bay, Maranhão State. *International Journal of Remote Sensing*. April 5.
- MOSCATELLI, M. e ALMEIDA, J. R. 1994. Avaliação de crescimento e sobrevivência de *Rhizophora mangle* em restauração de manguezais no município de Angra dos Reis-RJ. Anais do I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional. Recuperação de Áreas Degradadas. Foz do Iguaçu, PR. p. 487-498.
- MOSCATELLI, M.; ALMEIDA, J.R. 1994. Legalidade teórica e realidade prática na defesa de manguezais; estudo de casos em Angra dos Reis, Rio de Janeiro - Caso III. Anais Encontro Brasileiro de Ciências Ambientais, 1. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, *UFRJ*. v.1, p. 372-383.
- MOSCATELLI, M.; De CARLI, C. ; ALMEIDA, J. R. 1994. Avaliação preliminar do reflorestamento de manguezais: Lagoa Rodrigo de Freitas. In: III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira: Subsídios a um gerenciamento ambiental. Serra Negra, SP. *ACIESP*, vol. I, p 131-134.
- OLIVEIRA, C.P.L. 2001. *Análise da evolução temporal do manguezal do rio Tavares (Ilha de Santa Catarina, SC), utilizando a foto-interpertação*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 113p.
- PANITZ, C. M. N. 1997. Ecological description of the itacorubi mangrove, Ilha de Santa Catarina, Brazil. Pp. 204- 225 in Kjervfe, B.; Lacerda, L.D.& Diop, S. El Haddji eds. *Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa*. ISME, UNESCO, Paris.
- PRIMAVERA, J.H. 1998. Tropical shrimp farming and its sustainability. Pp. 257-289 in de Silva, S. (ed.). *Tropical Mariculture*, Academic Press, London.
- QUEIRÓZ, R. U.; SIERRA DE LEDO, B.; SORIANO-SIERRA, E. J. 1994. Ocorrência e ciclagem de metais pesados no manguezal do Itacorubi, SC, Brasil. *ACIESP*, vol.1, pp. 371-375. São Paulo.
- RODRIGUES, A.M.T. 2000. *Diagnóstico sócio-econômico e a Percepção ambiental das comunidades de pescadores artesanais entorno da Baía da Babitonga (SC): Um subsídio ao Gerenciamento Costeiro*. Dissertação de Mestrado – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 223p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1999. *Relatório BDT - Base de Dados Tropical*. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO. Programa Nacional da Biodiversidade – PRONABIO. 56p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y., CINTRON, G.; SOARES, M.L.G. e De-ROSA, T. 2000. Brazilian Mangroves. *Aquatic Ecosystem Health and Management Society*. V.3. pp 561-570.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; ADAIME, R.R. e CAMARGO, T.M., 1990. Variability of mangrove ecosystems along the brazilian coast. *Estuaries*, 13 (2): 204-218.
- SESSEGOLO, G.C.; CATAPAN, M. I. S.; SILVA, L. B.; LIMA, M .S. 2000. Programa de Educação Ambiental Viva o Mangue! – fase I. *Anais do*

- Mangrove 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. CD-room
- SILVA, C. A. R. e OLIVEIRA, S. R. 2000. Speciation Of Phosphorus In Mangrove Sediments Along Potengi Estuary, Natal/Rn-Brazil. *Anais do Mangrove 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. CD-Room.
 - SILVA, C. A. R.; OLIVEIRA, S. R.; SILVA, A. P.; REGO. 2000. *Anais do Mangrove 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. CD-Room.
 - SOARES, M. L G. e SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2000. Partição da biomassa de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* em manguezais do sudeste do Brasil. In: V Simpósio sobre Ecossistemas Brasileiros. Vitória. *ACIESP*, vol-2. pp. 279-286.
 - SOARES, M.L.G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; PERIA, L.C.S.; PELLEGRINI, J.A.C.; CORRÊA, F.M.; GOMES, M.L. et al. 2000. Modelos para estimativa da biomassa aérea de espécies de mangue no sudeste do Brasil. In: V Simpósio sobre Ecossistemas Brasileiros. Vitória. *ACIESP*, vol-2. pp. 270-278.
 - TORIGOI, R.H.,. 2001. *Avaliação do efeito de três densidades de estocagem de Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) sobre os índices de produção e qualidade do efluente, Florianópolis,SC*. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 81 p.
 - VANNUCCI, M. 1999. *Os manguezais e Nós: Uma síntese de Percepções*. Editora da Universidade de São Paulo. 233p.
 - VILWOCK, J.A. 1987. Os Paleoambientes das Províncias Costeiras do Rio Grande do Sul e a Possível Ocorrência de Antigos Manguezais na Costa Sul. In: I Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese de Conhecimentos. Cananéia, *ACIESP*, nº3, vol.1:54-111.
 - WAINBERG, A. A. e CAMARA, M. R., 1998. Carcinicultura no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: interações ambientais e alternativas mitigadoras. In: *Aquacultura Brasil'98. Persona*. v. 2, p. 527-544. Recife.
 - WAINBERG, A. A., 2000. O pesadelo dos vírus asiáticos ainda ronda a carcinicultura brasileira. *Panorama da Aqüicultura*. v. 10, nº 61. p. 51-52.
 - ZARAIN-HERZBERG, M. e ASCENCIO-VALLE, F., 2001. Taura syndrome in Mexico: follow-up study in shrimp farms of Sinaloa. *Aquaculture*, v. 193. p. 01-09.

PARTE II - MARISMAS (ÁREAS ALAGADAS, BANHADOS)

PART II -SALTMARSHES (WETLANDS, MARSHES)

Clarice Maria Neves Panitz

Departamento de Ecologia e Zoologia - Centro de Ciências Biológicas
Universidades federal de Santa Catarina - Campus Universitário, Florianópolis,
SC - Brasil CEP: 88010-970
clarice@ccb.ufsc.br

RESUMO

As marismas, os banhados salgados, os alagados marginais litoral, os espartilares como são conhecidos são um dos ecossistemas costeiros mais produtivos e são constituídos por espécies altamente especializadas e que apresentam várias adaptações (morfológicas, metabólicas e comportamentais) devido ao ambiente de estresse em que vivem. Os principais fatores que atuam nestas comunidades são a presença de uma lâmina d'água que varia espacial e temporalmente e os padrões de sedimentação. Sua produtividade é controlada pela amplitude das maré salinidade, grau de inundação, disponibilidade de nutrientes e temperatura. Entre as diversas funções, as marismas fornecem área de proteção, moradia, alimentação e berçário para uma infinidade de organismos; fornecem substrato para algas; suas raízes funcionam como barreira contra o avanço do mar, impedindo a erosão das margens; a alta produção de biomassa viva e de detritos influencia os ciclos dos macronutrientes (NPK) e de metais; serve como fertilizante e de forragem animal e também tem grande importância farmacológica. Em 1992 foi feita uma grande revisão

sobre as marismas, mostrando a escassez de informações, apesar das extensas áreas de linha de costa cobertas por estas formações. A maioria dos trabalhos é meramente descritiva, há poucos trabalhos experimentais e quantitativos e falta tratamento taxonômico adequado. O diagnóstico sugere a importância do mapeamento das áreas desses ecossistemas, do seu emprego como filtros biológicos, da sua capacidade de recuperação frente a impactos por petróleo. A maioria dos trabalhos foram realizados nas marismas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, áreas de maior ocorrência e de maior abrangência desses ecossistemas e os temas referem-se, principalmente, à produtividade, biomassa, influência do grau de alagamento e da salinidade sobre as comunidades; relações da vegetação com a macrofauna bêntica, principalmente, nos aspectos de distribuição, densidade e produtividade. O presente trabalho mostra que passada uma década desde a revisão, ainda existem, praticamente, as mesmas questões; por exemplo, ainda não se sabe a real extensão desses ecossistemas; pouquíssimos experimentos foram realizados. O estudo e o

monitoramento a longo prazo das marismas é muito importante. É urgente elaborar-se uma legislação específica para a sua preservação e conservação, tendo em vista o acelerado processo de degradação, principalmente, na região Sul pela atividade de carcinocultura.

Palavras chave: marismas, wetlands, banhados salgados

SUMMARY

Saltmarshes, litoral marginal wetlands, the “espartillares” as are known one of the most productive coastal ecosystems that are made of highly specialized species that show diverse adaptations (morphological, metabolic and of behaviour) due to the stressed environment where they live. The main factors that act upon these communities are the presence of water that varies in space and in time and the sedimentation patterns. Their productivity is controlled by tidal range, salinity, degree of inundation, nutrient availability and temperature. Among diverse functions, salt marshes furnish protection area, home, food and serve as a nursery to a great number of organisms; they are substrate for algae; their roots function as a barrier against sea erosion; high biomass and detritus production have influence upon macronutrient (NPK) and metals cycles; they serve as fertilizers and animal food and have great pharmacological importance. In 1992 a great review was done showing data missing, even though salt marshes cover great extension of coastal line. The majority of the papers are only descriptive, there are few experimental and quantitative works and a good taxonomic treatment is missing. The review suggests that mapping these areas is very important, as well as their use as biological filters; their capacity of recuperation after an oil spill. The main works were done in salt marshes of Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, areas of great occurrence and extension of these ecosystems and the subjects refers especially to productivity, biomass, flooding and salinity influence, upon communities; relationships of plant and macrobenthic fauna, mainly, the distribution, density and productivity aspects. This present review shows that after a decade, the same questions still remain open; as example, we still don't know the real extension of these ecosystems; rare

experiments were done. The study and monitoring in a long term way is very important. It is very urgent to elaborate an specific legislation for their preservation and conservation due to the accelerated degradation process, especially in the south region due to carcinoculture activity.

Keywords: saltmarshes, wetlands

“A tainha vem pastar no capim do mangue”

“O camarão vem se esconder e engordar no capim”

“De noite o peixe vai pro capim e se espalha, de dia ele se junta e vem pro fundo.

À noite o camarão vai pastar no capim do mangue e de dia ele se enterra..” (frases de pescadores)

Definições

Segundo Neiff (1999:93), os “wetlands”, áreas alagadas, “humedales” são sistemas de cobertura sub-regional nos quais a presença temporal de uma lâmina d'água de espessura variável (espacial e temporalmente) condiciona os fluxos biogeoquímicos próprios, solos com acentuado hidromorfismo e uma biota peculiar por processos de seleção, que tem padrões próprios em sua estrutura e dinâmica. Podem considerar-se como macrosistemas cuja complexidade cresce com a variabilidade hidrosedimentológica e a extensão geográfica ocupada. Este autor propõe uma tipificação de natureza fisiográfica e dinâmica que contempla como parâmetros principais o marco geomorfológico e a relação de alagamento com os sistemas vincula dos ao alagado, definindo como “Alagado marginal litoral” - área alagada periodicamente, vinculada em forma direta à costa marinha. A integração biótica está regulada principalmente por fatores de variabilidade estacional e nictimeral.

Para Cagnoni (1999:51-52), os “pantanos salgados”, banhados salgados, as marismas são ecossistemas costeiros cuja presença é determinada por processos físicos e cujas comunidades são constituídas por espécies altamente especializadas, baixo número de espécies e que apresentam adaptações fisiológicas, metabólicas e comportamentais frente ao estresse ambiental (físico e químico). Eles ocorrem nas regiões costeiras localizadas em latitudes médias e baixas, onde há uma suave declividade que facilita a inundação e a

colonização da vegetação e proteção contra a energia das ondas. Os banhados dominados pelo gênero *Spartina* são característicos de zona costeira temperada do hemisfério ocidental e entre os ecossistemas costeiros são os que apresentam a maior superfície.

Em Schaffer-Novelli (1999) marismas - são comunidades dominadas, principalmente, por vegetação herbácea perene ou “anual”, podendo estar ainda associada a alguns arbustos, contrastando com o manguezal que é dominado por espécies vegetais arbóreas (Costa e Davy, 1992). Nas latitudes tropicais marismas e manguezais podem coexistir, tanto em ambientes naturais quanto nos modificados pelo homem. A maioria das marismas é dominada por poucas ou por uma única espécie, servindo esta característica para denominar cada uma das comunidades. As espécies vegetais das marismas suportam temperaturas do ar e da água bem inferiores às suportadas pelas plantas típicas do manguezal, principalmente quando se trata de geadas, ou de temperaturas abaixo de 0°C e, da elevada frequência de recorrência desses eventos. As espécies vegetais das marismas dominam a zona costeira do entremarés das regiões temperadas, enquanto que nos trópicos e subtropicais elas tendem a se comportar como colonizando terrenos recém-depositados e pouco consolidados, ou onde as taxas de evapotranspiração são elevadas demais para as plantas de mangue. Marismas ocorrem, na América Latina, entre as latitudes de 32°N aos 52°S (Costa e Davy, 1992).

As marismas, segundo Panitz (1992), constituem um dos mais produtivos ecossistemas costeiros, principalmente, aquelas dominadas pela gramínea *Spartina*. Sua produtividade é controlada pela amplitude das marés, salinidade, grau de inundação, disponibilidade de nutrientes e temperatura que determina um ciclo sazonal no desenvolvimento das espécies da cobertura vegetal das marismas. À semelhança dos manguezais nas regiões tropicais, as marismas representam nas regiões temperadas importante fonte de nutrientes e de detritos para a cadeia alimentar, além de abrigo e substrato para inúmeras espécies animais de importância econômica e ecológica. A maioria das espécies vegetais das marismas da América Latina pertence a gêneros amplamente distribuídos pelas comunidades

halofíticas, representantes de um número relativamente reduzido de famílias (Costa e Davy, 1992).

Funções

Entres outras funções, as marismas fornecem área de proteção, moradia, alimentação e berçário para uma infinidade de organismos (Costa, 1997). As plantas também fornecem substrato para algas e epífitas responsáveis pela produtividade das águas estuarinas; a arquitetura da sua parte aérea e da densa rede de raízes funciona como barreira contra o avanço do mar, impedindo a erosão das margens (Davy e Costa, 1992) e as oscilações da biomassa aérea e subterrânea de *S. alterniflora* podem determinar alterações nas correntes tidais e no transporte de sedimentos (Kjerfve et al., 1991). A alta produção de biomassa viva e de detritos influencia os ciclos dos macronutrientes (NPK) e de metais (Hg, Pb, Cu). Muitos estudos sugerem que as marismas podem funcionar como armadilha de sedimentos e conseqüentemente de metais (Rosa, 2002).

Dentre as espécies das marismas, a gramínea *Spartina* é uma das mais abundantes, produtivas, servindo de fertilizante e de forragem animal e também tem grande importância farmacológica, pois, seu extrato pode ser utilizado como anti-inflamatório, tônico cardíaco, imunoestimulante, anticoagulante e outros e vem sendo processado sob a forma de vários produtos (Qin et al., 1998). Vários trabalhos enfatizam o grande potencial oxidativo de sua rizosfera, assim como a dinâmica das atividades microbiológicas nessa zona e sua eficiência na circulação de nutrientes (Mendelsohn, 1979).

Principais revisões

Em 1994, a FUNDESPA publicou o Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil que contemplou no volume VII as marismas e os principais aspectos abordados foram sobre estrutura, fauna e flora, função, produtividade, ciclagem de nutrientes e poluição por petróleo. A avaliação feita mostra a escassez de informações sobre as marismas, apesar das extensas áreas de linha de costa cobertas por estas formações. A maioria dos trabalhos é meramente descritiva, há poucos trabalhos experimentais e quantitativos e falta tratamento taxonômico adequado. O diagnóstico sugere a

importância do mapeamento das áreas desses ecossistemas, do seu emprego como filtros biológicos, da sua capacidade de recuperação frente a impactos por petróleo.

Em 1998 foi realizada em Águas de São Pedro, SP a 6ª Conferência Internacional dos Wetlands para o controle da poluição das águas, onde foram discutidos os aspectos gerais, os principais processos de wetlands artificiais, os wetlands naturais, os designs dos wetlands, os problemas hidráulicos, os sistemas combinados de wetlands, a ecologia microbiológica, o papel das plantas aquáticas, o tratamento de efluentes da agricultura, dos domésticos e industriais.

Uma revisão sobre as comunidades costeiras de marismas da América Latina foi feita por Costa e David (1992: 169-199), onde foram abordados os padrões de distribuição em termos de respostas estruturais e ecofisiológicas das espécies às variações dos principais parâmetros ambientais e que sintetizamos a seguir.

Estas comunidades se desenvolvem em áreas intertidais de costas progradadas e protegidas e a sua distribuição é principalmente afetada pelas principais correntes oceanográficas quentes e frias. Quando ocorrem associadas aos manguezais, as marismas se restringem às formações pioneiras no bordo do mar, à clareiras naturais ou às resultantes de distúrbios naturais (tempestades tropicais, tufões) e dos resultantes das atividades antrópicas ou às praias de estuários ou aos canais de marés. Geralmente, essas comunidades são dominadas por uma ou poucas espécies e chegam a ser bem desenvolvidas em vários estados do Brasil, apresentando-se como cinturões com mais de 20 metros de raio (ES, SP, SC). Os autores apresentam uma lista dos principais taxa da América do Sul, incluindo as famílias ao longo dos 32°N aos 52°S, onde o clima é o

principal fator e este varia com a latitude e estes autores dividiram as marismas em 6 grupos geograficamente distintos (espécies do norte tropical da América Latina, do sul das zonas temperadas e subtropicais; do hemisfério norte e no golfo do México e na península da Califórnia; espécies tropicais; espécies de água salobra das latitudes médias; espécies de alta latitude (acima de 40°S) e na costa pacífica do Chile. Os autores chamam a atenção para a escassez

de dados, a maioria dos trabalhos são descritivos, existe a falta de um tratamento taxonômico consistente e que esses ecossistemas estão ameaçados pelo desenvolvimento urbano, industrial e finalizam colocando que a proteção dos mesmos só pode ser feita se soubermos o que realmente se está perdendo e o por quê da sua importância!

As marismas do Rio Grande do Sul

Davy e Costa (1992) analisaram o desenvolvimento e a organização das comunidades de marismas quanto aos aspectos do alagamento, competição, estruturação, gradientes ambientais. As marismas ocupam uma área em torno de 70km² no estuário da Lagoa dos Patos, RS, sendo que as gramíneas *Spartina densiflora* Brongn. e *S. alterniflora* Lois., as ciperáceas *Scirpus maritimus* L e *S. olney* A. Gray e a juncácea *Juncus effusus* L. cobrem cerca de 50% da superfície das marismas. A estimativa anual da Produção Primária Líquida Aérea (PPLA) para *Juncus effusus* foi de 4730,6gPS.m⁻² e para a comunidade de marisma raramente alagada foi de 4900,1gPS.m⁻², sendo que as espécies associadas contribuíram com 3,5% da PPLA anual total.

A maior parte da produção da marisma raramente alagada parece ser utilizada *in situ* por microorganismos e invertebrados (Gaona et al., 1996). Brepohl et al. (1996) analisaram e avaliaram a variação da biomassa microbiana durante a degradação da macrófita *Scirpus maritimus* var. *macrostachyus* (Lam) Mich. Costa et al (1997) analisaram e avaliaram a distribuição, funções e valores das marismas e pradarias submersas no estuário da Lagoa dos Patos. Seeliger e Costa (1997a) avaliaram os impactos humanos e os naturais sobre as marismas, considerando as mudanças globais. Costa (1997b) abordou as marismas marginais irregularmente alagadas quanto a influência da heterogeneidade ambiental e a previsibilidade temporal. Costa (1997c) abordou os banhados tidais e as associações vegetais e flora. Costa (1998) determinou a produção de *Scirpus maritimus*. Oliveira (1997) realizou um mapeamento e tipificação das marismas no estuário da Lagoa dos Patos, sendo que 95% da área se concentra na margem oeste do estuário devido às condições mais favoráveis de sedimentação, identificando 25 unidades geograficamente distintas.

Cerca de 0,5km² das marismas apresentam estruturas antropogênicas como aterros de acesso ao estuário utilizados por agricultores e pescadores e estradas e que podem causar sérias alterações na estrutura funcional das marismas. As marismas constituem-se em importantes áreas de habitats para organismos aquáticos somando uma área de 2,25km².

Esses ecossistemas foram novamente abordados em 1998 no livro “Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil” (U.Seeliger; C. Odebrecht e J.P. Castello (eds), onde são reportadas aproximadamente 70 espécies no estuário inferior da Lagoa dos Patos e essas são alagadas por águas salobras e mostram preferências específicas em relação à topografia. Seis comunidades vegetais distintas podem ser caracterizadas, em função de um gradiente vertical de inundação (frequentemente e esporadicamente inundadas), de um gradiente horizontal de salinidade (oligohalinas e euhalinas) e presença de espécies indicadoras (cianófitas e nitrófilas).

Seeliger et al. (1998) abordaram o fluxo de energia no estuário da lagoa dos Patos, onde as marismas, cianobactérias e macroalgas bentônicas contribuem com 86% do carbono orgânico boa parte da produção é reciclada *in situ*, afetando de forma acentuada os consumidores do estuário (macro e meiofauna). Costa (1998) analisou as marismas irregularmente inundadas as quais apresentam uma grande variedade fisiográfica o que se reflete na salinidade, onde as condições variam de euhalinas a hipersalinas no verão. Devido aos diferentes padrões de alagamento, as espécies dominantes como *Spartina densiflora* atuam como importantes agentes geomorfológicos, pois, através da sua arquitetura, ocorre deposição de sedimentos finos e redução da erosão pela sua densa rede de raízes o que modifica os padrões de drenagem e a fisiografia local e proporciona condições favoráveis para uma variada fauna e flora. As marismas podem degradar os detritos *in situ* ou exportá-los, sendo esses processos muito variáveis, dependendo do grau de inundação. A fauna das marismas também é influenciada por estes fatores, sendo comum a presença de organismos terrestres quando estas estão pouco alagadas.

Entre os organismos, os caranguejos são os mais estudados como o *Chasmagnathus granulata* que é um cavador onívoro de marismas baixas e o

Metasesarma rubripes que é herbívoro e se esconde nas raízes e copas das plantas, sendo importantes na reciclagem de matéria orgânica nas marismas. O tipo do substrato também varia nas marismas (silte-argila) o que influencia a composição da infauna e atrai os organismos do estuário durante os períodos de alagamento. A fauna associada às marismas se constitui em importante recurso alimentar para juvenis de peixes e de aves do estuário. Montagnolli (1999) analisou os teores de alguns metais pesados em *S. alterniflora* e encontrou concentrações ligeiramente elevadas de Cu, Zn e Ni. Rosa (2002) analisou a concentração de metais pesados na biota e nos sedimentos do estuário da Lagoa dos Patos e constatou que não existe nenhum enriquecimento efetivo de metais pesados em seus tecidos e que a espécie sofre a influência da sazonalidade, com a tendência de acúmulo de metais nas folhas, principalmente durante o inverno.

Vários trabalhos foram apresentados na forma de resumos congressos, simpósios, abordando aspectos como a evolução ao longo de 50 anos de estruturas biogênicas de marismas no sul do Brasil: Ilha da Pólvora (Rio Grande, RS); o mapeamento digital da paisagem das marismas do Ecomuseu da Ilha da Pólvora (Rio Grande, RS); o impacto ambiental do asfaltamento da BR101 sobre as marismas de São José do Norte (RS, Brasil); o estado atual e efeitos potenciais; a função das marismas na qualidade ambiental costeira; os efeitos dos impactos ambientais como as atividades portuárias, dragagens sobre as marismas do estuário e lagoa dos Patos e Mirim.

As marismas de Santa Catarina

Em Santa Catarina, os poucos trabalhos realizados abordaram os aspectos de ocorrência, distribuição e mais especificamente, produtividade, ciclagem, bioacumulação (Soriano-Sierra,1990; Panitz, 1992; Masutti e Panitz, 2000). Atualmente, a Universidade Federal de Santa Catarina vem desenvolvendo pesquisas onde *Spartina alterniflora* está sendo empregada para o tratamento de efluentes dos tanques de cultivo de camarão e dos dejetos de suínos e do chorume dos aterros sanitários e de lixões desativados.

Na Lagoa da Conceição, ilha de Santa Catarina, o papel das marismas como biótopos, criadouros e suas

fitocenoses foram abordados, sendo que elas ocupam 15,76% das suas bordas e as espécies dominantes são *Scirpus americanus*, *Spartina densiflora* e *S. alterniflora*. As formas juvenis de migrantes Mugilídeos, Portunídeos e Pernaídeos utilizam as marismas, assim como as espécies sedentárias como *Anomalocardia brasiliana*, *Neritinea virginea* entre os moluscos e *Uca guayensis* e *Chasmagnatus granulata* entre os crustáceos.

Em termos de produtividade foi estimada para *S. americanus* 1,75 toneladas de biomassa total seca por ano e para *Spartina* 1,08 toneladas, considerando a área total de cobertura das marismas (Soriano-Sierra, 1990).

No manguezal do rio Itacorubi, as marismas ocupam uma área de 364400m², ocorrendo como um cinturão de cerca de 20m de raio na zona frontal e ao longo do rio. A espécie dominante é *S. alterniflora*, sendo que a ocorrência de *S. densiflora* não foi mais registrada no manguezal, provavelmente, devido às alterações do substrato e da hidrodinâmica. Uma biomassa média anual de 1580 gPS.m⁻² foi determinada num período de 3 anos, sendo a relação entre biomassa aérea e subterrânea de 1,66; a biomassa viva contribuiu mais do que a morta, mostrando a alta taxa de turnover da gramínea; os detritos contribuem com 26% da biomassa total o que mostra a importância da gramínea como fonte de energia para o sistema costeiro estuarino; uma maior contribuição de biomassa morta foi registrada no final do inverno. A composição química o valor nutritivo e a cinética de decomposição da gramínea foram avaliados por Panitz (1986, 1992).

Masutti (1999) avaliando o papel do manguezal do rio Itacorubi como uma barreira biogeoquímica concluiu que a gramínea *S. alterniflora* se constitui num importante transportador e reciclador de metais no manguezal, devido a sua alta produtividade e às concentrações relativamente altas de metais que pode bioacumular nas áreas mais degradadas. Ela também tem potencial de ser utilizada como bioindicador, pois, reflete tanto a biodisponibilidade dos metais, principalmente, para Cd, Mn e Ni do sedimento como a bioacumulação, de maior significado toxicológico.

A principal via de assimilação de metais na gramínea se dá através do sistema de raízes, onde tende a

acumular maiores concentrações, com possível translocação subsequente para as partes aéreas. Ela também pode ser uma importante fonte de metais para o caranguejo *C. granulata* que se alimenta de seus detritos. Um aumento de 4x no teor de Cd foi registrado em relação a 1992; para o Cu o aumento é em torno de 10 e 20 vezes em relação a 1984; para Mn não houve alterações significativas e para o Pb houve um decréscimo. A contribuição anual da biomassa de *S. alterniflora* para a ciclagem de metais no manguezal do Itacorubi considerando-se a área ocupada (364400m²) e a biomassa média anual (Panitz, 1992), assim como a do caranguejo *C. granulata* foram avaliadas por Masutti (1999) e Masutti e Panitz (2000), (tabela 01).

Elemento	<i>Spartina</i> (PA)	<i>Spartina</i> (PS)	<i>C.granulata</i>
Cd	6,51	26,87	0,99
Cu	107,28	292,99	229,72
Mn	579,87	1848,08	542,89
Ni	49,53	168,95	10,25
Pb	54,70	179,66	12,75

PA= parte aérea; PS=parte subterrânea

Tabela 01: Contribuição anual da biomassa de *S. alterniflora* (kg.ano.⁻¹) e de *C. granulata* (g) para a ciclagem de metais no manguezal do Itacorubi (Florianópolis, SC). (Masutti e Panitz, 2000).

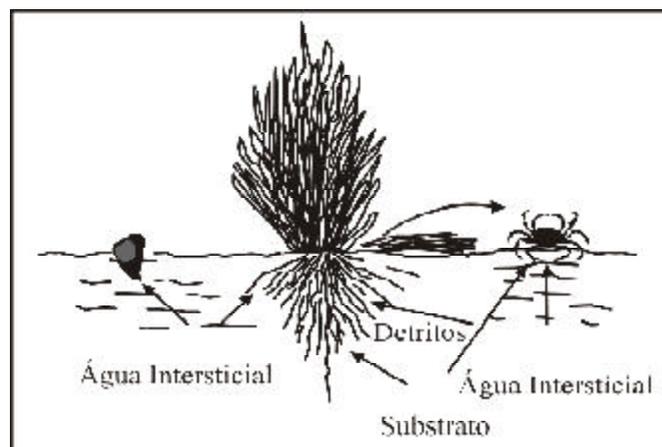


Figura 01: Principais vias de ingestão de metais pelos compartimentos bióticos do manguezal do Itacorubi (Masutti, 1999).

Marismas do Paraná

No Paraná, as marismas foram mais estudadas em relação às interações com a macrofauna, principalmente, na baía de Paranaguá por Lana e Guiss (1991, 1992) que concluíram que a abundância da infauna é bastante afetada pela biomassa subterrânea da planta e que o input de detritos e a pressão de predação é fundamental na estruturação dessa comunidade. A fauna de invertebrados nas marismas também tem sua composição, abundância e persistência determinadas pela dinâmica da biomassa aérea e subterrânea de *S. alterniflora*. Em termos de produtividade, Lana et al. (1991) estimaram para uma marisma de *S. alterniflora* na baía de Paranaguá, valores de 172,48 g/m² para o final do verão e 569,21 g/m² para o final de primavera, sendo que a biomassa viva da parte aérea foi maior do que a biomassa morta, variando de 51 g/m² no inverno a 116 g/m² no verão.

Lana e Guiss (1991), Netto e Lana (1994, 1997 a, b) constaram que a densidade do macrobentos se correlaciona significativamente com a biomassa vegetal aérea viva e morta da sub-superfície. Lana e Guiss (1992) sugerem que a abundância dos poliquetas *Isolda pulchella* e *Nereis oligohalina* está correlacionada com a maior disponibilidade de biomassa subterrânea de *S. alterniflora*.

Bonett et al. (1994) avaliaram a influência de *S. alterniflora* sobre a distribuição e densidade de *Neritina virginea* (Gastropoda, Neritidae) na baía de Paranaguá. Blankensteyn (1994) associou a composição específica da macrofauna benthica à presença física da gramínea *S. alterniflora* em uma marisma do setor euhalino da baía. Netto e Lana (1995, 1996) relacionaram a zonação e estratificação da macrofauna benthica em um banco areno-lodoso do setor euhalino de alta energia da baía de Paranaguá com as marismas.

Lana et al. (1997) relacionaram a distribuição e abundância dos poliquetas com as marismas na baía de Paranaguá. Netto e Lana (1997) sugerem que *S. alterniflora* é a principal fonte de heterogeneidade dos sedimentos entre locais vegetados e não vegetados. O caule e as folhas da gramínea aumentam a disponibilidade de substrato e reduzem a atividade dos macropredadores. As raízes e rizomas também proporcionam refúgio ou suporte físico para construtores de tubos, afetando as características

físico-químicas dos sedimentos. O papel dos componentes aéreos e subterrâneos de *S. alterniflora* e a biomassa de detritos na estruturação das associações macrobênticas da baía de Paranaguá foi estudado por Netto e Lana (1999). Pagliosa e Lana (2000) relacionam a dinâmica de população e a produção secundária de *Nereis oligohalina* (Polychaeta, Nereididae) com as marismas.

As marismas do complexo estuarino subtropical da baía de Paranaguá foram descritas por Lana et al. (2000). Brogim (2001) analisou a variabilidade espaço-temporal da macroinfauna benthica de manguezais das baías de Paranaguá e Antonina, Paraná e constatou que a vegetação é uma ativa estruturadora das propriedades físicas e químicas dos sedimentos locais.

Marismas de Pernambuco

O trecho descrito abaixo é de Barros et al. (2000) e os estudos foram realizados no Canal de Santa Cruz, Recife, Pernambuco. A presença de vastas áreas de manguezais, prados de fanerógamas e inúmeras espécies de algas (macro e micro) traduzem uma alta diversidade de espécies vegetais, já sendo reconhecidas cerca de 314 espécies, distribuídas entre quatro espécies de mangue, quatro fanerógamas marinhas, 113 espécies de algas bentônicas e 192 espécies de microalgas, estando a distribuição dessas espécies diretamente relacionada com os padrões de circulação, transparência da água e salinidade.

As funções ecológicas dos manguezais e dos prados marinhos tornam necessárias e urgentes ações formais de proteção, para que não venham a degradar-se irreversivelmente, ao ponto de afetar a produção e manutenção da pesca artesanal de peixes, crustáceos e moluscos, recursos econômicos básicos dos municípios adjacentes ao Canal de Santa Cruz. A ruptura do equilíbrio ainda existente entre os manguezais/prados marinhos e a área costeira, representará graves prejuízos para a economia local, uma vez que o pescado do Canal de Santa Cruz representa cerca de 50% da pesca artesanal de todo o Estado de Pernambuco.

Felizmente, de uma maneira geral, o estado de conservação dos manguezais e prados marinhos adjacentes ao Canal ainda pode ser considerado bom, apesar da extração de madeira do mangue,

confirmando a hipótese de que os manguezais podem suportar algum nível de utilização. Por outro lado, tanto os manguezais como os prados marinhos são ecossistemas vulneráveis e podem estar em perigo, principalmente pela ação antrópica representada por: a) a expansão urbana, aterrando áreas de mangues; b) os despejos urbanos e domésticos na orla costeira e no Canal de Santa Cruz que podem introduzir nutrientes e causar danos aos prados marinhos; c) a retirada desordenada de saibro para construções na Ilha de Itamaracá, deixando grandes áreas desprotegidas.

Nada se conhece sobre a taxa de sobrevivência dos prados marinhos existentes no litoral de Pernambuco. Entretanto, a literatura relativa a prados de outros países, revela que esse tipo de vegetação é muito mais sensível que os manguezais e não suporta, por exemplo, a adição de nutrientes provenientes da poluição orgânica. Nesse caso, é essencial que seja mantido o intercâmbio manguezal/prado marinho, pois, o manguezal funciona com filtro de proteção dos prados.

Além de representar uma fonte inesgotável de energia, a flora também é vital como substrato e habitat para uma complexa macro e micro fauna associada, que inclui organismos aquáticos, terrestres e aéreos, entre os quais destacam-se por sua magnitude e complexidade, as comunidades de peixes e crustáceos, registrando-se, inclusive, espécies raras ou em perigo de extinção. Essa alta diversidade faunística está representada por cerca de 564 espécies, constituídas por 134 moluscos, 161 crustáceos, 140 peixes, 71 aves, 57 zooplanctontes e uma espécie rara e protegida de mamífero marinho, o peixe-boi *Trichechus manatus*. Os peixes são os organismos comercialmente mais importantes no Canal de Santa Cruz e seus representantes são, na maioria, marinhos eurialinos, embora ocorram eventualmente representantes de água doce e estuarinos, significando uma grande interdependência com as diversas áreas adjacentes. Várias espécies que ocorrem no Canal são objeto de intensa pescaria, destacando-se aquelas pertencentes às famílias Mugilidae, Clupeidae e Engaulidae, entre outras, que contribuem em cerca de 60% para pesca total.

As faunas carcinológicas e malacológicas também são bastante diversificadas e estão diretamente relacionadas aos diversos tipos de fundo, aos regimes de salinidade e aos vários tipos de substratos vegetais, ocorrendo espécies tipicamente marinhas que penetram no Canal para desovar, como diversas espécies de camarão *Penaeus*, além de espécies de água doce, que também sobem o Canal com igual finalidade. Os manguezais e os prados marinhos também abrigam faunas específicas, onde se destacam várias espécies de importância econômica. A confirmação da existência de espécies marinhas e estuarinas de vários grupos animais reafirma a importância do Canal de Santa Cruz como habitat e reforça sua função exportadora, não só de elementos inorgânicos e orgânicos vegetais, como também de uma complexa comunidade faunística, para a qual o Canal representa amplas possibilidades de alimentação, reprodução, maturação e proteção.

Tudo isso, confere ao Canal um especial interesse para os aspectos relacionados com a preservação de diversos recursos pesqueiros marinhos existentes no litoral norte do Estado de Pernambuco. Muitos desses animais são considerados de importância econômica e chegam a sustentar um esforço de pesca representado por cerca de 400 barcos. Cerca de 1600 pessoas vivem exclusivamente da pesca e comercializam seus produtos em feiras, pequenos mercados e diretamente nas praias.

Pelo que acima foi comentado, pode-se concluir que, no planejamento do uso e proteção dos ecossistemas e dos seus recursos, é fundamental levar em consideração os efeitos diretos e indiretos de qualquer atividade sobre os sistemas adjacentes. Não se deve desenvolver ações de manejo para um recurso pesqueiro específico, uma população urbana ou uma atividade industrial dominante, mas sim, desenvolver ações de manejo em função do ecossistema integrado. Esta é a posição que se deve tomar em relação ao dinâmico ecossistema do Canal de Santa Cruz, para que seja mantida sua estabilidade ecológica e suas interdependências.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostra que passada uma década desde uma das maiores revisões (1992) ainda

existem, praticamente, as mesmas questões; por exemplo, ainda não se sabe a real extensão desses ecossistemas; pouquíssimos experimentos foram realizados.

Ainda hoje se discute o tema – se as marismas deveriam ser consideradas como manguezais ou como apenas ecossistemas associados aos manguezais! Caso elas sejam consideradas pelo CONAMA como manguezais, elas serão protegidas pelas mesmas leis, pois, em toda a sua extensão, os diplomas legais em vigor dispensariam o estabelecimento formal de unidades de conservação, uma vez que o ecossistema é considerado de preservação permanente (artigo 2º, Lei federal Nº 4.771, 15.09.65) e como Reserva Ecológica, “em toda a sua extensão” (artigos 1º e 3º, Resolução CONAMA Nº 004, 18.09.85). No caso do manguezal, como a Zona Costeira é considerada Patrimônio Nacional (artigo 225 § 4º, Constituição Federal, 05.10.88), tendo assegurada sua preservação, conclui-se que bastaria vontade política para o cumprimento da lei para garantir a conservação e o uso racional dos recursos naturais (Schaeffer-Novelli, 1999).

Sendo “wetlands” elas são protegidas por legislação internacional (Convenção de RAMSAR, 1971). Caso contrário, é urgente elaborar-se uma legislação específica para a sua preservação e conservação, tendo em vista o acelerado processo de degradação, principalmente, na região Sul pela atividade de carcinocultura e em outros estados como na região de Campos, Macaé (RJ) e no RS onde algumas espécies são utilizadas para confecção de artesanato, ou então pela pior forma de todas, o aterro para construções civis ou industriais que é irreversível.

O estudo e o monitoramento a longo prazo das marismas é muito importante, pois, nas regiões Sudeste e Sul, um pequeno aumento do nível médio do mar seria suficiente para acarretar mudanças na zonação desse ecossistema, até sua total eliminação (Schaeffer-Novelli *et al.*; 1999).

Segundo Costa e Davy (1992), há urgência de experimentos sobre as comunidades vegetais das marismas e de suas relações com a diversidade de ambientes onde ocorrem. Um dos maiores entraves ao levantamento das comunidades de marismas é a falta de um tratamento taxonômico consistente para

toda a América Latina. Vários são os casos em que não se sabe ao certo se uma determinada espécie é endêmica ou, se é apenas uma variante à qual foi dado outro nome.

Schaeffer-Novelli (1999) faz uma série de recomendações para a conservação, manejo e desenvolvimento sustentável dos ecossistemas costeiros e que deveriam, com a maior urgência, serem realmente consideradas e colocadas em prática.

BIBLIOGRAFIA

- BARROS, H. M. de; LEÇA, E. E.; PARANAGUÁ, M. M. 2000. Gestão comunitária de recursos naturais: Ampliando competências locais para o tratamento sustentável da questão litorânea no Nordeste. *Anais do Mangrove 2000. Sustentabilidade de Estuários e Manguezais: Desafios e Perspectivas*. CD-Room

- BLANKENSTEYN, A. 1994. *Estrutura e análise experimental do funcionamento das associações da macrofauna bêntica do manguezal e marisma da Gamboa Perequê, Pontal do Sul, PR, Curitiba*. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Paraná.

- BONETT, B.R.P.; LANA, P.C. e GUISS, C. 1994. Influência da gramínea *Spartina alterniflora* sobre a distribuição e densidade de *Neritina virginea* (Gastropoda, Neritidae) em marismas da baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). *Neritica* 8(1/2):99-108.

- BREPOHL, D. C.; ABREU, P. C., ANÉSIO, A. M. B. e COSTA, C. S. B. 1996. Variação da biomassa microbiana durante a degradação da macrófita *Scirpus maritimus* var. *macrostachyus* (Lam) Mich. *Atlântica* (Rio Grande), 18:13-26. Rio Grande (RS).

- BROGIM, R. A. 2001. *Variabilidade espaço-temporal da macroinfauna bêntica de manguezais das baías de Paranaguá e Antonina (Paraná, Brasil)*. Tese de Doutorado (Curso de Pós-Graduação em Ciências biológicas – Zoologia, Universidade Federal do Paraná). 121p.

- CAGNONI, M. 1999. Espartillares de la Costa Bonaerense de La Republica Argentina. Um caso de Humedales costeros. Pp. 51-56 in Alvarez, A. I. (ed). *Temas sobre humedales subtropicales e templados de Sudamérica*. Editora Universidad de Buenos Aires. UNESCO.

- COSTA, C. S. B., SEELIGER, U. e CORDAZZO, C. V. 1991. Leaf demography and decline of *Panicum racemosum* populations in coastal foredunes of Southern Brazil. *Canadian Journal of Botany*, 69:1593-1599. Canada.
- COSTA, C. S. B. e FIDELMAN, P. I. J. 1997. Análise dos métodos para cálculo de produção primária líquida (PPL) em marismas dominadas por *Scirpus maritimus*. In Anais do VII Congresso Nordestino de Ecologia, Ilhéus (BA), 1997, 1:216-217, Ilhéus (BA). Editus Editora.
- COSTA, C. S. B. 1997a. Irregularly Flooded Marginal Marshes. Pp. 73-77 in Seeliger, U., C. Odebrecht, and J.P. Castello (eds). *Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin (Alemanha).
- COSTA, C. S. B. 1997b. Tidal Marsh And Wetland Plants. Pp. 24-26 in Seeliger, U., C. Odebrecht, and J.P. Castello (eds). *Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin (Alemanha).
- COSTA, C.S.B. e ABREU, P. C. 1997. Primary Production Cycles. Pp. 65-70 in Seeliger, U., O. C. e J.P. Castello (eds). *Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, .
- COSTA, C. S. B.; SEELIGER U.; OLIVEIRA, C. P. L., e MAZO, A. M. M. 1997. Distribuição, funções e valores das marismas e pradarias submersas no estuário da Lagoa dos Patos RS, Brasil). *Atlântica* (Rio Grande), 19:65-83. Rio Grande (RS).
- COSTA, C. S. B. 1998. Production ecology of *Scirpus maritimus* in southern Brazil. *Ciência e Cultura* (SBPC), nº. 4, 50:273-280. São Paulo (SP).
- COSTA, C. S. B. 1998a. Marismas Irregularmente Alagadas. Pp. 82-87 in Seeliger, U., C. Odebrecht, and J.P. Castello (eds), Rio Grande (RS). *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Editora Ecocientia.
- COSTA, C. S. B. 1998b. Plantas de Marismas e Terras Alagáveis. Pp. 25-29 in Seeliger, U., C. Odebrecht, and J.P. Castello (eds), Rio Grande (RS). *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Editora Ecocientia.
- COSTA, C.S.B., SEELIGER, U e CORDAZZO, C. V. 1991. Leaf demography and decline of *Panicum racemosum* populations in coastal foredunes of Southern Brazil. *Canadian Journal of Botany*, 69:1593-1599. Canada.
- DAVY, A. J. e COSTA, C. S. B. 1992. Development and organization of saltmarsh communities. Pp. 157-177 in Seeliger, U. (ed) *Coastal plant communities of Latin America*. Academic Press, New York.
- GAONA, C. A. P.; PEIXOTO, A. R. e COSTA, C. S. B. 1996. Produção Primária de Uma Marisma Raramente Alagada Dominada por *Juncus effusus* L., no Extremo Sul do Brasil. *Atlântica* (Rio Grande), 18:43-54. Rio Grande (RS).
- LANA, P.C. e GUISS, C. 1991. Influence of *Spartina alterniflora* on the structure and temporal variability of macrobenthic associations in a tidal flat of Paranaguá Bay (Southeastern Brazil). *Marine Ecology (Prog. Ser.)*. 73:231-244.
- LANA, P.C. e GUISS, C. 1992. Macrofauna-plant biomass interactions in a euhaline salt marsh of Paranaguá Bay (Se Brazil). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 80:57-64
- LANA, P.C.; MARONE, E., LOPES, R.M. e MACHADO, E. 2000. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. In Seeliger, U., Lacerda, L.D. e Kjerfve, B. (eds). *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Springer-Verlag
- MARANGONI, J.C. 2001. *Interações competitivas e habilidade colonizadora das plantas dominantes de uma marisma irregularmente inundada no estuário da Lagoa dos Patos*. (RS, Brasil). Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica), Universidade do Rio Grande).
- MASUTTI, M.B. 1999. *O manguezal do Itacorubi como barreira biogeoquímica: Um estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 196p.
- MASUTTI, M. B. e PANITZ, C.M.N. 2000. Variação temporal no teor de metais traço e contribuição anual da biomassa de *Spartina alterniflora* (Loiseleur, 1807) para a ciclagem de metais no manguezal do Itacorubi, Florianópolis, SC. In: V simpósio de Ecossistemas brasileiros: conservação, Vitória, ES. *ACIESP* nº 109-II: 311-318.
- MENDELSSOHN, I.A. e Michael, T.P. 1992. Elemental analysis of deposit on the roots of *Spartina alterniflora* Loisel. *Amer. J. Bot.* 69 (6).p. 904-912.

- MONTAGNOLLI, W. 1999. *Teor de Metais Pesados (Cu, Pb, Ni, Zn, Fe, Cr, Mn) em Spartina alterniflora do Estuário da Lagoa dos Patos*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanologia), Universidade do Rio Grande.
- NETTO, S.A. e LANA, P. C. 1997. Intertidal zonation of benthic macrofauna en a subtropical salt marsh and nearby unvegetated flat (SE, Brazil). *Hydrobiologia*, 353: 171-180.
- NETTO, S. A. e LANA, P.C. 1997a. Influence of *Spartina alterniflora* on superficial sediment characteristics of tidal flats in Paranaguá Bay (Se Brazil). *Est. Coastal Shelf Sci.* 44: 641-648.
- NETTO, S. A e LANA, p.c. 1999. The role of above and below-ground components of *Spartina alterniflora* (Loisel) and detritus biomass in structuring macrobenthic associations of Paranaguá Bay (SE Brazil). *Hydrobiologia* 400:167-177.
- OLIVEIRA, C.P.L. 1996. *Mapeamento e Tipologia das Marismas do Estuário da Lagoa dos Patos (RS)*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanologia), Universidade do Rio Grande.
- PAGLIOSA, P.R. e LANA, p.c. 2000. Population dynamics and secondary production of *Nereis oligohalina* (Polychaeta, Nereididae) in a subtropical marsh of SE Brazil. *Bulletin of Marine Science* 67(1).
- PANITZ, C.M.N. 1986. *Produção e decomposição de serrapilheira no mangue do Itacorubi, Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (27°35'S -48° 31' W)*. Tese de Doutorado. PPG-ERN, Departamento de Ciências Biológicas, UFSCar. São Carlos, 601p.
- PANITZ, C.M.N. 1992. Ecological aspects of a saltmarsh ecosystems in Santa Catarina Island, Brazil. Pp. 213-230 in SEELIGER, U. (ed). *Coastal Plant Communities of Latin America and Africa*, Academic Press, New York.
- QIN, P.; XIE, M. e JIANG, Y. 1998. *Spartina* green food ecological engineering. *Ecol. Engineering*, 11. p.147-156.
- ROSA, M. de L. 2002. *Concentração de metais pesados na biota e sedimentos do estuário da Lagoa dos Patos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica, Fundação Universidade de Rio Grande, Rio Grande,RS. 256p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1999. *Relatório BDT - Base de Dados Tropical*. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO. Programa Nacional da Biodiversidade – PRONABIO. 56p.
- SEELIGER, U. e COSTA, C. S. B. 1997. Human And Natural Impacts. Pp. 197-203 in Seeliger, U., Odebrecht, C. e Castello, J.P. (eds). *Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. Springer-Verlag. Berlin (Alemanha).
- SEELIGER, U. e COSTA, C. S. B. 1998. Impactos Naturais e Humanos. Pp. , 219-226 in Seeliger, U., C. Odebrecht, e J. P. Castello (eds). *Os Ecossistemas Costeiro Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Editora Ecoscientia, Rio Grande (RS).
- SEELIGER, U., COSTA, C. S. B. e ABREU, P. C. 1998. Ciclos de Produção Primária. Pp. 73-78 in Seeliger, U., C. Odebrecht e J.P. Castello (eds). *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil* . Editora Ecoscientia. Rio Grande. Springer-Verlag.

SISTEMA DE PLANÍCIES ALUVIAIS-CRUMÁI (SISPAI) (BA, BRASIL): ESTADO ATUAL E PERSPECTIVAS DE CONSERVAÇÃO

FLOODPLAIN SYSTEMS FROM THE ITAPICURU-CRUMÁI SYSTEM CONDE (BAHÍA BRAZIL).
PRESENT STATE AND CONSERVATION PERSPECTIVES

Eduardo Mendes da Silva - E-mail: dasilva@ufba.br
Leonardo Marques Pacheco - E-mail: leomp@hotmail.com
Gil André Ramos - E-mail: gil@windesign.com.br
Ana Maria Rocha de Almeida - E-mail: anagaivota@hotmail.com
Maurício Rocha de Almeida - E-mail: mmalmeida@hotmail.com

Instituto de Biologia - Universidade Federal da Bahia - Campus Universitário de Ondina
41210-170 Salvador-BA, Brasil

RESUMO

As planícies aluviais do Município do Conde (Bahia, Brasil) apresentam uma alta diversidade de formas e podem ser consideradas as mais peculiares de um longo cordão de zonas úmidas de todo o Litoral Norte do Estado. O Rio Crumái e a porção inferior do Rio Itapicuru formam estas extensas planícies aluviais, onde manguezais, planícies de inundação, lagoas costeiras e florestas inundadas são encontradas. A vegetação arbórea e macrófitas aquáticas são paisagens frequentes. A pesca e a extração de madeira são alguns dos muitos produtos oferecidos por estas zonas úmidas. Com relação à pesca, o camarão é o item de maior importância, além de peixes e do caranguejo-do-mangue. A interrupção do fluxo natural das águas, com a construção de estradas perpendiculares à linha de costa é um dos maiores distúrbios destes recursos. Esta atividade facilita a drenagem de áreas periféricas para o uso em pecuária. Apesar da existência de um plano de manejo, o mesmo ainda não entrou em execução. Os maiores problemas em torno da conservação destes recursos naturais estão associados à razões históricas e ao total

desconhecimento por parte das autoridades e da população dos valores inerentes às zonas úmidas. Faz-se necessário que as autoridades sejam alertadas para este fato, e que os diversos atores envolvidos com estes ecossistemas (população local, autoridades, cientistas, representantes do terceiro setor) possam decidir formas mais efetivas de proteção dos mesmos.

Palabras chave: Planícies de inundación, Itapicuru-Crumái, Conde, Humedales y conservación

SUMMARY

The Conde (BA, Brazil) floodplains present a high diversity of shapes and may be considered as the most peculiar of the long series of wetlands in the Northern Littoral Region. The Crumai River, along with the lower reaches of the Itapicuru River, forms extensive floodplains, where mangroves, coastal and alluvial plains, flooded forests and marshes are found. Trees and thick macrophytes mats are frequent in the landscape. The wetlands provide the local population with shellfish and timber, which they can extract. In relation to shellfish, prawns represent the most important item, followed by fish and mangrove crabs.

The interruption of the natural flow of water due to the constructions of perpendicular roads to reach the beach is one of the most important disturbances. This activity has immediate consequences also in other negative issues: cattle can then be raised more easily and the land can also be drained without much effort. In spite of the efforts of environmental officers to produce an environmental management plan, this has not been implemented yet due to lack of official interest. The major reasons why wise use goals can not be established in the region are related to historical, political and educational factors, as wetlands are seen as unprofitable environments. It is necessary to notify environmental authorities of the importance of wetlands, so the population, the scientists and representatives of the third sector, can establish and reach feasible goals for the conservation of such wetlands.

Key Words: Floodplains, Itapicuru-Crumbaí, Conde, wetlands and conservation

INTRODUÇÃO

Desde os anos da colonização, o vínculo e a relação do ser humano com a terra vêm sofrendo modificações, que, preponderantemente têm alterado os padrões tradicionais de uso da terra, mudando suas características predominantes, no intuito de suprir necessidades imediatas, interferindo nos processos biológicos e influenciando, de forma negativa, o potencial da biodiversidade.

No Brasil ha um agravante, pois apesar de ser o país mais rico em termos de megadiversidade, possuindo pelo menos entre 10 a 20% da biodiversidade do mundo, é aquele onde a biodiversidade encontra-se em maior risco (Mittermeier, 1995).

O Brasil possui ainda 12,7% de toda a água do planeta e uma vasta área territorial marinha e costeira (3,5 milhões de km²) sob sua jurisdição, fazendo com que o mesmo tenha também a maior concentração de zonas úmidas do planeta. Zonas úmidas estas, que se enquadram dentre os ecossistemas mais diversos, com relação à sua estrutura e desempenham funções importantes dentro do ciclo da água na atmosfera (Mitsch e Gosselink, 1993).

As zonas úmidas, apesar de sua conspicuidade dentro da paisagem na América do Sul, onde apenas as planícies aluviais cobrem centenas de milhares de quilômetros quadrados (Junk, 1993, Sippel *et al.*, 1992), têm sido muito pouco estudadas (Junk e da Silva, 1995 Tundisi *et al.* 1995). Durante o XXVI Congresso da *International Association of Theoretical and Applied Limnology*, em São Paulo (SIL, 1995) 32 dentre 830 apresentações versavam sobre a questão de zonas úmidas neotropicais e mais recentemente ter ocorrido a edição de dois livros de Junk (1997) de Esteves (1998), enfocando as planícies aluviais da Região Amazônica e zonas úmidas costeiras do Norte do Rio de Janeiro, respectivamente.

Embora exista uma grande preocupação ao nível mundial e mesmo nacional sobre a degradação de ecossistemas neotropicais, esta é dirigida preponderantemente para as florestas úmidas tropicais, com muito menor atenção para as zonas úmidas alagáveis.

No que se refere à conservação das zonas úmidas a nível internacional, o Brasil abriga 7 sítios designados dentro da Convenção Ramsar, com uma superfície de 6356896 hectares, com os seguintes sítios: Parque Nacional da Lagoa do Peixe (RS), Parque Nacional do Pantanal Matogrossense (MS), Parque Nacional do Araguaia (TO), APA das Reentrâncias Maranhenses (MA), Reserva de Desenvolvimento Sustentado Mamirauá (AM), Parque Estadual Marinho Parcel do Manuel Luís (MA) e APA da Baixada Maranhense (MA).

Este trabalho pretende contribuir para o conhecimento, divulgação e conservação, das zonas úmidas do Município do Conde (BA, Brasil), mais precisamente àquelas referentes às planícies aluviais do Rio Crumbaí e Rio Itapicuru. Rio Itapicuru, servindo como subsídio para um efetivo plano de manejo.

Geografia e clima

O complexo de zonas úmidas, em questão, está localizado no Litoral Norte do Estado da Bahia, situando-se dentro dos limites do Município do Conde (Tab. 1), com população de 21.000 habitantes, distando cerca de 6 km ao norte da sede deste, perfazendo uma área de cerca de 9623 há (Fig. 1).

Foz do Itapicuru (Limite Nordeste)	Limite Superior da Planície (Limite Noroeste)	Conde (Limite Sudoeste)	Sítio do Conde (Limite Sudeste)
11° 44'38,0''	11° 46'30,7''	11° 48'55,8''	11° 51'33,2''
37° 30'59,4''	37° 35'44,8''	37° 36'44,4''	37° 34'6,0''

Tabela 1: Localização do Sistema de Planícies Aluviais do Itapicuru-Crumaí (ICFS)

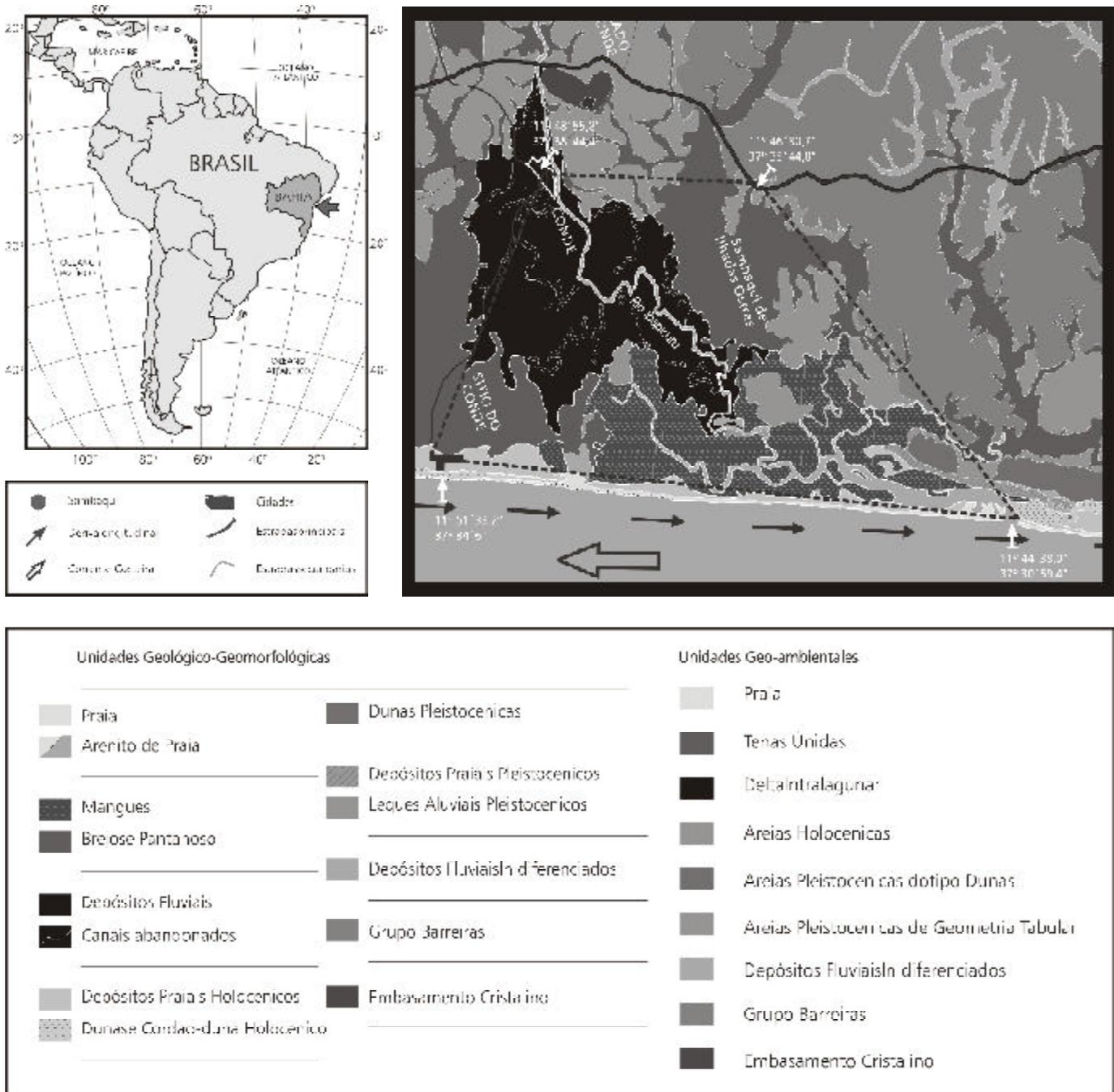


Fig. 1: Localização das zonas úmidas do Rio Crumaí e do Rio Itapicuru (Conde, BA).

A área, por estar localizada no litoral norte do Estado da Bahia, é parte constituinte da Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte (APA LN), criada pelo governo estadual em 1992, a unidade de conservação com menor índice de proteção do país. Seu principal objetivo é a preservação do patrimônio natural na área de influência da rodovia BA-099, construída em 1996. A área de preservação limita-se ao norte com a divisa dos estados da Bahia e Sergipe, rio Real, a leste com o Oceano Atlântico, ao sul pelo curso do rRio Pojuca, e a oeste pela linha distante 10 km dos pontos da preamar média. Apesar de possuir plano de manejo, o mesmo não foi ainda implantado.

O sítio em questão está localizado sob o domínio dos tabuleiros costeiros, presentes no extremo oriental da área da bacia do Itapicuru, próximo à costa, avançando para o interior por cerca de 30 km. Estes tabuleiros correspondem às áreas de afloramento dos sedimentos arenosos e areno-argilosos da Formação Barreiras, depositados discordantemente sobre o embasamento cristalino.

A região tem duas estações meteorológicas distintas, uma estação seca (setembro a abril) e outra chuvosa (maio a agosto). Na região do Baixo Itapicuru, o trimestre mais chuvoso vai de Maio a Julho e o mais seco de Setembro a Novembro, sendo Maio o mês mais chuvoso e Outubro o mais seco. A precipitação anual neste trecho da bacia varia de 530 a 1439 mm, sendo observadas chuvas em todos os meses do ano.

A área, por estar localizada no litoral norte do Estado da Bahia, é parte constituinte da Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte (APA LN), criada pelo governo estadual em 1992, a unidade de conservação com menor índice de proteção do país. Seu principal objetivo é a preservação do patrimônio natural na área de influência da rodovia BA-099, construída em 1996. A área de preservação limita-se ao norte com a divisa dos estados da Bahia e Sergipe, rio Real, a leste com o Oceano Atlântico, ao sul pelo curso do rRio Pojuca, e a oeste pela linha distante 10 km dos pontos da preamar média. Apesar de possuir plano de manejo, o mesmo não foi ainda implantado.

O sítio em questão está localizado sob o domínio dos tabuleiros costeiros, presentes no extremo oriental da área da bacia do Itapicuru, próximo à costa,

avançando para o interior por cerca de 30 km. Estes tabuleiros correspondem às áreas de afloramento dos sedimentos arenosos e areno-argilosos da Formação Barreiras, depositados discordantemente sobre o embasamento cristalino.

A região tem duas estações meteorológicas distintas, uma estação seca (setembro a abril) e outra chuvosa (maio a agosto). Na região do Baixo Itapicuru, o trimestre mais chuvoso vai de Maio a Julho e o mais seco de Setembro a Novembro, sendo Maio o mês mais chuvoso e Outubro o mais seco. A precipitação anual neste trecho da bacia varia de 530 a 1439 mm, sendo observadas chuvas em todos os meses do ano.

Origem e ecossistemas Estes ecossistemas, , foram formados provavelmente através de modificações na planície costeira do Conde durante o Holoceno a partir do máximo da última transgressão a cerca de 5600 anos cal. Durante este evento (**citar a fonte de informação**) uma grande parte desta planície foi invadida pelas águas do mar, exibindo uma morfologia caracterizada por um sistema de ilha barreira/laguna, formando uma imensa área lagunar caracterizada por um ambiente raso e mixo-halino, em decorrência da contribuição do Rio Itapicuru. O Rio Itapicuru, que ao desaguar na laguna começou a formar um delta intralagunar. Durante este período as águas também invadiram as depressões e pequenos vales transformando alguns depósitos de leques aluviais pleistocênicos em ilhas no interior da laguna. Durante a regressão subsequente à última transgressão e dando continuidade ao abaixamento do nível do mar a paisagem lagunar foi paulatinamente substituída por pântanos de água doce e brejos até atingir as condições atuais.

Presentemente, a região é caracterizada pela presença de várias zonas úmidas interligadas: planície de inundação, mata paludosa com indivíduos remanescentes da vegetação de manguezal, estuário, florestas de mangue e lagoas costeiras de água doce, configurando-se como a principal fonte de subsistência e renda de diversas comunidades locais.

Apesar de apresentar ecossistemas semelhantes à outras zonas úmidas encontradas ao longo do cordão de dunas pleistocênicas do litoral norte do estado da Bahia, sobressai-se a floresta inundada

com árvores de DAP superiores a 70cm, única para todo este sistema.

As plantas aquáticas, caracterizam os habitats sob influência direta do curso do rio Crumaí, sendo encontradas tanto no leito propriamente dito como em áreas circunvizinhas onde dominam grandes extensões intermitentemente alagadas.

A floresta inundada apresenta *Simphonia globulifera*, *Erythrina poeppigiana*, *Anona glabra*, *Calophyllum brasiliensis cambessis*, *Myrcia fallax* e *Erythrina* sp como as árvores dominantes, entremeadas por uma vasta e densa cobertura de macrófitas aquáticas. Na porção mais marginal dos ecossistemas de água doce, *Blechnum serrulatum*, *Heliconia psittacorum*, juntamente com algumas gramíneas são dominantes.

Um outro habitat presente neste mosaico é caracterizado por uma malha de canais que entrecorta uma mata paludosa de porte arbóreo, com espécies vegetais, remanescentes (*Avicennia germinans*), mulungus (*Erythrina* sp), cipós, lianas, entre outras. Alguns canais apresentam-se inundados por quase todo o ano, tendo apenas algumas porções secas nos meses de verão.

Nas partes altas, as pastagens estão situadas geralmente entre ecossistemas aquáticos promovendo uma interface entre estes ecossistemas sofrendo inundações periódicas apresentando uma vegetação característica com gramíneas, ciperáceas e macrófitas aquáticas típicas de ecotonos. Em alguns casos se distribuem após o limite superior dos manguezais e os rio e áreas inundadas adjacentes.

Mais intimamente relacionado ao ecossistema estuarino está presente a floresta de mangue. Sua distribuição está vinculada ao estuário do Rio ItapicuruRío Itapicuru, onde apresenta uma fisionomia uniforme, com árvores de mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue-branco (*Laguncularia racemosa*) de 12 e 15m de altura, , além de alguns indivíduos de siriba (*Avicennia schaueriana* e *A. germinans*).

Na porção mais próxima ao litoral, também sob influência do Rio ItapicuruRío Itapicuru, fazem-se presentes algumas lagoas costeiras e áreas de inundação que são reguladas, em alguns casos, pelo regime deste rio. Nestes ambientes hay uma grande

variedade de plantas incluindo alguns exemplares do mangue-botão (*Conocarpus erecta*) e do capim do mangue (*Spartina* sp).

Duas espécies que são conspícuas no manguezal tropical, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* são encontrados na porção superior da planície aluvial do rio Crumaí, dividindo seus espaços entre outras árvores típicas de florestas inundadas unicamente por água doce, inclusive produzindo sementes e podem ser consideradas como verdadeiras relíquias pleistocênicas, devido às distâncias das mesmas da região estuarina, que nem é influenciada pela maré dinâmica.

Estes ecossistemas apresentam um grande valor social já que além de promoverem a subsistência de uma grande quantidade de famílias servem ainda como mantenedores das populações em suas comunidades diminuindo assim o movimento de pessoas que migram para a periferia urbana em busca de um sub-emprego para a sua sobrevivência. Embora haja uma certa diferença entre as formações vegetais dos diversos tipos de zonas úmidas, esta é quase sempre gradual e diferentes zonas úmidas podem apresentar características vegetacionais intermediárias.

Neste mosaico de zonas úmidas encontra-se a *Lutra longicaudis*, espécie pertencente à lista de animais ameaçados de extinção de acordo com a Portaria IBAMA Nº 1522 de 1989.

Hidrologia e qualidade da água

Um dos maiores problemas relativos ao estudo das zonas úmidas é que alguns estudiosos lhes dedicam uma abordagem estritamente de Limnologia, enquanto outros se lhes referem como ecossistema terrestre periodicamente inundado. Estas abordagens conduzem a uma perda da principal perspectiva que é a heterogeneidade espacial, fundamental para o entendimento destes ecossistemas (Junk, 1997b). Não há dúvidas também que a hidrologia é um dos vetores mais importantes em termos de moldar diferentes zonas úmidas.

A hidrologia assim como as características físicas e químicas de suas águas estão diretamente relacionadas aos rios Crumaí e Itapicuru, este último drena a região e, de modo geral, rege os pulsos de inundação. A Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru

estásituada na porção Nordeste do Estado da Bahia, e possui uma forma alongada no sentido oeste-leste, com cerca de 350 km de extensão e 130 km de largura, ocupando uma área de cerca de 36440 km², com vazão média estimada de 14 m³/s.

Já o rio Crumaí, afluente da margem esquerda do rio Itapicuru no seu baixo curso, tem uma influência local marcante contribuindo para a permanência das águas em alguns locais, promovendo inundações periódicas de pequena amplitude. Nas planícies de inundação, assim como no interior da mata paludosa, os solos são geralmente hidromórficos, anóxicos, temporariamente ou permanentemente inundados, apresentando depósitos espessos de matéria orgânica, enquanto nos manguezais, estes são halomórficos. Ambos os solos apresentam elevada concentração de fração areia. Como é característico de planícies aluviais a baixa declividade do terreno é responsável pelo maior tempo de residência das águas, devido ao seu baixo escoamento. Na porção inferior do rio Crumaí, mais precisamente onde estas águas se encontram com aquelas do rio Itapicuru, sente-se ainda o efeito das marés dinâmica.

A maré tem importância fundamental, não só na região estuarina mas, também, nas florestas de mangue adjacentes e cursos de rios tributários, sendo semi-diurna, com amplitude média de 1,05 m.

A área apresenta suma importância em termos hidrológicos já que desempenha diversas funções neste âmbito como a sua influência na recarga do aquífero, já que, além de ter relação direta devido a proximidade do lençol freático atua na captação das águas pluviais, pois estas espriam-se ao largo da planície. O sistema de zonas úmidas contribui decisivamente para a contenção de enchentes devido ao tempo de residência mais longo dessas águas.. As florestas de mangue atuam como estabilizadores da zona costeira assim como propiciam a deposição de sedimentos de argila e matéria orgânica, formando o substrato lodoso que os caracteriza. Parte deste complexo de zonas úmidas está entrecortado por uma estrada que liga a BA-099 ao litoral, que altera hidraulicamente as planícies. As principais conseqüências são o domínio de *Eleocharis* spp em muitos sítios e a menor dificuldade na realização da drenagem para uso da pecuária. Enchentes periódicas do rio Itapicuru acontecem a

cada 10-12 anos e afetam sobremaneira as populações urbanas, que nestes intervalos passam a ocupar as zonas presumidamente secas.

Considerando um gradiente horizontal, dois tipos de águas podem ser identificados: a) águas escuras, com valores de pH entre 5 e 6, com baixa condutividade (< 200 µS/cm), onde a produção primária advém primariamente das plantas aquáticas, cabendo um papel quase insignificante às microalgas fitoplantônicas, dominadas pelas desmidiáceas e b) as águas estuarinas, salobras, que têm o seu teor de sal dependente das amplitudes de maré o dos pulsos de água doce oriundos dos rios.

População e produtos das zonas úmidas

Valores sócio- econômicos e culturais

Embora não haja uma percepção apurada ou profunda sobre a importância ecológica das zonas úmidas por parte das populações locais, as ligações entre ambas é contínua, freqüente e intensa, e seus valores associados estão entre um dos mais relevantes merecendo destaque. Os valores sociais e culturais estão vinculados e intimamente relacionados ao modo de vida dos moradores das comunidades adjacentes às zonas úmidas. As comunidades que utilizam estas zonas sobrevivem basicamente da pesca artesanal e do extrativismo vegetal nestes ambientes. Cipós, fibras e outros materiais de origem vegetal fazem parte do cabedal de recursos utilizados para a confecção de utensílios domésticos e artefatos de pesca. Madeiras retiradas da floresta secundária e da floresta paludosa são utilizadas na construção de embarcações, remos e na construção civil.

Na planície aluvial do rio Crumaí, a manutenção da qualidade dos ecossistemas e as atividades associadas a extração de produtos provenientes da mata paludosa e da zona úmida propriamente dita, lagoas costeiras, áreas inundadas, manguezais, como a pesca artesanal, extração de cipós para confecção de cóvos, extração de pipirí (*Cyperus* sp.) para confecção de esteiras e currais (estes últimos são artefatos de pesca), entre muitos outros, são de grande importância e valor para estas comunidades, já que os conhecimentos associados são transmitidos de pai para filho dando continuidade por diversas gerações a práticas ancestrais de uso sustentável dos recursos naturais.

Estas atividades apresentam um cunho social e cultural muito importante. Como exemplo podemos citar a atividade da pesca e extração na mata paludosa, próxima ao povoado de Ilha das Ostras. Neste ambiente são construídas estruturas denominadas localmente de regos. Para tanto a paisagem local vêm sendo modificada através dos anos, para a construção desses rego que são canais secundários que partem e se ramificam mata a dentro a partir do canal principal do rio Crumaí formando uma densa teia de cursos d'água e locais de pesca.

Neste contexto estão associados alguns valores sociais como o sistema de apropriação do espaço de pesca que é também bastante peculiar. Apesar de praticarem suas atividades de pesca em um local de propriedade comum – a área de floresta alagada, nesta estão configurados espaços privados de uso, onde os recursos presentes se tornam propriedade do pescador “dono” do rego. Esse sistema de apropriação dos regos se dá por venda, troca, herança ou construção do mesmo. Todas essas formas de apropriação são igualmente válidas e reconhecidas entre os pescadores. O respeito à “propriedade” do outro, ao rego do outro se dá, provavelmente, por um sistema de normas sociais onde as punições aos “infratores” se dá por meio de sanções morais. Dessa forma, os espaços de pesca são individualizados e se configuram como propriedade privada, podendo ser vendida, trocada ou herdada, como já citado acima.

Este espaço é porém eminentemente masculino e a presença da mulher é praticamente nula. Os homens, então, são responsáveis pela pesca e extração, enquanto as mulheres aguardam os maridos para tratar a pesca, salgar o pescado e prepará-lo para a venda. Elas são, também, fundamentais na venda das mercadorias, principalmente na feira, e na confecção de algumas peças do artesanato local como as esteiras de pipirí (*C. sp*), assumindo um papel relevante na aquisição da renda familiar.

Estes valores, ecológicos, sociais e culturais, estão portanto intimamente relacionados e são responsáveis também pela manutenção de um código de valores sociais praticados há muitos anos.

Ainda com relação à pesca, esta atividade é realizada com aparatos, covos, currais, como são chamados, entre outros, confeccionados com materiais

retirados da mata ou dos arredores das vilas. Estes são confeccionados pelos pescadores, de maneira tradicional e artesanal, podendo ser encontrados também na feira do Conde onde o comércio destes artefatos é uma atividade bastante disseminada. Além disso existem pequenos produtores locais que confeccionam seus covos para serem comprados por atravessadores que irão provavelmente os vender em feiras de outras localidades.

No cenário do extrativismo pesqueiro, o camarão de água doce *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann 1836) é o principal recurso explorado pelos pescadores locais, sendo o produto mais vendido na feira. A pesca do camarão é realizada, durante todo o ano, na planície alagada formada pelo rio Crumaí, havendo, contudo, épocas de maior ou menor disponibilidade dos recursos. Duas alternativas se apresentam como áreas potenciais de pesca: o rio propriamente dito e o rego - canal construído pelos pescadores, utilizado como pesqueiro. Ao longo dos anos, então, a paisagem local vem sendo modificada pela construção desses canais.

Entretanto, peixes de várias espécies são também utilizados tanto na alimentação como para a complementação da renda mediante venda na feira. Também, com alto índice de comercialização encontra-se o caranguejo-do-mangue, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), e ainda o gaiamun, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825).

Além disso, abriga a área ainda um sítio arqueológico (sambaqui), composto por registros fósseis de conchas de ostras e objetos utilizados pelas populações que habitavam a região há 5600 anos cal. Este sambaqui, denominado de Ilha das Ostras, revela um pouco da história de ocupação e uso destes recursos pelas populações antigas que habitavam o local.

Antropologicamente os sambaquís representam vestígios de um sistema sócio cultural que tinha como característica marcante associar, ao mesmo espaço, o local de moradia, de sepultamento dos mortos e de descarte de bens e restos de alimentação.

As populações locais tendem a extrair mais recursos das áreas periféricas das zonas úmidas, áreas esta mais próximas de seus sítios de residência, nomeadamente madeira, cipós e lianas, tendo uma ligação mais estreita com a mesma, ficando a área mais distante destinada à pesca.

Além destes usos as zonas úmidas, presentes tanto na área proposta como em seu entorno, são também utilizadas como fonte de captação de água para uso doméstico, lavagem de roupa e de utensílios domésticos e asseio pessoal além de serem também utilizadas pelas crianças como local de diversão e recreio.

Perspectivas de conservação

A relação dos seres humanos com o manguezal tem mudado com o passar dos tempos, e o caso das planícies aluviais dos rios Crumai e Itapicuru, não é diferente. Num tempo passado, em torno de 5600 anos atrás, o uso dos manguezais permitia a retirada de madeira e alimento, com o aumento populacional e extensão da pobreza, aumentou a pressão por estes recursos, com cortes constantes do manguezal e sobre exploração de frutos do mar, caranguejo, por exemplo.

De acordo com o novo zoneamento ambiental proposto pela CONDER (2001), como parte integrante do plano de manejo da APA LN, a área engloba diversas zonas como a ZME (Zona de manejo especial) a qual pertence a categoria de conservação sendo caracterizada como áreas que contém remanescentes de matas, restingas, cerrados, brejos, sistemas de dunas, topos e encostas de colinas e montes (mirantes). Esta categoria visa proteger nascentes, córregos e encostas além de edificações históricas. Nestas zona são admitidas exploração madeireira seletiva e extrativismo, pesquisa científica e turismo de baixíssima densidade. Além desta, uma parcela da área é considerada como ZVS (Zona de vida silvestre) da categoria de preservação, caracterizando-se como áreas que apresentam relevante interesse ecológico, integrantes de sistemas em elevados estágios de conservação compreendendo áreas de preservação permanente. Nestas zonas são permitidos a pesquisa científica, extrativismo com cadastro e controle, e visitação contemplativa para turismo ecológico e educação ambiental, sendo proibidas as atividades antrópicas que importem em alterações da flora e fauna ou dos atributos que lhe conferem especificidade.

Ainda estão presentes na mesma área zonas consideradas como ZUR (Zona de Urbanização Restrita), da categoria de uso sustentável, compreende as povoações situadas em contextos geoambientais de

grande fragilidade, algumas delas habitadas por populações com características sócio- culturais tradicionais, que utilizam processos produtivos voltados essencialmente, para a subsistência (pesca artesanal, extrativismo do mangue e piaçava). Estas zonas necessitam de planos de ordenamento de uso o solo e de infra-estrutura básica com o estabelecimento dos limites das áreas de expansão urbana de modo a evitar impactos sobre os ecossistemas circundantes, particularmente as zonas úmidas e cursos d'água, além de estudos que visem o tombamento de sítios históricos. Esta zona pode apresentar atividades e programas de urbanização para uso residencial uni e plurifamiliar, comercia e de serviços de pequeno porte.

As zonas denominadas ZOR (Zonas de Ocupação Rarefeita), também da categoria de uso sustentável, compreendem áreas de recarga de aquíferos, terraços marinhos e fluviais, terrenos ondulados e arenosos e áreas onde ocorrem de forma conservada, vegetações típicas de regiões costeiras, relacionadas, principalmente, a mananciais superficiais e subterrâneos de abastecimento. Esta zona apresenta subdivisões (ZOR 1; ZOR 2), onde são permitidos construções residenciais unifamiliar e plurifamiliar de baixa densidade, turismo de baixa densidade, além de, empreendimentos turístico hoteleiros, de acordo com o uso e parâmetros estabelecidos pelo plano de manejo da APA.

Por último se faz presente, dentro das categorias de uso sustentável, e presente também nos domínios da área as ZT (Zonas Turísticas), caracterizadas como áreas estuarinas próximas a núcleos urbanos, utilizadas para turismo, lazer, recreação e cujas condições geoambientais determinam atividades turísticas de baixa densidade. Estas áreas estão vedadas a parcelamentos, desmembramentos residenciais ou não, ligados a turismo e lazer, além de empreendimentos comerciais e de serviços de apoio ao turismo e empreendimentos residenciais e hoteleiros de baixa densidade.

Problemas mais frequentes – principais impactos visualizados

A zona úmida objeto desta proposta têm como um todo uma baixa frequência turística concentrada mais especificamente nos meses de verão, e praticamente

nenhuma atividade de recreação. De modo geral, esta é utilizada basicamente para a pesca artesanal, extrativismo, plantações e outras atividades de subsistência e agro-pastorís, já que a maioria de suas terras são de domínio particular.

Exceção feita ao estuário do Rio Itapicuru. O Rio Itapicuru, cujos bancos arenosos de deposição são utilizados, mais frequentemente nos finais de semana, por famílias que passam o dia espalhados em suas áreas. A frequência e intensidade, da utilização para este fim, parece que ainda não promover impactos visíveis neste ecossistema, sendo mais frequentes nos finais de semana e nos meses de verão.

A pesca esportiva e atividades aquáticas recreacionais envolvendo embarcações à motor, são realizadas no curso do Rio Itapicuru. O Rio Itapicuru na porção mais próxima do estuário assim como à montante. Estas atividades são também de baixa frequência e intensidade sendo mais visíveis na alta estação e finais de semana e seus impactos ainda não podem ser notados.

Uma outra região, Cavalito Russo, caracterizada por uma piscina natural formada atrás das dunas da margem esquerda do Itapicuru por um de seus afluentes, apresenta um turismo de final de semana desordenado com alto movimento e frequência de pisoteio nas dunas e vegetação associada, utilizada principalmente pelas populações locais.

Nas demais zonas úmidas, planícies aluviais, mangues e lagoas costeiras, não são notados nem apresentam registros de atividade recreativa, tampouco são utilizadas para turismo e ecoturismo, como, por exemplo, locais para observação de aves, entre outros.

Desde a década de 70, é patente a perda e a degradação de zonas úmidas desta região. Vários fatores têm contribuído para a perda e degradação das zonas úmidas do Litoral Norte: construção da rodovia BA-099 e estradas vicinais de ligação à praia, aterros para a construção de casas populares e de veraneio, drenagem, alterações morfológicas, barramento seletivo, retirada de solos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em recente artigo, da Silva (2000) sugere que as autoridades locais e estaduais, juntamente com as universidades e ONG's iniciem um programa conjunto

para restabelecer as características ecológicas destes ecossistemas, tentando evitar assim, maiores danos ambientais. Paralelo a esta atividade, faz-se necessário também o início de uma campanha contínua divulgando a importância da manutenção destes ecossistemas. Outro ponto que seguramente contribuiu para a desvalorização das zonas úmidas é o alto nível de ignorância dos valores biológicos destes ecossistemas.

No que se refere à conservação das zonas úmidas faz-se necessário que a história natural dos ecossistemas consiga integrar-se junto aos aspectos sociais, consolidando os dois tipos de informação dentro de um sistema vetorial integrado, que pode influenciar técnicos e políticos na elaboração de políticas públicas eficazes, que são muito raras no caso das zonas úmidas. Como afirma Sioli (1972), as formas de vida de uma população humana são partes integrantes do ecossistema pela sua estrutura e dinâmica; p. ex. interações entre seu contingente e o ambiente com o qual estas se relacionam ativamente ou passivamente para sobreviverem.

É necessário ainda que os cientistas e conservacionistas convençam as autoridades ambientais, legisladores e o público em geral sobre os valores biológicos das zonas úmidas, pois somente com mudanças de atitudes é que a conservação de zonas úmidas pode ser possível (da Silva *et al.*, 1999).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IUCN-NL pela concessão de fundo para estudos das zonas úmidas do Conde. E.M. da Silva durante este estudo foi bolsista do CNPq.

BIBLIOGRAFIA

- CONDER. *Prodesu: Programa de Desenvolvimento Sustentável para a Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte da Bahia*. Relatório Síntese. 2001. 56p. il
- da Silva, EM. 2000. Loss and Degradation of Wetlands at the Capivara Grande Environmental Protection Area, Camaçari, Bahia, Brazil. *Vida Silvestre Neotropical*, 7: 30-34.
- da Silva, EM; AF Barros; MFT Navarro; MFV Mota; P Cotsifis e CBA Chastinet. 1999. Rehabilitation Following Industrial Contamination: Jauá Lake, a Coastal

- Wetland in Camaçari, Bahia, Brazil. Pp. 197-203. In: B Streever (ed.). *An International Perspective on Wetlands Rehabilitation*. Kluwer Academic Publishers.
- Esteves, FA. (ed.). 1998. *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.
 - Junk, W.J. 1993. Wetlands of tropical South-America. Pp. 679-739. In: DF Whigham; D Dykyjova and S Hejny. (eds.). *Wetlands of the World I*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.
 - Junk, WJ (ed.). 1997a. The Central Amazonian Floodplain. Ecology of a Pulsing System. Ecological Studies Series 126. Springer Verlag, Berlin, Alemanha.
 - Junk, WJ and CJ da Silva. 1995. Neotropical floodplains: A comparison between the Pantanal of Mato Grosso and the large Amazonian river floodplains. In JG Tundisi; CEM Bicudo and T Matsumara-Tundisi (eds.). *Limnology in Brazil*. ABC/SBL. Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
 - Junk, WJ. 1997. General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian floodplains. Pp. 3-20. In: WJ Junk (ed.). *The Central Amazonian Floodplain. Ecology of a Pulsing System*. Ecological Studies Series 126. Springer Verlag, Berlin, Alemanha.
 - Mitsch, WJ e JG Gosselink. 1993. *Wetlands*. 2nd ed. John Wiley e Sons, Inc. Nova Iorque, EUA.
 - Mittermeier, RA. 1995. Primate diversity and the tropical forest. Case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the megadiversity countries. Pp.145-154. in: EO Wilson (ed.). *Biodiversity*. 12nd ed. National Academy Press.
 - SIL. 1995. XXVI Congress of the International Association of Theoretical and Applied Limnology. Livro de Resumos. São Paulo, SP, Brazil.
 - SILVA, C.C. 2000. herança geológica como ferramenta para a prospecção de sambaquis no litoral norte do estado da Bahia: o exemplo do sambaqui ilha das ostras. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, Brasil.
 - Sioli, H. 1972. *Ökologische Aspekte der technisch-kommerziellen Zivilisation und ihrer Lebensform*. Biogeographica, 1: 1-13.
 - Sippel, SJ; K Hamilton and JM Melack. 1992. Inundation area of lakes on the Amazon river floodplain, Brazil. *Arch. Hydrobiol.* 123: 385-400.
 - Tundisi, JG; CEM Bicudo and T Matsumara-Tundisi (eds.). 1995. *Limnology in Brazil*. ABC/SBL. Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

VEGETAÇÃO DO PANTANAL

VEGETATION OF THE PANTANAL WETLANDS

Arnildo Pott

Pesquisador da Embrapa Gado de Corte. Caixa postal 154,
CEP 79002-970, Campo Grande, MS, Brasil.
apott@cnpgc.embrapa.br

RESUMO.

A vegetação do Pantanal é brevemente caracterizada, como um exemplo das maiores áreas úmidas (“humedales”) neotropicais e do mundo. O principal fator determinante do tipo de formação é o nível de inundação, com plantas lenhosas onde não inunda, campo ou savana onde é sazonalmente inundável, e vegetação aquática em depressões e corpos d’água. O solo influencia a composição fitogeográfica, ocorrendo espécies de cerrado nos solos arenosos, e plantas da Amazônia (ripárias) e/ou do Chaco nos argilosos (ao sul), além de plantas herbáceas de ampla dispersão na América do Sul. A espécie arbórea mais freqüente é *Curatella americana* (lixeira). É dada uma breve descrição da vegetação observada no percurso Corumbá-Nhecolândia e durante o curso de campo nas fazendas Nhumirim e Campo Dora. As principais fisionomias em ambiente de drenagem fechada (Nhumirim) são cerradão e floresta semidecidual em “cordilheira” (paleodique, não inundável), campo em áreas inundáveis e lagoas temporárias e permanentes em depressões, havendo algumas isoladas alcalinas (“salinas”). Na área de

drenagem aberta (Campo Dora) predominam campos alagáveis com ilhas de bosque (capões) e com um amplo canal de fluxo sazonal (vazante) com alguma floresta ripária.

Palavras chave: áreas úmidas, savana inundável, vegetação. Pantanal. Brasil

ABSTRACT

Vegetation of the Pantanal wetlands

The vegetation of the Pantanal wetland is briefly characterized, as an example of the world largest neotropical wetlands. The main determining factor of the formation type is flood level, with woody plants on flood free sites, grassland or savanna on floodable areas, and aquatic vegetation in depressions and water bodies. Soil influences phytogeographic composition, cerrado species occurring on sandy soils, and Amazonian plants (riparian) and/or from Chaco on clay (in the South), plus herbaceous plants with wide distribution in South America. The most frequent tree species is *Curatella americana*. A brief description is given for the vegetation observed along the road and track from Corumbá to Nhecolândia and during the

field course at Nhumirim and Campo Dora ranches. The main physiognomies in the closed drainage landscape (Nhumirim) are cerrado woodland and semideciduous forest on flood free ridges (ancient levees), grassland on floodable areas and temporary and permanent ponds in depressions, the isolated ones being brackish. Floodable grasslands predominate on the open drainage area (Campo Dora), with scattered woody islands and a seasonal channel with some riparian forest.

Key words: flood savanna, vegetation, wetland.

INTRODUÇÃO

Na classificação de tipos de áreas úmidas, o Pantanal pode ser enquadrado como savana inundável. O clima é do tipo Aw, com precipitação média anual de 900 a 1400 mm, concentrada entre novembro e março. Isso é menos chuva do que a evapotranspiração, sendo que a inundação é devida à declividade muito baixa (1-50 cm/km) e à entrada de água da alta bacia. O Pantanal é menos úmido do que o nome sugere e uma indicação disto é a baixa riqueza em epífitas e alta em espécies de cerrado.

Do ponto de vista geomorfológico, é um conjunto de leques aluviais, formando um delta interno, de 140000 km². Mais da metade dos solos são arenosos, sendo os argilosos associados a planícies de inundação fluvial e a rios que drenam sub-bacias calcárias, como a do Rio Miranda, oriundo da Serra da Bodoquena.

Primeiramente são feitas considerações gerais sobre fatores que influenciam os padrões de vegetação, sobre fitogeografia e os principais tipos de vegetação do Pantanal. Na segunda parte, são comentadas brevemente as fitofisionomias e citadas as principais espécies observadas durante a viagem de Corumbá à fazenda Nhumirim e apresentadas na parte de campo do curso.

RESULTADOS

Principais fatores determinantes da vegetação

A vegetação é, via de regra, considerada uma resposta às condições ambientais, principalmente as climáticas. Entretanto, em áreas úmidas geralmente há mosaicos de vegetação, sob um mesmo clima e muitas vezes no mesmo tipo de solo, porque a água superficial e subsuperficial governa os padrões de

distribuição. As formações lenhosas podem ser interpretadas como respostas a longo e médio prazos, e as herbáceas, de curto e médio prazos (Pott e Pott, 1994).

Para descrever os padrões de distribuição de vegetação, geógrafos inicialmente empregaram o termo “complexo do Pantanal”. Entretanto, é um complexo organizado, às vezes há até certos alinhamentos, como as cordilheiras (diques marginais), capões (ilhas de bosque), lagoas e salinas, perceptíveis em sobrevôo ou em imagens de satélite e fotografia aérea. Às vezes pequenos agrupamentos de árvores (capões) alinhados podem ter sido originados por uma linha de cercas ou de postes, os quais se tornam o início de núcleos de árvores ornitócoras como *Zanthoxylum rigidum*.

O principal fator determinante do tipo de formação é o nível (altura e tempo) de inundação, com lenhosas onde não inunda, campo ou savana onde é estacionalmente inundável, e vegetação aquática nos corpos d'água. O solo influencia a composição fitogeográfica da flora. Assim, em geral, há espécies de cerrado nos solos arenosos, e plantas da Amazônia (ripárias) ou do Chaco (no sul) nos argilosos.

A inundação pode ter origem fluvial (1-5m prof.) ou apenas pluvial (5-100cm), ou combinação de água de rio e de chuva, enquanto a drenagem pode ser aberta (vazantes) ou fechada (lagoas).

Quanto à fertilidade, dependendo da origem dos sedimentos, os solos no Pantanal variam de muito pobres (2 ppm de Ca), com concreções de ferro (horizonte Bir), em parte leste das areias do leque do Rio Taquari, a muito férteis (900 ppm P), com concreções de carbonato de cálcio no horizonte B, em argilas vérticas como as do carandazal (*Copernicia alba*). Em áreas arenosas, a concentração de nutrientes é maior nos solos de cordilheira do que nos campos inundáveis, onde há lixiviação adicional com o sobe e desce da água. Entretanto, na cordilheira arenosa há mais nutrientes na vegetação do que no solo.

Fitogeografia

Algumas partes do Pantanal assemelham-se a outras áreas inundáveis neotropicais. Nas várzeas do Rio Paraná em Mato Grosso do Sul há o “Pantanal do Rio Paraná” e em Entre Rios, Argentina, há os Esteros de

Iberá, “pantanais” com fisionomias muito semelhantes às do Pantanal. Em ambos já se observam elementos sulinos ausentes no Pantanal, como *Panicum prionitis*. Na Amazônia também há extensos campos inundáveis, como os de Amapá e do Rio Guaporé, com muitas espécies aquáticas comuns ao Pantanal, exceto as exclusivamente amazônicas, como as aráceas arborescentes do gênero *Montrichardia*. Fitofisionomias dos Llanos também são muito semelhantes às do Pantanal, com muitas espécies herbáceas em comum, p. ex., *Hymenachne amplexicaulis*, *Panicum laxum* e outras aquáticas, enquanto poucas lenhosas são coincidentes (*Bowdichia virgilioides*, *Curatella americana*), mas várias são do mesmo gênero ou família.

O Pantanal não tem flora própria, por ser geologicamente recente (Quaternário), consistindo em um encontro fitogeográfico único, com comunidades singulares. A influência do cerrado é pronunciada, diminuindo de leste para oeste; pelos rios entram espécies amazônicas; ao sul, do Chaco. Além de elementos desses biomas vizinhos, ocorre um grande contingente de espécies de ampla distribuição, principalmente herbáceas. O número total de fanerógamas no Pantanal é de 1.860 espécies, das quais 240 são leguminosas, 200 gramíneas e 70 ciperáceas (Pott e Pott, 1999).

Muitas espécies da alta bacia não descem ao Pantanal, como reófitas e plantas de águas mais correntes, p. ex., *Heteranthera zosterifolia*, *Ottelia brasiliensis* e *Potamogeton illinoensis* (Pott e Pott 2000). Rupícolas também não há, porque não há rochas, exceto na periferia da planície. Tampouco ocorrem muitas das espécies da flora arbórea e campestre dos morros e do planalto circundante.

Espécies dos cerrados, que é o bioma de savana do Brasil Central, com árvores tortuosas de casca engrossada com cortiça: *Annona dioica*, *Byrsonima* spp., *Caryocar brasiliense*, *Diospyros hispida*, *Dipteryx alata*, *Hancornia speciosa*, *Macrosiphonia petraea*, *Magonia pubescens*, *Qualea grandiflora*, *Q. parviflora*, *Stryphnodendron obovatum*, *Vatairea macrocarpa*, *Vochysia cinnamomea*.

Espécies amazônicas: árvores que geralmente são ripárias no Pantanal, p. ex., *Attalea phalerata*, *A. speciosa* (= *Orbignya oleifera*, babaçu), *Cassia*

grandis, *Crataeva tapia*, *Pterocarpus micheli*, *Vitex cymosa*, *Vochysia divergens*, e macrófitas aquáticas como *Eichhornia azurea*, *Nymphaea amazonum* e *Victoria amazonica*.

Espécies do Chaco, principalmente do Chaco úmido ou Chaco oriental: *Aporosella chacoensis* (jacarepito) *Bulnesia sarmientoi* (pau-santo ou “palo santo”), *Caesalpinia paraguariensis* (guaiacan), *Copernicia alba* (carandá), *Dolichopsis paraguariensis*, *Diplokeleba floribunda*, *Goldmania paraguensis*, (pau-alho ou “palo hediondo”), *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis ruscifolia* (“algarobo”), *Schinopsis balansae* (quebracho-vermelho ou “quebracho colorado”), *Tabebuia nodosa* (labão ou “lavon”).

Espécies da Floresta Atlântica: são relativamente poucas, p. ex., *Peltophorum dubium* e *Tabebuia heptaphylla* (piúva ou “lapacho”). Espécies da flora meridional: *Solanum amygdalifolium*, *S. pseudoauriculatum*.

Espécies pantropicais: algumas aquáticas como *Lemna aequinoctialis* e *Pistia stratiotes*, e invasoras arbustivas como as cássias (*Senna aculeata*, *S. alata*, *S. obtusifolia*, *S. occidentalis*).

Espécies de ampla distribuição nas Américas: árvores como *Andira inermis*, *Guazuma ulmifolia*, *Spondias lutea* (*S. mombin*), macrófitas aquáticas como *Azolla caroliniana*, *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, *Leersia hexandra*, *Limnobium laevigatum*, *Panicum laxum*, *Pontederia cordata*, *Thalia geniculata*, *Typha domingensis*, e várias ervas campestres como *Orthopappus angustifolius* (Pott e Pott, 2000). Algumas plantas são do Orinoco e América Central, como *Sterculia apetala*.

Espécies de ampla distribuição na América do Sul: *Casearia sylvestris*, *Cereus peruvianus*, *Cyperus giganteus*, *C. surinamensis*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Genipa americana*, *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, *Tabebuia aurea* (paratudo ou “paratodo”), *T. impetiginosa* (piúva ou “lapacho”), *Ximenia americana*.

Espécies de savanas tropicais sul-americanas: *Bowdichia virgilioides*, *Byrsonima verbascifolia* e *Curatella americana*, também ocorrentes nos Llanos de Colômbia e Venezuela. A lixeira *C. americana* é a espécie arbórea mais freqüente no Pantanal, o porte varia conforme as condições de drenagem, podendo

ter somente 1m de altura em campos inundáveis, então geralmente associada a termiteiros.

Espécies de ampla distribuição mas de dispersão restrita no Pantanal:

Mauritia flexuosa (buriti ou “moriche”), muito abundante na alta bacia, onde forma os buritizais, junto a água corrente e em solo ácido, mas pouco freqüente na planície. É a palmeira que forma os “morchales” no Peru (Kahn et al., 1993), onde uma das espécies associadas é *Paspalum morichalense*, o qual é encontrado em vazantes e borda de lagoas no Pantanal. *Salix humboldtiana*, uma árvore abundante em ilhas do Rio Paraná e que se estende da Argentina à Venezuela, no Pantanal ocorre somente no Rio Aquidaunana no trecho inicial na planície, onde há barranco alto. *Xanthosoma aristiguietae* também foi encontrada apenas no Rio Aquidaunana, uma distribuição disjunta, pois anteriormente era conhecida apenas da Venezuela e do noroeste da Amazônia.

Espécies provavelmente disseminadas pelos indígenas: plantas úteis como *Argemone mexicana* e *Sapindus saponaria* estão associadas a sítios arqueológicos, em solos originados de conchas.

Espécies endêmicas: embora os endemismos sejam em número reduzido, há muitas espécies selvagens de *Arachis* (amendoim ou “mani”), como *A. diogoi*, *A. helodes*, *A. hoehnei*, *A. kretschmeri*, *A. kuhlmannii*, *A. subsericea*, *A. valida* e *A. vallsii*; *Maranta pantanensis* (encontrada sob ninhais) e *Xanthosoma pottii*. Outros são endemismos amplos, p. ex., *Bergeronia sericea*, encontrada desde o norte da Argentina, e *Jacaratia corumbensis*, também arrolada para o Paraguai.

Espécies exóticas: um exemplo é *Sphenoclea zeylanica*, que talvez tenha vindo com a navegação internacional que aportava em Corumbá, não sendo encontrada em ambientes afastados do Rio Paraguai (Pott e Pott, 2000).

Principais tipos de vegetação

Os três tipos básicos de formações do Pantanal são arbóreas, campestres e aquáticas, geralmente dispostas em mosaico, conforme as nuances de micro e mesorelevo. Em posição intermediária entre o seco e a água, são características algumas formações de savanas e estágios lenhosos pioneiros, geralmente com

uma espécie dominante, quase monoespecíficos, cujos elementos lenhosos avançam e recuam conforme a seqüência de anos secos ou úmidos (Pott, 1994).

Lixeiral ou lixeiro: *Curatella americana*, que pode ser naniforme quando associada ao solo mal drenado do “minhocal” (“lombrizal”).

Canjiqueiral: *Byrsonima orbignyana*, arbusto cinzento de 2-4m altura, exclusivo de solos arenosos.

Pimenteiral: *Licania parvifolia*, junto aos canais temporários (vazantes).

Cambarazal: *Vochysia divergens*, extensas áreas em planícies de inundação fluvial de solos argilosos.

Paratudal: savana parque, com *Tabebuia aurea* (paratudo ou “paratodo”) como única árvore, associada a “termiteiros” que contém formigas, com *Paspalum hydrophilum* no plano intermediário, e poucas outras ervas como *Pfaffia glomerata*; no montículo, que tem inundação por tempo menor e solo mais estruturado, há mais espécies do que no plano, de solo vértico.

Carandazal (ou “palmar”): *Copernicia australis* (carandá), em solos vérticos salinos ou alcalinos, na parte sudoeste do Pantanal, extensão do Chaco úmido.

Espinheiral: formação arbustiva com espinhos (*Bauhinia bauhinioides*, *Byttneria filipes*) e trepadeiras (*Cissus spinosa*, *Ipomoea chiliantha*), em depressões do paratudal.

Florestas

Não há grandes florestas no Pantanal, exceto a forma florestal de cerrado, denominada de cerradão. Além do cerradão, os tipos de floresta são a ripária, a semidecidual, e a decidual, num gradiente crescente de fertilidade de solo e de drenagem.

Floresta ripária: nos rios sinuosos e instáveis do Pantanal, alternam-se trechos de vegetação em diferentes estágios sucessionais, a sucessão começa nas margens convexas em que há depósito de sedimentos, com herbáceas (p. ex. *Aspilia latissima*), passa a arbustos como *Alchornea castaneifolia*, e a árvores pioneiras como *Sapium obovatum*, com profusão de trepadeiras (*Cissus spinosa*), até a floresta desenvolvida na margem côncava que está sendo escavada.

Cerradão: há dois tipos principais, o denominado de mesotrófico, e o de solos oligotróficos.

Floresta semidecidual: as duas maiores áreas contínuas são a Mata do Cedro e a Mata do Fuzil, próximo ao Rio Taquari, as demais estão dispersas em cordilheiras, em solos relativamente férteis; uma espécie característica é *Attalea phalerata*.

Floresta decidual: ocorre em capões de solos de conchas na sub-regiões de Abobral, Miranda e Nabileque, também no sul de Poconé e de Barão de Melgaço.

Modelos de dinâmica de tipos de vegetação foram descritos por Mauro et al. (1998) e Silva et al. (1998).

Tipos de vegetação observados na viagem e na parte de campo do curso

1. Morraria da borda oeste do Pantanal

1.1. Morros calcários (formações muito antigas, uma sendo do Azóico, portanto, sem fósseis) de Corumbá, com vegetação xerofítica semelhante à da caatinga do Nordeste do Brasil: Cactáceas (*Cereus*, etc.), Bombacáceas, árvores decíduas. Foi vista a transição abrupta do solo calcário (branco) para o de rocha de ferro (vermelho), na estrada.

1.2. Serra do Urucum, formação geológica do Terciário, atingindo a altitude de 1000m, nas escarpas vêem-se estratos de minério de ferro (sobre manganês); no pediplano, há bancadas lateríticas com xerófitas endêmicas como a cactácea globóide *Discocactus ferricola*, a bromélia *Deuterochonia meziana* (cuja inflorescência produz flores por mais de um ano), e algumas exóticas oportunistas como *Rhynchelytrum repens*.

2. Planície de inundação do Rio Paraguai. Passada a morraria alta, chega-se à planície do Pantanal, que é do Quaternário. No trecho inicial há algumas colinas calcárias semelhantes às de Corumbá, emergentes no novo relevo. A planície de inundação do Rio Paraguai no trecho do Porto da Manga alcança 30 km para cada lado.

A planície de inundação fluvial ainda está com água, em plena época seca (junho), defasada com o clima, pois o pico de cheia demora 3-4 meses a descer da alta bacia até aqui, contrastando fortemente com a parte do Pantanal que é inundada apenas por chuvas locais, vista depois, da Curva do Leque em diante, até a Fazenda Nhumirim. Outra diferença marcante é de solos, que são argilosos vérticos na planície de inundação, e arenosos na

Nhecolândia (onde está a fazenda Nhumirim), pertencente ao leque aluvial do Rio Taquari.

As fitofisionomias observadas na planície de inundação do Rio Paraguai são:

2.1. Campos inundáveis, gramíneos e arbustivos.

2.2. Três corixos (derivado de “coriche”, na Bolívia) ou paleo-canais maiores do rio Paraguai, e alguns menores, na margem direita, que fluem na cheia, com floresta de galeria com *Inga vera* ssp. *affinis*, *Tabebuia heptaphylla*, *Triplaris americana*, *Vochysia divergens*, às vezes ainda em fase pioneira arbustiva com *Alchornea castaneifolia* e *Sapium obovatum*.

2.3. Terraço (“banco”) artificial da estrada colonizado por espécies de floresta de galeria: *Bauhinia bauhinioides*, *Byttneria filipes*, *B. divaricata*, *Combretum lanceolatum*, *Vochysia divergens*, bem como por ruderais como *Mimosa* spp.

2.4. Caixas de empréstimo da estrada, funcionando como lagoas de meandro e *backswamps*, com plantas aquáticas como *Eichhornia azurea*, *E. crassipes*, *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*, *Oxycaryum cubensis* e *Salvinia auriculata*.

2.5. Porto da Manga, travessia de balsa no Rio Paraguai, que tem pouca floresta ripária no trecho inferior, geralmente apenas fases pioneiras, que suportam inundação prolongada.

2.6. Campos inundados de *Oryza glumaepatula* (arroz-selvagem), na margem esquerda do rio.

2.7. Transição gradual de argila para areia, sendo que nos campos próximos à Curva do Leque há conjuntos de *Copernicia alba* e gradativamente aumentam as populações de outras lenhosas tolerantes a inundação menos intensa (*Byrsonima orbignyana*, *Couepia uiti*).

4. Nhecolândia

A partir da Curva do Leque (90 km E de Corumbá), saindo da estrada principal para uma secundária, de areia, chega-se à Nhecolândia. É uma sub-região que impressiona pela areia. Depois, segue-se através de caminhos em pleno campo, até a fazenda Nhumirim da Embrapa, a 150 km E de Corumbá.

Tipos de vegetação observados na parte de campo do curso:

Foram visitadas áreas das fazendas Nhumirim (da Embrapa, 4.300 ha) e Campo Dora, que têm fisionomias distintas, a primeira tem mais vegetação

lenhosa (cerrado), condizente com o nome “nhumirim”, que significa campo pequeno no idioma guarani, enquanto na segunda predominam campos. O sistema de drenagem também é diferente, sendo do tipo fechado (lagoas e diques naturais ou cordilheiras) na fazenda Nhumirim e aberto (vazante) na Campo Dora. O modelo de vegetação proposto por Mauro et al. (1998) se aplica a estas áreas.

Fazenda Nhumirim

A propriedade da Embrapa situa-se no sudoeste da sub-região da Nhecolândia, a qual forma a metade direita do leque arenoso de 50.000 km² do Rio Taquari.

Fisionomia: mosaico formado por vegetação arbórea (capões e “cordilheiras”), campos inundáveis e lagoas. Foi visitada a Reserva Ecológica, em que foi feita exclusão do gado (“clausura”) em 1988, sendo que já ocorreram dois incêndios, apesar da faixa limpa periférica, conhecida como aceiro (“rompe-fuego”).

Cordilheira: é a parte mais elevada (1-2m sobre o nível do campo), que consiste em um cordão arenoso (paleodique) arborizado com espécies de cerrado e/ou de floresta semidecidual ou decidual, com *Bromelia balansae* indicando os limites da inundação. Quando o bosque é descontínuo, em forma de ilha, é denominado de capão (significa mato redondo). Foi percorrida uma trilha de pesquisa de fauna (pecarídeos), passando por alternância de cerradão e floresta semidecidual.

1. Cerrado (savana) e cerradão (forma florestal de cerrado): *Acosmium subelegans*, *Andira* spp., *Aristida* sp., *Buchenavia tomentosa*, *Byrsonima coccolobifolia*, *B. crassifolia*, *Caryocar brasiliense*, *Cereus peruvianus*, *Copaifera martii*, *Curatella americana*, *Diospyros hispida*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Mouriri elliptica* (coroa-de-frade), *Qualea grandiflora*, *Sapium haemospermum*, *Sclerolobium aureum* (pau-bosta), *Simarouba versicolor*, *Stryphnodendron obovatum*, *Terminalia argentea*, *Tocoyena formosa*, *Zanthoxylum rigidum* (maminha-de-porca). Estrato herbáceo com *Bromelia balansae*, *Langsdorffia hypogaea* (parasita de raiz), etc.

3. Floresta semidecidual (floresta seca) e cerradão mesotrófico: dossel superior com árvores deciduais, geralmente anemocóricas, como *Acosmium*

subelegans, *Acrocomia aculeata*, *Agonandra brasiliensis*, *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*, *Bauhinia pentandra*, *Cordia glabrata*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Ficus calyptroceras* (inicia como epífita), *Myracrodruon (Astronium) urundeuva*, *Pseudobombax marginatum*, *Protium heptaphyllum*, *Pterogyne nitens*, *Tabebuia impetiginosa* e *Zanthoxylum caribeum*, e um inferior sempre verde com *Attalea phalerata*, *Celtis pubescens*, *Guadua* sp. (bambu), com estrato arbustivo e herbáceo pouco denso, com *Bromelia balansae* e *Lasiacis sorghoidea*.

A riqueza de epífitas é baixa, com pequenas bromeliáceas como *Tillandsia streptocarpa* e algumas orquídeas como *Catasetum fimbriatum* (caducifólia, sobre *Copernicia alba*) e *Vanilla palmarum* (sobre *Attalea phalerata*). Por outro lado, muitas árvores apresentam hemiparasitas (*Psittacanthus*), às quais causam formação de galhas, que servem de base para ninhos de periquitos. Uma árvore considerada pioneira de floresta perturbada ou secundária, *Cecropia pachystachya* (com formigas *Azteca* associadas), no Pantanal ocorre também com grande frequência em bosques originais.

3. Campo seco: inundável em anos de mais chuva, quando *Elyonurus muticus* (dominante) pode morrer em áreas de transição para campo mais úmido; espécies associadas são *Mesosetum chaseae*, *Sebastiania hispida* (indicadora de fogo), *Stilpnopappus pantanalensis*, *Trachypogon spicatus*. Muitas áreas se encontram queimadas, porque o gado aproveita as gramíneas na fase de rebrota.

4. Campo inundável: a principal gramínea prostrada é *Axonopus purpusii*, as altas são *Andropogon bicornis* e *A. hypogynus*, frequentemente com árvores pioneiras esparsas (*Byrsonima orbignyana*, *Curatella americana*, *Vitex cymosa*). A composição da comunidade herbácea varia em função de poucos centímetros de nível relativo.

5. Lagoa temporária, sem água na época seca, ainda sobrevivem algumas aquáticas, tais como *Eleocharis minima*, *Nymphaea amazonum*, *Panicum laxum* e *Pontederia parviflora*, e higrófilas, como *Bacopa* spp. e *Reimarochloa acuta*.

6. Lagoa “permanente”: permanece com água durante os anos mais chuvosos, mas atualmente a maioria está seca; apresenta vegetação em faixas

concêntricas, entre as espécies mais comuns estão *Aeschynomene fluminensis*, *A. sensitiva*, *Eichhornia azurea*, *Eleocharis interstincta*, *Limnobium laevigatum*, *Nymphaea lingulata*, *Oxycaryum cubense* (*Scirpus*), *Pontederia parviflora*, *Salvinia auriculata*. No final da trilha percorrida na cordilheira, chegou-se a uma lagoa quase seca (onde o pequeno tucano araçari bebia água), com *Wolffia brasiliensis* (a menor fanerógama do mundo).

Há um processo de sucessão na vegetação aquática, que começa com macrófitas flutuantes livres (*Salvinia auriculata*, *Limnobium laevigatum*, *Pistia stratiotes*, etc.) e fixas (*Eichhornia azurea*), que são colonizadas por ciperáceas epífitas (*Oxycaryum cubense*), começando uma ilha flutuante, com uma espécie de solo ou substrato orgânico, chamado de “batume” ou “baceiro” (“embalse”), sobre o qual depois crescem gramíneas (*Imperata tenuis*), orquídeas (*Habenaria repens*), samambaias ou “helechos” (*Pityrogramma calomelanus*, *Thelypteris interrupta*), arbustos (*Ludwigia nervosa*) e até arvoretas (*Cecropia pachystachya*). Quando a lagoa seca, ou quando o vento leva essa ilha para a borda durante a descida da água, essa vegetação morre quase totalmente, e o ciclo sucessional recomeça após o retorno da água. Na lagoa quase seca visitada (do jacaré morto e do sobrevivente resgatado), que não secava há mais de 20 anos, foram vistos restos de árvores no leito, de um período seco anterior, tendo sido observado que *Curatella americana* já está crescendo novamente no leito seco; o sedimento orgânico é oxidado e surgem ervas nitrófilas como *Heliotropium indicum*, que depois morrem quando forem submersas. No momento, no lodo ainda úmido estão surgindo plântulas de *Aeschynomene sensitiva*, um arbusto aquático emergente, e sobrevivem indivíduos jovens de *Ludwigia nervosa*. Também seguem crescendo algumas plantas da ilha flutuante (“baceiro”) ancorada em decomposição, que conseguiram estender raízes ao solo do leito da lagoa seca (*Cissus erosa*, *Imperata tenuis*, *Thelypteris interrupta*), mas os arbustos (*L. nervosa*) de 3,5m altura estão mortos.

Na lagoa defronte à sede há *Typha domingensis*, sinal da eutrofização (por efluente doméstico). Também ocorre eutrofização natural, por concentração de nutrientes através de evaporação, na seca, indicado

pelo aumento de Lemnáceas, como *Wolffia brasiliensis*. No início da estação chuvosa, a água rasa de lagoas que haviam secado também é relativamente rica em nutrientes, propiciando a proliferação de macrófitas flutuantes como *Lemna aequinoctialis*, *Limnobium laevigatum*, *Salvinia auriculata* e, onde é mais fértil, *Pistia stratiotes*.

7. Salina: lagoa salobra (pH 8 a 10, com carbonatos de Na e K), circundada por cordilheira fechada, sem comunicação superficial com outras águas, sem macrófitas aquáticas (exceto *Najas* na menos alcalina), rica em algas e artrópodos; são característicos o anel externo da palmeira *Copernicia alba* (carandá) e a praia com *Paspalum vaginatum* e algumas outras halófitas como *Sporobolus pyramidatus*. Na periferia da salina da Reserva há também *Paspalidium paludivagum* e *Pluchea sagittalis* (lucera, uma erva aromática medicinal).

Fazenda Campo Dora:

Fisionomia formada por ilhas de floresta (capões), campos inundáveis e canal (vazante). Fazenda com pouco gado, com pasto alto e com áreas queimadas até nos campos úmidos, os quais geralmente são pouco afetados por fogo, e não deveriam ser queimados, porque via de regra são bem pastados. Na transição cerrado/vazante há uma formação de babaçual.

1. Babaçual (“palmar”): floresta de *Attalea speciosa* (*Orbignya oleifera*), palmeira dominante, favorecida pelo fogo; produz um coco de 8cm de comprimento, com sementes oleaginosas comestíveis, importantes para a fauna (arara-vermelha e roedores), e de uso industrial.

2. Capão: ilhas de bosque, sobre relevo positivo, com denso estrato médio da palmeira *Attalea phalerata*, sob um dossel emergente de árvores decíduais como *Albizia niopoides*, *Sterculia apetala*, *Tabebuia heptaphylla* (às vezes com ninho de tuiuiu *Jabiru mycteria*), borda externa com espécies de galeria como *Rheedia brasiliensis* e outras citadas a seguir.

3. Floresta de galeria: *Andira inermis*, *Inga vera* ssp. *affinis*, *Licania parvifolia*, *Vitex cymosa*, *Vochysia divergens*. *Licania parvifolia* é uma pioneira que avança sobre o campo, na forma arbustiva, formando agrupamentos densos que sombreiam o estrato herbáceo.

4. Campo inundável: *Andropogon hypogynus*, *Leersia hexandra*, *Panicum laxum*, *Reimarochloa acuta*, que são pastadas pelo bovino, entremeadas de *Bacopa australis*, *B. myriophylloides*, *Rhynchanthera novemnervia*, *Paepalanthus lamarckii*, *Phyllanthus stipulatus*, etc. Aparecem manchas dominantes de *Panicum repens*, gramínea rizomatosa exótica.

5. Lagoa temporária: *Echinodorus tenellus*, *E. macrophyllus* ssp. *scaber*, *Eleocharis acutangula*, *E. minima*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Luziola subintegra*, que em geral são forrageiras procuradas por capivara, cervo-do-pantanal, cavalo, etc.

6. Vazante (“canho”): recolhe água pluvial dos campos, no momento estava quase parando de correr. No canal e na lagoa remanescente na seca, ocorrem plantas aquáticas como *Eichhornia azurea*, *E. crassipes*, *Limnobium laevigatum*, *Ludwigia sedoides* e *Salvinia auriculata*. Na cheia, quando a água está fluindo, ocorrem macrófitas submersas como *Cabomba furcata*, *Ludwigia inclinata*, *Nymphaea oxypetala* e *Utricularia foliosa*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Problemas e manejo

Os maiores problemas do Pantanal têm origem externa à planície, na alta bacia. A sub-bacia que está sendo melhor conservada é a área de Bonito, na bacia do Rio Miranda, onde as águas cristalinas ricas em peixes, originadas na parte calcária da serra da Bodoquena, são exploradas como aquários naturais para ecoturismo (Scremin-Dias et al., 1999).

A degradação mais séria está na bacia do Alto Taquari, que está causando o assoreamento do Rio Taquari no Pantanal, matando a floresta ripária e transformando campos sazonalmente inundáveis em alagados permanentes, e já ameaçando a floresta seca (Matas do Cedro e do Fuzil). O processo de assoreamento em si é natural, pois sedimentos de um planalto de 25.000 km² preencheram um leque aluvial de 50.000 km² de areia, cuja profundidade atinge 400m (segundo sondagens da Petrobrás), no entanto, nos últimos 30 anos foi grandemente acelerado pela erosão decorrente do uso inadequado do solo.

O Pantanal vem sendo utilizado pela pecuária bovina há dois séculos. O gado não comprometeu a conservação do Pantanal porque ocupou um nicho

praticamente vazio, pois não há herbívoros nativos em densidade suficiente para consumir a grande oferta de gramíneas. Entretanto, o excesso de pastoreio provoca degradação da pastagem natural, com aumento de invasoras prostradas (*Waltheria albicans*) e arbustivas como *Vernonia brasiliana*, como foi observado na própria fazenda Nhumirim.

O excesso de gado em áreas de *Tabebuia aurea* degrada a vegetação herbácea do montículo, que começa a desmoronar sob ação de pisoteio e de chuva, podendo a árvore associada cair. Eventualmente a concentração de pisoteio pode arrasar até o resistente e rizomatoso *Paspalum hydrophilum*, que é substituído por ervas anuais como *Heliotropium procumbens*, mas depois de alguns anos a gramínea se regenera.

Dentre as poucas espécies consideradas ameaçadas pela pecuária está *Discolobium psoralifolium*, de áreas de solos arenosos muito pobres e de pastagens muito deficientes em nutrientes para o gado. Também orquídeas terrestres como *Habenaria* spp. devem ter sido afetadas pelo pastejo.

Um experimento no caronal (*Elyonurus muticus*) revelou que mesmo com fome, o gado não consome essa gramínea com óleos essenciais e que o excesso de pastejo sobre as espécies intersticiais degrada essa pastagem, dando oportunidade a invasoras.

Nos campos alagáveis de Amapá, o excesso de búfalos causou redução drástica das gramíneas (muitas espécies coincidentes com as do Pantanal) e a dominância de *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*. No Pantanal o rebanho bubalino é muito pequeno e o pecuarista em geral não gosta de búfalos, porque estes não respeitam cercas e facilmente se tornam ferais. Na Fazenda Nhumirim, a vegetação de uma lagoa foi degradada por búfalos, restando somente 5 espécies de macrófitas aquáticas, todas flutuantes, sendo que alguns anos após a remoção dos bubalinos a mesma lagoa passou a ter 23 espécies (Pott et al., 1999).

A área da Reserva Ecológica na Fazenda Nhumirim, de 600 ha, está sem gado desde 1988. Com a exclusão do gado, houve dominância de gramíneas altas nos campos, com perda de espécies menores como *Burmussia* spp. Não se percebem grandes diferenças no cerradão e na floresta seca. No campo sem gado, há muita *Cassitha* (parasita), que antes provavelmente era rompida pelo pisoteio e trânsito dos bovinos.

Fogo

Como em outras savanas, o fogo deve ter histórico antigo na região e a frequência de queimadas aumentou com a ocupação econômica, embora a intensidade tenha diminuído à medida que as gramíneas altas foram sendo substituídas pelas baixas. Uma espécie indicadora de queimada é *Sebastiania hispida*. Muitas espécies com órgãos subterrâneos como xilopódio ou rizoma sobrevivem ao fogo, assim como palmeiras, exceto as de caule fino em vegetação ripária, do gênero *Bactris*.

Desmatamento

Foi feito principalmente nos anos 80, quando havia financiamento, porém já não é feito por não ser econômica a formação de pastagens cultivadas em cordilheira, preferindo-se apenas substituir áreas de gramíneas duras (*Elyonurus muticus*, *Paspalum lineare* no leste), em áreas pouco inundáveis, por *Brachiaria humidicola*, através de simples gradagem, mantendo as formações lenhosas, portanto, sem descaracterizar a fisionomia. A duração da pastagem de *B. decumbens* em cordilheira pode ser superior a 20 anos, embora em muitas áreas tenha definhado sob mau manejo e sucessão secundária. No caso de solos calcimórficos originados de conchas na sub-região do Abobral, depois de produção inicial exuberante, a *Brachiaria* morreu no segundo ano, devido à rápida oxidação do material orgânico superficial e à ascensão de carbonato de cálcio.

Diques.

A construção de diques já não é permitida no Pantanal, não havendo obras similares aos módulos nos Llanos, mas as estradas muitas vezes não têm tubulações suficientes e agem como pequenas represas. Uma ação judicial determinou a demolição de um dique ao sul de Corumbá, mas assim foi provocado outro desequilíbrio porque, depois de alguns anos, já havia sido estabelecido um novo ambiente, com vida aquática na caixa de empréstimo e com árvores com ninhos de aves piscívoras no dique.

Invasoras exóticas

Não há invasoras lenhosas exóticas, como o caso de *Melaleuca* nos Everglades na Florida ou de *Mimosa*

pellita (*M. pigra*) na Austrália e outros países. Uma espécie semelhante à última, *M. weddeliana*, ocorre com frequência no Pantanal em ambientes pouco perturbados, mas aumenta nas lagoas perturbadas, principalmente por fogo, chegando às vezes a dominante. Por outro lado, várias espécies lenhosas nativas podem invadir os campos e eventualmente são controladas, tendo *Byrsonima orbignyana* sido a planta mais combatida, através de corte com machado ou remoção com trator e correntão.

Poucas são as plantas exóticas que têm sido sérias invasoras em áreas alagáveis, exceto duas gramíneas:

a) *Panicum repens*, australiano, avançando sobre campos inundáveis arenosos de vazantes e borda de lagoas; e

b) *Brachiaria subquadriflora* (“tanner grass”), africano, que se expande em ambientes aquáticos de solos argilosos férteis, inclusive sobre ilhas flutuantes, espalhando-se através de estolhos e rizomas carregados pela água.

Há outras plantas exóticas, espécies invasoras pantropicais, que avançam apenas em estradas, terrenos cultivados e cercanias de casas, onde não há inundação ou pouca inundação: *Achyranthes aspera*, *Calotropis procera*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Senna* spp., muitas das quais foram reconhecidas por participantes de outros países no curso.

BIBLIOGRAFIA

- Kahn, F.; B. León y K.R. Young (ed.), 1993. *Plantas vasculares en las aguas continentales de Peru*. Lima: IFEA, 357 p.
- Mauro, R.A.; A. Pott; M.P. Silva y V.J. Pott, 1998. Una propuesta de modelos de estados y transiciones: sabana tropical inundable: el Pantanal arenoso. *Ecotropicos*, 10 (2): 99-112.
- Pott, A., 1994. Ecosistema Pantanal. In: Puignau, J.P. (ed.): *Utilización y manejo de pastizales*. Montevideo: IICA-PROCISUR, p. 31-44. (IICA-PROCISUR Diálogo, 40).
- Pott, A. e V.J. Pott, 1994. *Plantas do Pantanal*. Brasília: Embrapa. 320 p. il.
- Scremin-Dias, E.; Pott, V. J.; Hora, R.; Souza, P.R. 1999. Nos jardins submersos da Bodoquena, guia para identificação das plantas aquáticas de Bonito e região. Campo Grande: UFMS. 160 p.

- Pott, A. e V.J. Pott, 1999. Flora do Pantanal: listagem atual de Fanerógamas. In: Simpósio sobre recursos naturais e socio-economicos do Pantanal 2., 1996, Manejo e Conservação, Corumbá, MS. Anais... Corumbá: Embrapa Pantanal. p. 297-325.
- Pott, V. J. e Pott, A. 2000. *Plantas Aquáticas do Pantanal*. Brasília: Embrapa, 404 p. il.
- Pott, V.J.; A.C. Cervi; N.C. Bueno e A. Pott, 1999. Dinâmica da vegetação aquática de uma lagoa permanente na fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS. In: Simpósio sobre recursos naturais e socio-economicos do Pantanal 2., 1996, Manejo e Conservação, Corumbá, MS. Anais Corumbá: Embrapa Pantanal. p. 227-235.
- Pott, A.; V.J. Pott y Z. Campos, 2000. *Plantas do Pantanal*. Embrapa /Sebrae /Agribusines (Vídeo).
- Silva, M.P.; Mauro, R.A.; Boock, A.; Pott, A.; Ribeiro, M.A. 1998. Una sabana tropical inundable: el Pantanal arcilloso, propuesta de modelos de estados y transiciones. *Ecotropicos*, 10 (2): 87-98.

LOS HUMEDALES CONTINENTALES DEL PARAGUAY Y SUS PRINCIPALES FORMACIONES VEGATALES

FRESHWATER WETLANDS OF PARAGUAY AND THEIR VEGETATION TYPES

María Fátima Mereles H.
Dpto. de Botánica, Facultad de Ciencias Químicas,
Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.
fmereles@sce.cnc.una.py

RESUMEN

Se describen ambientes anegables o inundables de la República del Paraguay, sintetizando algunos rasgos estructurales básicos, y listas de las especies vegetales más frecuentes de los diferentes tipos de vegetación de humedales: sumergidas; flotantes enarazadas; de deriva; de interfase estero/bosque periestero; de sabana o de formaciones geomorfológicas especiales, como bancos de arena y albardones. Se diferencian los ambientes de agua permanente o semipermanente (esteros, por ejemplo), caracterizados por la dominancia de vegetación hidrófila, de aquellos donde la saturación del suelo adquiere características episódicas. Este último rasgo, permite la coexistencia de bosques diversos, con elementos estructurales que dependen de la duración de los tiempos de residencia del agua. Se adiciona una breve descripción y lista de especies de la fauna autóctona de los humedales paraguayos.

Palabras clave: Humedales – Vegetación – Plantas acuáticas – Paraguay.

SUMMARY

The main wetland types of Paraguay are described, taking into account some basic structural

characteristics and floristic composition. Different vegetation types could be distinguish: submerged, rooted and drifting floating species, marsh and peripheral marsh woods interface species, savanna or particular geomorphologic formations, like sandbanks and ridges. Permanent or semi-permanent waterlogged areas (marshes, for example) with predominance of hydrophilic vegetation are differentiated from those where ground saturation acquires episodic characteristics. The latter, allows the coexistence of diverse woods with structural elements which vary according to the flooding period. A brief description and a list of Paraguay wetlands autochthonous fauna are included.

Key words: wetlands, vegetation, aquatic plants, Paraguay.

INTRODUCCIÓN

Las formaciones vegetales en los humedales de agua dulce es bastante variada; esto tiene que ver naturalmente con la calidad del agua, el tipo de suelo sobre el cual se desarrolla la vegetación, el tipo de ambiente, esto es léntico o lótico, si se trata de aguas permanentes o temporarias, entre otros factores.

Delimitar el tipo de vegetación del humedal en ocasiones no es fácil, dado que las formaciones vegetales están muy ligadas al pulso del agua; en las áreas inundables, otra complicación frecuente es: hasta dónde llegan las inundaciones? Obviamente esto es una cuestión de tiempo y de ciclos, muchas veces alterados por fenómenos inusuales que tienen que ver especialmente con los cambios en el clima.

Los humedales continentales pueden a su vez ser lóticos o lénticos, dulceacuícolas o salobres y salados, exorreicos o endorreicos; son en estos últimos en donde se encuentran en ocasiones especies confinadas que en algunos casos se constituyen en endemismos.

A continuación se describen algunas formaciones vegetales representativas de los humedales continentales.

Para una mejor comprensión, se describen las formaciones vegetales asociadas a sus tipos de ambientes acuáticos, es decir, asociadas directa o indirectamente al agua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Formaciones vegetales ligadas directamente al agua

Son aquellas formaciones y/o asociaciones vegetales que necesitan de agua permanente para poder subsistir; estas a su vez pueden caracterizarse según el hábito de las especies que la conforman; son las siguientes:

Sabanas de inundación permanente (esteros y pantanos)

Se desarrollan con mayor intensidad en los ambientes lénticos como las lagunas, estanques, depresiones inundadas, también aparecen en ambientes mixtos como los denominados semi-lóticos o semi-lénticos, en donde se establece una corriente de agua en profundidades en tanto que en superficie, el agua permanece estática o con poco movimiento, como los desarrollados en el interior de los palmares de *Copernicia alba* en las costas de los grandes ríos y arroyos.

Atendiendo a sus formas de vida, la vegetación de estas sabanas pueden ser:

Vegetación flotante libre

Flotan libremente sobre la superficie del agua; en ocasiones conforman masas puras con una o más

especies, formando los denominados “camalotales”; las principales especies son: *Eichhornia azurea*, *E. crassipes*, *Pontederia rotundifolia*, *Pistia stratiotes*, *Azolla filiculoides*, *A. caroliniana*, *Salvinia herzogii*, *Lemna* sp., *Spirodela* sp., *Hydrocleis nymphoides*, *H. modesta*, *Phyllanthus fluitans*, *Mayaca fluviatilis*, *Alternanthera philoxeroides*, *Ceratopteris pteridoides*, *Ludwigia helminthoriza*, *Pacourina edulis*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Heteranthera reniformis*, *H. multiflora*, *H. zosterifolia*, *Polygonum ferrugineum*, *P. paraguayense*, *P. stelligerum*, *Rumex argentinus* (algunas veces enraizada), entre otras.

Vegetación-semi sumergida (arraigadas o libres)

Parte del vegetal se encuentra inmerso en la masa de agua; las flores por lo general, son emergentes; se mencionan a: *Elodea* spp., *Myriophyllum aquaticum*, *Utricularia foliosa*, *Cabomba australis*, *Potamogeton striatus*, *P. gayii*, *Ruppia marítima*, entre otras.

Algunas viven adheridas a las rocas y aparecen debajo de las cascadas y saltos de agua, así como en los rápidos de arroyos, como las especies de Podostemaceae; se mencionan a: *Apinagia guairaensis*, *A. yguazuensis*, *Mourera aspera*, *Podostemum aguirense*, *P. rutifolium*, *P. undulatum*, *Tristicha trifaria*, *Wettsteinola apipensis*, *W. pinnata*, entre otras.

Vegetación enraizada

Por lo general, parte del cuerpo del vegetal se encuentra enraizado en el lodo del fondo, con las hojas y las flores emergentes; son las más abundantes y soportan tanto inundaciones periódicas, no tan largas, como periodos de sequía; se mencionan a: *Echinodorus grandiflorus*, *E. longiscapus*, *Eichhornia paniculata*, *Nymphaea amazonum*, *Victoria cruziana*, *Nymphoides humboldtianum*, *N. verrucosa*, *Limnocharis laforestii*, *Hydrocleis mattogrossensis*, *Canna glauca*, *C. coccinea*, *Thalía geniculata*, *T. multiflora*, *Schoenoplectus californicus*, *Rhynchospora corymbosa*, *R. tenuis*, *Eleocharis elegans*, *E. nodulosa*, *E. montana*, *E. fistulosa* (en general todas las especies de este género), *Typha domingensis*, *T. latifolia*, *Caperonia palustris*, *Pontederia cordata* var. *cordata*, *P. subovata* (esta eventualmente también puede ser flotante),

Gymnocoronis philantoides, *Ipomoea carnea* spp. *fistulosa*, *Callitriche terrestris* spp. *subsessilis*, *C. deflexa*, *Ranunculus bonariensis* spp. *bonariensis*, *R. flagelliformis*, *R. apiifolius*, *Polygonum punctatum*, *P. acuminatum*, *P. hispidum*, *P. hidropiperoides* (a veces también flotante con hábitos flotantes), *P. lapathifolium*, *Rumex obovatus*, entre otras.

En ocasiones, algunas especies rizomatozas tienden a formar consocios puros, dando lugar a “isletas” de vegetación acuática radicante que sobresale por su tamaño en los esteros; las siguientes denominaciones corresponden a los nombres vernáculos:

Totorales

Constituyen asociaciones puras de *Typha domingensis* y *T. latifolia*, “totora”, acompañadas de otras acuáticas radicantes como: *Gymnocoronis philanthoides*, *Eleocharis elegans*, *Luziola peruviana*, entre otras.

Pirizales

Son asociaciones puras de *Schoenoplectus californicus* y *Cyperus giganteus*, los denominados “pirí”, acompañados de algunas poaceas acuáticas.

Embalsados

Son asociaciones de vegetales acuáticos de naturaleza flotante y que presentan diversos estadios de evolución, relacionado directamente a la naturaleza del sustrato sobre el que se desarrollan (Mereles, 1998,2000). Estas asociaciones flotantes descritas muy bien por Cabrera y Willink (1973), aparecen tanto en ambientes lénticos como lóticos, presentando características especiales dependiendo de cada uno de los casos.

En efecto, los embalsados desarrollados sobre aguas corrientes en general mantienen estadios primarios, con pocas especies dado que las corrientes de agua no permiten la evolución y afianzamiento del sustrato que funciona como suelo; las especies principales son: *Eichhornia crassipes*, *E. azurea*, *Pontederia rotundifolia*, *Polygonum stelligerum*, *P. punctatum*, *Alternanthera philoxeroides*, entre otras. Dentro de este cuerpo se encuentran presentes por lo general especies de menor tamaño como: *Lemnaspp.*,

Azolla filiculoides, *A. caroliniana*, *Salvinia auriculata*, *S. herzogii*, entre otras.

Los embalsados desarrollados sobre aguas estancadas o de poca corriente presentan una mayor diversidad dado que el sustrato sobre el cual se enraiza la vegetación va evolucionando; así, en los más jóvenes, con sus sustrato delgado, las especies flotantes, con aerénquima, dan lugar a otras que necesitan enraizarse; cuando la vegetación en este estadio se afianza, aparecen por lo general las siguientes especies: *Hibiscus striatus*, *Mayaca sellowiana*, *Eleocharis elegans*, *Xyris jupicai*, *Xyris spp.*, *Callitriche deflexa*, *Ipomoea carneaspp. fistulosa*, *Nymphoides humboltianum*, *Juncus densiflorus*, *Thelipteris spp.*, entre otras.

En este estado aparecen numerosas lianas, entre las que se mencionan a: *Clematis montevideensis*, var. *montevideensis*, *Muehlenbeckia sagittifolia*, *Cussus palmata*, *C. palmata* var. *balansana*, *C. verticillata*, *Ipomoea chiliantha*, *Mikania cordifolia*, *Rhabdadenia ragonesei*, entre otras.

A medida que el sustrato va engrosándose, otras especies van reemplazando a las mencionadas en el párrafo anterior; estas son generalmente rizomatozas, las que se afianzan rápidamente e impiden el desarrollo de otras; en este estadio sobresalen: *Typha latifolia*, *T. domingensis*, *Talia geniculata*, *Schoenoplectus californicus*, *Cyperus giganteus*, *Rhinchospira corymbosa*, *Eleocharis elegans*, entre otras (Mereles, 1998).

En los últimos estados aparecen en algunos casos especies arbóreas como *Erithrina crista-galli*, *Mimosa pellita*, *Salix humboldtiana* var. *martiana*, entre otras.

Según nuestras observaciones, los embalsados se desarrollan en función a la profundidad del agua, la poca corriente existente y obviamente el sustrato sobre el cual se enraizan las especies; acorde con Schulz (1961), cuando las depresiones son poco profundas, solo se observan en sus primeros estadios.

Formaciones ligadas indirectamente al agua

Estas formaciones dependen del agua en gran medida; sin embargo, su exposición al factor líquido está en relación con los distintos niveles de inundación alcanzado por los cuerpos de agua en cada temporada, dado que los flujos de crecida de las aguas son variables (pulsos de agua variables).

Las formaciones vegetales detectadas, son las siguientes:

Los bosques

Los bosques inundables no se encuentran únicamente en las riberas de los cursos o cuerpos de agua en general; en algunos casos se encuentran en las cercanías de las nacientes de agua, al interior; de acuerdo a las características, estos pueden ser:

Bosques ribereños

Se desarrollan a lo largo de los cursos de agua lóticos o lénticos; permanecen inundados en forma temporaria luego de las precipitaciones o durante las crecientes del curso; el tiempo de inundación varía con el pulso natural del curso.

Estos bosques conforman entre 2 y 4 estratos de vegetación, a veces con abundantes lianas y en general con un sotobosque bastante ralo, especialmente hacia las áreas de mayor inundación.

Las especies que conforman estos bosques están relacionadas con los tipos de suelos; en este trabajo mencionamos a gran parte de ellas, independientemente de los suelos sobre los cuales se desarrollan; son las siguientes: *Gleditsia amorphoides*, *Triplaris gardneriana*, (a veces también en sitios no inundables como jardines y veredas), *Coccoloba argentinensis*, *C. cujabensis*, *C. guaranítica*, *C. paraguayensis*, *Ruprechtia brachysepala*, *R. laxiflora* (a veces también en bosques no inundables), *Bergeronia sericea*, *Calycophyllum multiflorum*, *Albizia inundata*, *Celtis iguanaea*, *Sapindus saponaria*, (a veces también en sitios no inundables, por ejemplo, cultivada en los jardines y veredas), *Vitex megapotamica*, *Sapium haematospermum*, *Bauhinia bauhinioides*, *Aporosella chacoensis*, *Cynometra bauhinifolia*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Prosopis alba*, *P. nigra*, *Tessaria integrifolia*, *T. dodonaefolia*, *Crataeva tapia*, *Chrysophyllum marginatum*, *Genipa americana*, *Plinia rivularis*, *Inga uruguensis*, *Erithrina cristagalli*, *Croton urucurana*, *Sebastiania brasiliensis*, *Guadua* spp., *Calophyllum brasiliense*, *Parkinsonia aculeata*, *Phyllostylon rhamnoides*, entre otras.

Bosques inundables del interior

Son aquellos que se desarrollan en las cercanías de nacientes de agua; aparecen algunas especies comunes

con la de los bosques marginales, como ser: *Inga uruguensis*, *Plinia rivularis*, *Enterolobium contortisiliquum*; por lo general, aparecen algunas especies de los denominados “helechos arborescentes” de los géneros *Cyathea* y *Alsophylla*.

Bosques de barrancos inundables

En la ecorregión Chaco-Pantanal (región del Chaco boreal, Paraguay o Alto Paraguay) los bosques de “quebracho”, *Schinopsis balansae*, se inundan con algunas crecidas importantes de las aguas, por ejemplo: los ciclos de cada cien años o un poco menos; si bien muchas de las especies no son propiamente de humedales, estas resisten a las inundaciones hasta 2-3 meses; las más representativas de este bosque son: *Schinopsis balansae*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Syagrus romanzoffiana*, *Caesalpinia paraguariensis*, *Astronium urundeuva*, *Calycophyllum multiflorum*, *Anadenanthera colubrina*, entre otras.

Dentro de este tipo de bosques se deberá definir muy bien los límites hasta donde considerar un humedal.

Bosques de bambú (bambuzales)

Son formaciones monoespecíficas de *Guadua* spp. que se desarrollan a lo largo de algunos cursos de agua; por lo general se presentan con un solo estrato de vegetación y muy difíciles de penetrar, con límites bien definidos.

Sabanas inundables e inundadas

Son formaciones variables, sin vegetación boscosa, sujetas a inundaciones temporarias.

Sabanas palmares

Constituyen formaciones monoespecíficas de *Copernicia alba*, conformadas por un solo estrato de vegetación leñosa, acompañada de un estrato herbáceo cambiante, que depende de las inundaciones periódicas; en efecto, cuando las áreas que ocupan estas sabanas palmares están muy deprimidas, las inundaciones son más largas, los suelos permanecen inundados más tiempo; las especies dominantes en este caso son: *Cyperus surinamensis*, *Eleocharis elegans*, *E. montana*, *E. occidentales*, *Echinodorus*

longiscapus, *Canna glauca*, *C. coccinea*, *Rhynchospora corymbosa*, *R. emaciata*, *R. tenuis*, entre otras.

Sin embargo, cuando las sabanas se encuentran menos deprimidas y con los suelos modificados, aparecen otras especies de áreas menos inundables.

Estas sabanas se ven muy afectadas durante la época de pulsos altos, en las que las inundaciones periódicas llegan hasta los ocho meses.

Sabanas de pastizales

Están constituidas por una vegetación herbácea en la que dominan especies de naturaleza acuático-palustres; sobresalen por lo general gramíneas y ciperáceas palustres, entre ellas: *Luziola peruviana*, *Hymenachne amplexicaulis*; las ciperáceas son más agresivas, debido al rizoma que poseen; aparecen por lo general las mismas especies que las del estrato herbáceo de los palmares de *Copernicia alba*.

En algunos casos, se forman pequeñas canales inundables con suelos arenosos en donde aparecen ciertas especies típicas de estos ambientes como: *Xyris* spp., *X. jupicai*, *Mayaca sellowiana*, *Eleocharis quinquangularis*, *Syngonanthus caulescens*, *Drosera communis* y *D. brevifolia*, entre otras (Mereles, 2001).

Bancos de arena y playas arenosas

Los bancos de arena y playas arenosas mantienen especies similares dado el tipo de suelo sobre el que se desarrollan; son ambientes pobres en vegetación pero muy especiales; en efecto, los suelos muy lixiviados e inundables temporariamente permiten el desarrollo de algunas especies entre las que se destacan: *Ocotea diospyrifolia*, *Salix humboldtiana* var. *martiana*, *Crataeva tapia*, *Pouteria gardneriana*, *Muehlenbeckia sagittifolia*, *Polygonum punctatum*, *Hibiscus striatus*, *Ipomoea carnea* spp. *fistulosa*, entre otras. En algunos casos los sauzales (poblaciones de *Salix humboldtiana*), son monoespecíficas; en general, la vegetación de bancos no presenta estratificación, es una formación muy abierta y con un suelo inundable muy ralo. Eventualmente aparecen algunas lianas como: *Cissus palmata*, *Mikania cordifolia*, *Rhabdadenia ragonesei*, entre otras.

Son muy comunes a todo lo largo del río Paraguay (Mereles, 2001).

Matorral de salina

Se desarrollan en las peri-lagunas de aguas saladas y salobres y riberas de los cursos temporarios con aguas saladas encontradas en el Chaco boreal; la fisionomía es la de un matorral cuya altura no sobrepasa los 1,50 cm, con un solo estrato de vegetación y bastante abierto, con sotobosque ralo; las especies más representativas, son: *Maytenus vitis-idaea*, *Lophocarpinia aculiatifolia*, *Grabowskia duplicata*, *Cyclolepis genistoides*, *Lycium cuneatum*; más al interior, en las partes más altas aparecen: *Prosopis nigra* y *P. ruscifolia*.

Cuando el cauce se seca durante la época de sequía, colonias de la vegetación propia del salar invaden el lecho de los cauces temporarios, la que se desarrolla en ocasiones con una costra de sal en superficie; aparecen frecuentemente: *Heterostachys ritteriana*, *Sarcocornia perennis*, *Heliotropium procumbens*, *Sclerophylax spinescens* y *Portulaca grandiflora*, entre otras (Degen y Mereles, 1996).

Estas formaciones acompañan por lo general a sistemas endorreicos salados o salobres (Mereles, 1998).

CONSIDERACIONES FINALES

Los ambientes húmedos tropicales y subtropicales son muy ricos en especies por lo que se necesitan profundizar los estudios taxonómicos; si bien la flora acuática es bastante cosmopolita, se necesitan más registros para tener una idea cabal de la distribución de las mismas.

En general representan un hábitat muy importante para una buena parte de la fauna, especialmente la de macro invertebrados, muy poco conocidos aún así como otras especies que se encuentran en peligro como: *Eunectes notaeus*, *Blantocereus dichotomus* y *Caiman latirostris*, entre otras.

Muchos de estos hábitats se encuentran amenazados por el drenaje mecanizado o artesanal, práctica ancestral realizada en la mayor parte de los humedales; la consecuencia es la completa alteración del mismo, con la invasión de malezas acuáticas o de áreas de inundación.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, A. y A. Willink. 1973. Biogeografía de América Latina. Organización de Estados Americanos (O.E.A.) Ser. Biología, 13. 72-74.
- Degen, R. y F. Mereles. 1996. Check-List de las plantas colectadas en el Chaco boreal, Paraguay. *Rojasiana*, 3 (1): 1-175.
- Mereles, F. 1998. Los Humedales de Paraguay. En: Halffter, G. (ed.): La diversidad biológica de Iberoamérica. Vol. III. *Acta Zoológica Mexicana*, Vol. Especial. 39-50.
- Mereles, F. 2000. Iniciativas Transfronterizas para el Pantanal, Paraguay: la flora acuática. Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco, The Nature Conservancy y Agencia de Cooperación Americana, U.S.A.I.D., 120 p.
- Mereles, F. 2001. Evaluation of the Aquatic Floral Diversity in the Upper and Lower Rio Paraguay Basin, Paraguay. In: Turnoff, B., Willink, P. y J. Montambault (eds.): *RAP Bulletin of Biological Assessment 19*. Conservation International, The Field Museum of Natural History, Chicago, Center for Applied Biodiversity Science (CABS), Museo de Historia Natural, Paraguay y Universidad Nacional de Asunción, Paraguay, 56-60.
- Mereles, F. 2001. Droseraceae. In: Spichiger, R. y L. Ramella (eds.): *Flora del Paraguay*. Conserv. Jard. Bot. Genève y Missouri Bot. Gard. 35, 1-16.
- Schulz, N. 1961. Notas sobre la vegetación acuática chaqueña: esteros y embalsados. *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 9: 141-150.

LOS HERBAZALES DEL DELTA DEL RÍO ORINOCO Y SU AMBIENTE

I: ÁREA REGULADA

THE MEADOWS OF THE RIVER ORINOCO AND THEIR ENVIRONMENT. I: IMPOUNDED AREA

Guiseppe Colonello
Museo de Historia Natural La Salle. Apdo 1930, Caracas 1010-A Venezuela
colonello@mixmail.com

RESUMEN

El Delta del río Orinoco es uno de los sistemas deltaicos menos intervenidos del trópico. Consiste de un complejo de humedales y ecosistemas acuáticos, que incluye bosques y herbazales de pantano, bosques de palmas -morichales- y manglares, además de extensas comunidades de orilla a lo largo de los ríos. Si bien se conoce suficientemente bien la distribución y cobertura de los herbazales, el conocimiento de su composición florística y condicionamientos ecológicos es fragmentario. Estas comunidades pueden separarse en : 1) herbazales del Delta Superior: donde los aportes de agua provienen de las crecientes anuales de los ríos y las lluvias en el sector no regulado y por las lluvias en las áreas protegidas y 2) herbazales del Delta Inferior en los que el aporte mayor es por vía de las precipitaciones y las mareas. Estas últimas tienen un papel preponderante, regulando el drenaje y generando gradientes salinos.

La riqueza específica de los humedales decrece siguiendo un gradiente general de inundación, sur-norte. Se sugiere que los aportes alóctonos de nutrientes y el ciclo de inundación estacional en algunas

de las comunidades del Delta Superior producen los mayores índices de diversidad. Por otra parte en ambientes de aguas casi estancadas con influencia salina -del Delta Inferior- se produce los valores menores de diversidad.

La regulación del caño Mánamo ha causado el mayor impacto sobre los herbazales -y el Delta en general- reduciendo significativamente su extensión y diversidad florística, debido a la protección de las inundaciones estacionales, el drenaje de las tierras y su conversión en un estuario permanente.

Debido a la escasez de datos físico-químicos disponibles sobre las aguas y substratos de los herbazales, se destaca la importancia de profundizar los estudios ambientales en estos ecosistemas.

Palabras claves: Herbazales, Humedales, Delta del Orinoco, Plantas acuáticas, Diversidad, Venezuela.

SUMMARY

The Orinoco Delta is one of the least inventoried tropical deltaic systems. It consists of a complex of wetlands and aquatic ecosystems that include forests, marshes, palm forests -morichales-, mangroves, as well

as extensive riparian communities along the rivers. Although sufficient is known about the distribution and coverage of the herbaceous swamps, the knowledge concerning floristic composition and ecological conditions is little more than fragmentary. These communities can be separated into: 1) marshes of the Upper Delta: whose water budget derives from precipitation and the flooding in the unregulated areas; and 2) marshes of the Lower Delta that receive waters from precipitation and where the tides have a predominating role in regulating drainage and creating saline gradients.

The specific richness of the marshes decreases along a general south-to-north gradient. It is suggested that the alloctonous supplies of nutrients and the seasonal flood cycles among some of the communities in the Upper Delta generate the greatest plant diversity. On the other hand, stagnant environments influenced by saline waters -in the Lower Delta- produce the lowest diversity levels.

The regulation of the Mánamo Channel has had the greatest impact on the marshes -and in the Delta in general- significantly reducing their expanse and floristic diversity in exchange for protection against the seasonal flooding, the draining of the lands, and their conversion in a permanent estuary.

Due to the lack of available physical and chemical data concerning the waters and substrates of the marshes, it is important to promote in-depth environmental studies of these ecosystems.

Key words: Marshes, Wetlands, Orinoco River Delta, Aquatic plants, Biodiversity, Venezuela

INTRODUCCIÓN

El Delta del Río Orinoco ubicado en el estado Delta Amacuro en Venezuela (Fig. 1) comprende 40.200 km², gran parte de los cuales está formado por un complejo de humedales y ecosistemas acuáticos tropicales. La planicie deltaica es un mosaico de bosques y herbazales de pantano rodeados por cientos de cauces, localmente llamados “caños”, que distribuyen las aguas del Orinoco, y que van desde pequeños canales hasta grandes cauces de varios kilómetros de anchura.

Los herbazales han sido definidos como una comunidad vegetal dominada por hierbas altas no

graminiformes (Huber y Riina, 1997). En Venezuela pueden hallarse en diferentes ambientes, desde microtéricos como en los tepuyes de la región Andina y Guayana o como macrotéricos en la Región del Delta.

En la planicie deltaica se han descrito ocho diferentes tipos de herbazales (Huber y Alarcón, 1988; García, 1987; Huber, 1995) atendiendo a la composición y cobertura del componente arbóreo que pueden acompañar a la comunidad: herbazal inarbolado, herbazal con bosquetes, herbazal con palmares, herbazal de hoja ancha, inundable, en pantanos; herbazal de hoja ancha, inundable en pantanos sobre turba; herbazal de pantano; herbazal y bosque de galería. Debe acotarse que Canales (1985) y MARNR (1982) en sus mapas de la cobertura vegetal del Delta utilizan el término “sabanas” para referirse a estas mismas comunidades.

Los estudios de los herbazales, al igual que el resto de la vegetación en el Estado Delta Amacuro, han sido muy escasos debido a que esta región permaneció relativamente aislada del resto de Venezuela hasta hace unos 40 años, aunado a la relativa dificultad que implica el desplazamiento en un territorio que se encuentra inundado durante buena parte del año. Algunos de los estudios que han involucrado aspectos de la flora y ecología de los herbazales han sido realizados por Delascio (1975), Danielo (1976) y más recientemente por Canales (1985), C.V.G.-Tecnín (1991), Colonnello et al. (1993) y Colonnello (1995). Un importante aporte fue realizado por varias compañías petroleras quienes llevaron a cabo extensos estudios de línea de base y de posibles impactos ambientales que aumentaron considerablemente el conocimiento de la biota y ecología de los humedales, herbazales y bosques de pantano de la región (Geohidra Consultores, 1998; Infrawing y Asociados, 1998; Natura SA, 1998).

Sin embargo un claro índice de la escasa colección botánica de los herbazales es el continuo reporte de nuevos registros para su flora (Colonnello et al., 1993; Colonnello, 1999, 2001; Colonnello y Fedón, en prep.) a lo largo de los últimos años.

Este estudio abarca el territorio comprendido entre el caño Mánamo, incluyendo la desembocadura del río Guanipa, y el caño Macareo. Esta área ha sido

definida por Escalante (1993) como el “Delta Intervenido”, ya que incluye el área bajo influencia directa del represamiento del caño Mánamo, mientras que el no intervenido abarca el resto del abanico deltaico.

La regulación del Mánamo, cuyos beneficios sociales han sido muy debatidos (Escalante, 1993; García Castro y Heinen, 1999), ha causado dos efectos clave en el ambiente deltano: la protección contra la inundación estacional de cerca de 300.000 ha en el Delta Superior (C.V.G., 1967) y el cambio del régimen fluvio-estuarino por totalmente estuarino de lo que se considera el Delta Medio e Inferior (Colonnello, 2001; Warne et al., 2002).

EL AMBIENTE FÍSICO

El Delta del Orinoco (Fig. 1) puede ser dividido en tres regiones naturales de acuerdo al origen sedimentológico, hidrología, clima y vegetación de cada una (MARNR, 1979; Canales, 1985; Warne et al., 2002):

1. El Delta Superior formado predominantemente por la acción fluvial y en menor grado por las precipitaciones. En general se halla entre 7 y 2,5 m de elevación y se inunda estacionalmente. La vegetación natural boscosa ha sido extensamente intervenida, por lo que actualmente está dominada mayormente por vegetación herbácea.

2. El Delta Medio en cuya formación intervienen tanto la precipitación como procesos fluviales y marinos. Comprende amplias regiones prácticamente planas en la parte central del abanico deltaico por lo que el drenaje es muy pobre. Se mantiene permanentemente inundado por las lluvias locales y la acción mareal y fluvial, con períodos cortos de sequía en posiciones topográficamente altas. Esta porción del Delta es predominantemente boscosa y prácticamente carece de herbazales.

3. El Delta Inferior, donde predominan la acción de las mareas y la precipitación, incluye la franja costera la cual está permanentemente inundada. La cubierta vegetal son herbazales y bosques además de una franja de manglares costeros a lo largo de las riberas de los ríos.

La influencia mareal es muy pronunciada en el Delta, en particular durante la estación seca, cuando la descarga de los ríos está en su nivel más bajo y el nivel de las aguas oscila aún a 250 km río arriba.

En el área regulada por el represamiento hay un claro gradiente desde el Delta Superior al Inferior, donde el sistema va de dulceacuícola a típicamente estuarino (Paolini et al., 1993; Olivares y Colonnello, 2000).

En la figura 2 se representa un perfil esquemático de las islas que forman el Delta, las cuales tienen forma de plato con su parte interior más deprimida. La vegetación leñosa se encuentra -en general- en las posiciones topográficamente altas sobre los albardones de los ríos. En contraste los herbazales ocupan las posiciones más bajas. La diferencia topográfica entre ambas posiciones es de aproximadamente 1.2 m (van der Voorde, 1962) disminuyendo gradualmente hacia el Delta Inferior, por ejemplo a la altura de los herbazales de Pepeina y Wacajara donde la diferencia es ya casi imperceptible (Fig. 1).

CLIMA

La precipitación constituye el factor climático más importante en el mantenimiento de los humedales en el delta, aportando al llenado de las depresiones y contribuyendo a definir la química de las aguas ya que diluye materia orgánica y sedimentos depositados previamente. De acuerdo con CVG-Tecmín (1991) y Huber (1995) la región muestra dos tipos climáticos principales:

1. Ombrófilo macrotérmico, el cual es dominante en el Delta Inferior y consiste en un corto período seco entre diciembre y febrero, pero sin déficit hídrico. Las precipitaciones pueden alcanzar los 2798 mm anuales. La temperatura media es de 25.5°C.

2. Tropófilo macrotérmico, dominante en el Delta Superior. Esta área tiene una precipitación entre 1500 y 1800 mm con una marcada estación seca de hasta cinco meses entre diciembre y abril. Este clima se asocia con un corto período de déficit hídrico en los suelos. Los vientos generan altas tasas evaporativas. La temperatura media es de 25.8°C.

El balance hídrico para el Delta Superior muestra que la evapotranspiración es, en general, menor que la precipitación, particularmente durante los meses de junio a agosto y entre noviembre y diciembre, promoviendo la anegación de la región (MARNR, 1988).

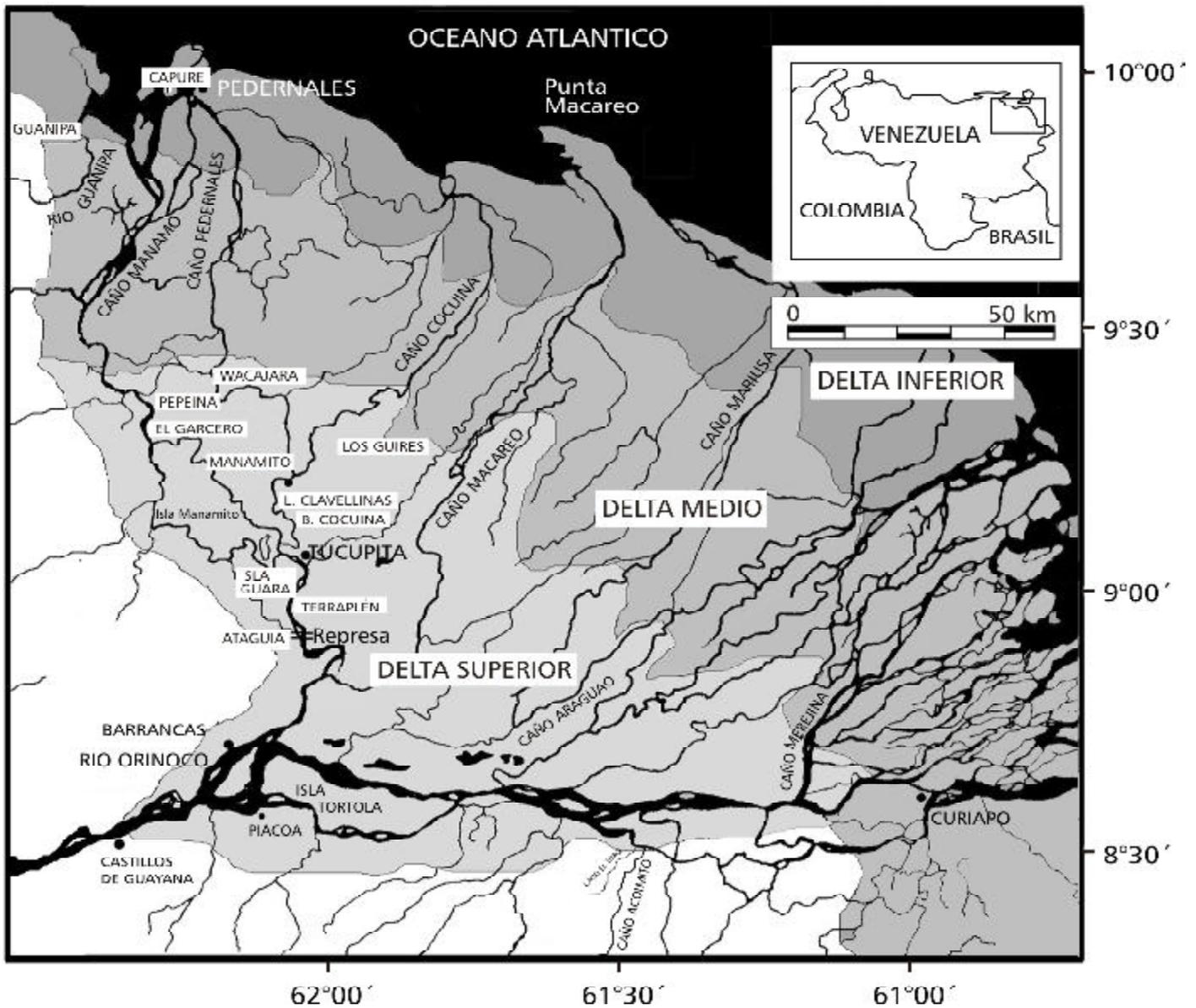


Figura 1. El delta del Orinoco, división y principales distributarios. Se muestra la localización de los herbazales descritos.

SUELOS

Los suelos son predominantemente hydromórficos y, aun cuando hay una gran heterogeneidad, están dominados por pocos grupos. En el Delta Superior son Fluvaquents, Sulfaquents e Hydraquents con predominio de arenas finas, limos y arcillas y en el Delta Medio e Inferior dominan los tipos orgánicos Tropofibrst e Hydraquents. En general los suelos son pesados, pobremente drenados, ácidos y con baja fertilidad (COPLANARH, 1979).

Un análisis detallado de los suelos a lo largo de un gradiente de profundidad desde el albardón hasta la

cubeta de decantación en la Isla Macareo del Delta Superior (Van der Voorde, 1962), muestra que los albardones generalmente no anegables están compuestos de arenas limosas muy finas en la superficie y arenas finas con capas moteadas en profundidad. En la parte más profunda del transecto la profundidad de la lámina de agua es mayor y los suelos son inmaduros, arcillosos, con abundante materia orgánica poco descompuesta tanto en superficie como en profundidad. Este patrón se repite a lo largo de todo el territorio condicionando la vegetación boscosa y herbácea.

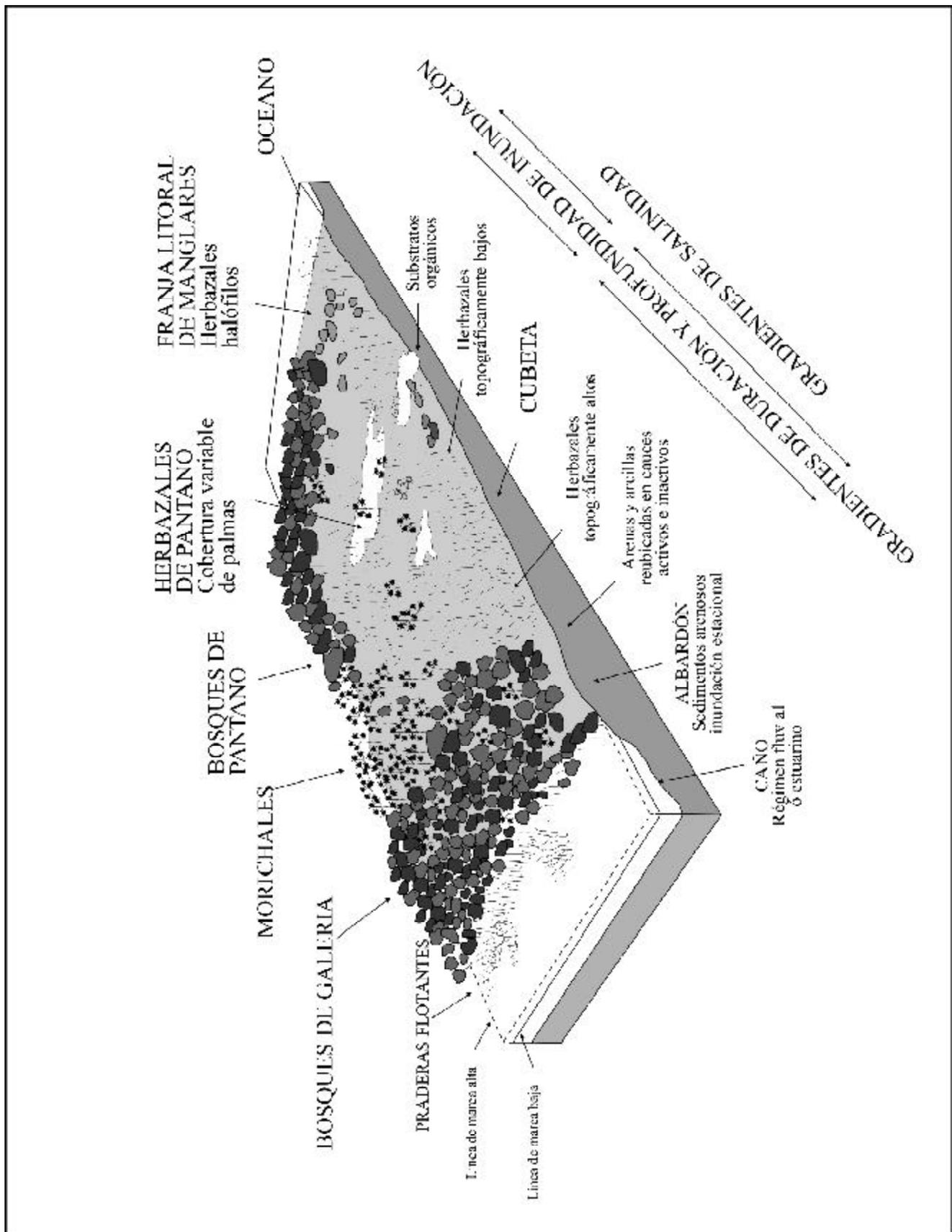


Figura 2.

Van der Voorde (1962) describe detalladamente el proceso de deposición de los materiales arenosos y arcillosos cuando las aguas se desbordan e ingresan al interior de las islas. La remoción de materiales depositados en años anteriores y redepositados en otra parte crearía un mosaico de diferentes clases texturales en diferentes sectores. Lo anterior podría explicar la distribución heterogénea de la vegetación de algunos herbazales donde no son notorios otros gradientes ambientales.

EL CICLO HIDROLÓGICO

El comienzo de la época de lluvias, precede en dos meses al pulso de inundación de los principales caños y canales del Delta del Orinoco. Esto tiene importantes efectos en los herbazales y lagunas interiores del Delta ya que la entrada de agua, su fuente y volumen, puede modificar las propiedades de los cuerpos de agua. Por ejemplo la disponibilidad de nutrientes, el grado de anoxia, la salinidad del suelo, las propiedades de los sedimentos y el pH de los sedimentos (Mitsch and Gosselink, 2000).

A partir de estudios realizados en los humedales de la planicie de inundación del Orinoco analizados por Lewis et al. (2000), un ciclo hidrológico típico en los herbazales del Delta puede ser descrito como sigue: hacia el final del período de sequía las aguas de los humedales alcanzan su nivel mínimo e inclusive, algunas de ellas, llegan a secarse.

A medida que las lluvias locales comienzan -adelantándose a la elevación del nivel de los ríos- las depresiones se llenan debido a la baja permeabilidad de los substratos. En las lagunas y humedales, las aguas superficiales contienen un alto nivel de materia orgánica autóctona a la que se suma la aportada por la escorrentía superficial a través de la hojarasca y restos vegetales, y a menudo se originan aguas negras, ácidas, oligotróficas y anóxicas.

Cuando el nivel de los principales ríos alcanzan su máximo entre julio y agosto, las aguas cargadas con sedimentos entran a los humedales por medio de pequeños cauces de drenaje o por encima de los albardones o diques. En los humedales predominan, entonces, aguas blancas, neutras a básicas y con altos niveles de nutrientes, similares a los hallados en las aguas del Orinoco.

Al cesar la entrada de agua proveniente de los ríos, comienza la fase de aislamiento y evaporación que se

acentúa al terminar el período lluvioso. Conforme avanza la época de sequía, el proceso de sedimentación de partículas orgánicas y minerales, además de la disminución de los nitratos, incremento del fitoplancton y disminución del oxígeno disuelto, cambia las aguas nuevamente a aguas claras. Al evaporarse las aguas se incrementa la concentración de sedimentos y eventualmente se resuspenden por lo que las aguas se enturbian. Con ello aumenta la temperatura y los niveles de oxígeno disuelto se reducen al mínimo, entre otros cambios significativos.

En los herbazales que se hallan dentro del área regulada, protegida de las inundaciones estacionales, este ciclo se simplifica ya que predomina la influencia de las precipitaciones anuales. En el Delta Medio e Inferior se añade el influjo de las mareas que además del efecto físico de bloqueo del drenaje desde el herbazal hacia los caños, establece gradientes de salinidad cuando el agua salada se introduce durante las mareas altas (Medina, 1995; Colonnello y Medina, 1998).

Variabilidad físico-química de las aguas

Como se mencionó en la sección anterior, la físico-química de las aguas varía considerablemente a lo largo del ciclo hidrológico (Colonnello, 1995). La tabla 1, muestra algunos parámetros medidos en dos épocas contrastantes: aguas bajas (diciembre-abril) y aguas altas (mayo-noviembre), observándose por ejemplo cambios importantes en el pH, transparencia y oxígeno disuelto (OD).

Variabes	Lag. Alam.	Lag. Ata.	Lag. Clav.	Periodo
pH	5.3	5	6	A
	4.6	5.6	7.4	B
Cond ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	38	34	160	A
	40	25	175	B
DO. Sur. (Mg.L^{-1})	6.8	1.6	2.1	A
	5.5	5.8	5.8	B
DO. Depth (mg.L^{-1})	0.6	0.2	-	A
	5.2	5.4	-	B
Trans. (Cm)	12	150	60	A
	-	18	83	B

Tabla 1: Parámetros físico-químicos de diferentes hábitats en la región del Delta en estaciones contrastantes. L. Alam. = L. Alamilla; L. Ata. = L. Ataguaia; L. Clav. = L. Clavellina; A = Aguas altas (Sept. 1993); B = Aguas bajas (April 1995).

En los herbazales en los que el nivel de la lámina de agua oscila marcadamente las especies helófitas emergentes como *Panicum grande* Hitch y Chase y *Ludwigia leptocarpa* Nutt. pueden mantener su abundancia y cobertura, sin embargo, las especies de hojas flotantes como *Hydrocleys nymphoides* (Willd.) Buch. y *Nymphaea rudgeana* G.F.W. Mey. o flotantes libres como *Lemna* spp., *Spirodela* spp. o *Salvinia* spp. pueden sufrir cambios importantes de cobertura o incluso desaparecer. Eventualmente reaparecen con las nuevas lluvias cuando las semillas, dejadas en el sedimento, germinen.

Asimismo, el llenado de las cubetas o depresiones no siempre reproduce comunidades iguales, como ha sido reportado para localidades en el Delta. Por ejemplo se ha citado el caso de un sector de la Laguna Ataguía dominado por la especie *Leersia hexandra* Swartz. durante la creciente del año 1994, que pasó a una dominancia casi absoluta por parte de *Neptunia oleracea* Lour. en la creciente de 1995 (Colonnello, 1995). Este fenómeno se repite en los humedales sujetos a ciclos estacionales de inundación como en el Bajo Llano de Venezuela (Rial, 2000).

LOS HERBAZALES DE LA PLANICIE DELTAICA

Distribución y cobertura

Los herbazales del Delta han sido descritos y mapeados por Canales (1985) a escala 1:250000, por C.V.G.-Tecmín (1991) y MARNR (1982) a escala de 1:500000 y por Huber y Alarcón (1988) y por Huber (1995) a escala 1:2000000. Si bien en estos documentos se presenta la distribución de estas comunidades su composición florística y la cobertura de las especies está apenas esbozada.

Del trabajo de C.V.G.-Tecmín (1991) se observa (Tabla 2) la distribución de las formaciones vegetales en el área sometida a regulación. Los herbazales arbolados abarcan apenas el 10 %, mientras que las formaciones mixtas, herbazales asociados con diferentes tipos de cobertura boscosa (citados en la introducción) ocupan el 28.5 % del total. Las comunidades intervenidas antrópicamente ocupan el 11 %. Estas cifras son similares a los totales para toda la vegetación del delta.

Formaciones	Ha	%
Herbuzal arbolado	94.262.52	10
Mixta, herbuzal/bosque	265.601.75	28.5
Boscosa	431.513.48	46
Taladas para uso urbano y agropecuario	103.128.87	11
Cuerpos de agua	41.475	4.5
Total	936.250	100

Tabla 2: Distribución de las formaciones vegetales del área regulada de delta.

En la información anterior también resaltan la escasa alteración de la cubierta vegetal del Delta en su conjunto como ha sido reseñado por Warne et al. (2002) y que contrasta con la mayor parte de los grandes deltas del mundo que han perdido su cobertura boscosa para la explotación de los recursos forestales, la ganadería, la acuicultura y para desarrollar agrícolamente sus suelos (Moffat y Linden 1995; Roggieri 1995).

A una escala menor (1:360000), White et al. (en prensa) diferencia los siguientes herbazales entre los caños Mánamo y Macareo:

-Ambientes costeros con influencia marina del Delta Inferior, que ocupan 190.37 ha y divididos en:

Herbazales de pantano topográficamente altos y topográficamente bajos con cuerpos de agua estancada, permanentemente inundados con substratos orgánicos.

Formación mixta de herbazales y bosques de pantano, permanentemente inundados y con substratos orgánicos.

-Ambientes transicionales bajo influencia fluvio-marina (Delta inferior) que ocupan 52749 ha y divididos en:

Herbazales de pantano topográficamente altos y topográficamente bajos, permanentemente inundados con substratos orgánicos.

Formación mixta de herbazales y bosques de pantano permanentemente inundados con substratos orgánicos

-Complejos de islas y canales distributarios bajo influencia marina del Delta Inferior -Isla Mánamo- que ocupan 3285 ha y formados por:

Herbazales de pantano con substratos fangosos, arenosos u orgánicos con inundación estacional o temporal.

-Cuencas inundables entre los principales distributarios del Delta Superior que ocupan 70199 ha, discriminadas en:

Herbazales de pantano fisionómicamente altos y bajos, estacionalmente inundables con substratos fangosos y orgánicos. Localmente se distribuyen a lo largo de los cauces.

Formaciones mixtas de herbazales de pantano con bosques de pantano y morichales, temporal a estacionalmente inundables.

Flora y estructura de los herbazales

Herbazales del Delta Superior

En esta región del delta en la que se encuentran multitud de caños, tanto activos como inactivos (Van Andel, 1967; Warne et al., 2002), se observa una variedad de geformas naturales (cubetas, napas, albardones), o artificiales (diques de contención y canales de drenaje). Esto forma diferentes herbazales que varían en cuanto a la composición florística y en la estructura de la comunidad.

Se diferencian dos tipos de herbazal: 1) los que reciben aportes alóctonos -aguas ricas en nutrientes de los ríos- y presentan además una mayor heterogeneidad espacial y temporal por la oscilación estacional de las aguas y 2) en los que los aportes de agua son por vía de las precipitaciones, los nutrientes son mayormente autóctonos y suelen tener una menor oscilación estacional y heterogeneidad.

El primer tipo de herbazales se forma por los diques construidos como obras colaterales al represamiento del caño Mánamo, separando el área protegida de la inundable. Esto crea una serie de humedales que representan el tipo de comunidad más común antes del represamiento. Como está asociado a las crecientes del caño Macareo, y en general al Sistema del Orinoco, muestra dos fases muy diferentes una durante el período de inundación y otra durante el período de sequía. En este caso están las localidades Ataguía y Terraplén (Fig. 1) en cuyos muestreos se totalizaron 31 especies.

La fase de inundación está dominada por la formación de comunidades de especies (Tabla 3) flotantes libres en particular *Eichhornia crassipes*, además de colonias de *Utricularia foliosa* L. y *Cabomba aquatica* Aubl. Hacia las orillas someras dominan helófitos perennes como *Mimosa pigra* L.,

Montrichardia arborescens (L.) Schott y las Poaceae *L. hexandra* e *Hymenachne amplexicaulis* (Rudge) Nees. que permanecen durante la sequía estacional. La variedad de ambientes, aguas profundas hasta someras, claras y turbias por las que pasan estas lagunas durante el ciclo inundación-sequía, determinan que los parámetros físico-químicos sean muy variables (Colonnello, 1995).

El segundo tipo de herbazal es, en parte, el resultado de la regulación de caño Mánamo. Estas comunidades recibían aportes estacionales de sedimentos ricos en nutrientes y debían tener una composición florística y estructura diferente. En primer término tenemos los herbazales de la Isla Guara (*observación personal*) (Fig. 1). Estas comunidades consisten en depresiones o cubetas que gradan suavemente hacia posiciones más altas, albardones de antiguos cauces, estableciéndose gradientes de profundidad de la lámina de agua. Se contabilizaron 31 especies (Tabla 3), que se distribuyen en tres sectores claramente definidos: 1) la depresión con una profundidad de máxima de 1 m, una transparencia de 70 cm y valores de OD (oxígeno disuelto) de 3.2 mgL⁻¹. En ella dominan plantas arraigadas de hojas flotantes como *H. nymphoides*, *Limnobium laevigatum* (HyB ex Willd) Heine y *N. oleraceae*, 2) la napa de desborde con especies emergentes como *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) Raven y *Oxicarium cubense* (Poepp y Kunth) K. Lye o de hojas flotantes como *Ceratopteris pteridoides* (Hook.)

Herbazales Especies	Terraplén / Ataguía / G 1 / G 2 / G 3				
<i>Panicum mertensii</i> Roth	0	0	1	0	2
<i>Sesbania exasperata</i> H.B.K.	0	0	0	0	1
<i>Thalia geniculata</i> L.	0	0	1	0	0
<i>Heliconia psittacorum</i> L.f.	0	0	1	0	0
<i>Canna glauca</i> L.	0	0	1	0	0
<i>Ludwigia</i> sp	0	0	1	1	1
<i>Aeschynomene evenia</i> C. Wright	0	0	0	0	1
H'	3.084	3.007	2.873	2.781	2.477
J'	0.714	0.696	0.828	0.723	0.721

Tabla 3. G 1= Guara1, G 2= Guara 2, G 3 = Guara 3

Herbazales Especies	Terraplén / Ataguia / G 1 / G 2 / G 3					Herbazales Especies	Terraplén / Ataguia / G 1 / G 2 / G 3				
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	3	4	0	0	0	<i>Montrichardia</i> <i>arborescens</i> (L.) Schott	3	0	0	0	2
<i>Salvinia</i> <i>auriculata</i> Aubl.	1	1	0	0	1	<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	4	3	2	2	3
<i>Paspalum</i> <i>repens</i> Berg.	1	2	0	0	0	<i>Mimosa pigra</i> L.	2	3	2	0	2
<i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth	0	3	0	0	0	<i>Fuirena umbellata</i> Rott.	0	0	0	0	0
<i>Echinochloa polystachya</i> (H.B.K.) Hitchc.	0	0	0	0	0	<i>Luziola subintegra</i> Swallen	3	2	0	0	0
<i>Pistia stratiotes</i> L.	0	1	1	0	0	<i>Cyperus distans</i> L.f.	0	0	0	0	0
<i>Leersia hexandra</i> Swartz.	3	3	1	1	3	<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	2	0	0	0	0
<i>Linnobium spongia</i> (H. & B. ex Willd.) Heine	1	1	3	0	0	<i>Justicia lacyniflora</i> (Nees) Lindau	0	0	0	0	1
<i>Nymphaea rudgeana</i> G.F.W. Mey.	2	0	0	2	0	<i>Blechnum serrulatum</i> J. C. Rich	0	0	0	0	0
<i>Nymphaea</i> <i>conandua</i> Wiersma	3	1	0	1	0	<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb	2	0	0	0	0
<i>Salvinia spiracea</i> Kuhn	1	1	1	0	0	<i>Paspalum</i> <i>fasciculatum</i> Willd.	0	0	2	2	0
<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.	1	0	0	1	0	<i>Acrocerus zosterioides</i> (Kunth) Dandy	0	0	0	0	0
<i>Utricularia foliosa</i> L.	2	1	0	0	0	<i>Bacopa aquatica</i> Aubl.	0	3	0	0	0
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) Hara	2	2	0	0	0	<i>Eleocharis mutata</i> (L.) Roem. & Schult.	0	0	0	1	0
<i>Spirodela intermedia</i> W. Koch	0	0	0	0	0	<i>Eleocharis elegans</i> (H. & B.) Roem. & Schult.	0	0	0	3	0
<i>Nymphoides indica</i> L. Kuntze	0	3	0	0	0	<i>Acrostichum aureum</i> L.	0	0	0	0	0
<i>Ceratopteris pteridoides</i> (Hook.) Hieron.	1	0	2	2	2	<i>Begonia parula</i> Haw.	2	0	0	0	0
<i>Marsilea polycarpa</i> Hook. & Grev.	1	1	2	0	0	<i>Gynerium sagittatum</i> (Aubl.) Beauv.	0	0	0	0	0
<i>Lemna minor</i> L.	0	0	0	0	0	<i>Cyperus sphaecellatus</i> Roth.	0	0	0	0	0
<i>Lemna perpusilla</i> Torrey	0	0	0	1	0	<i>Cyperus surinamensis</i> Roth.	0	2	0	0	0
<i>Cubomba aquatica</i> Aubl.	3	0	0	0	0	<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (L.C. Richard) Herter	0	0	0	0	0
<i>Ludwigia sedioides</i> (H. & B.) Hara	0	4	0	0	0	<i>Sphenochloa zeylanica</i> Gaertn.	0	0	0	0	0
<i>Nepentia oleracea</i> Lour.	1	2	2	0	0	<i>Typha domingensis</i> Pers.	0	0	0	0	0
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	2	1	1	1	0	<i>Eleocharis filiculmis</i> Kunth	0	1	0	0	0
<i>Hydrocleys nymphoides</i> (Willd.) Buch.	0	0	4	0	3	<i>Leptochloa scabra</i> Nees	0	0	0	0	0
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) Raven	2	1	2	2	0	<i>Mikania congesta</i> DC.	0	0	0	0	0
<i>Oxycarium cubense</i> (Poepp & Kunth) K. Lye	0	0	2	0	2	<i>Urochloa mutica</i> (Forsskal) Nguyen	0	0	0	0	0
						<i>Walpolia lingulata</i> (Hegel) Hegelm	0	0	0	0	0
						<i>Rottocarpus natalans</i> (L.) Corda	0	0	0	0	0
						<i>Eichhornia diversifolia</i> (Vahl.) Urb.	0	0	0	0	1

Tabla 3. G 1 = Guara 1, G 2 = Guara 2, G 3 = Guara 3

Hieron. Aquí la profundidad es de 20 a 40 cm, la transparencia es total y el OD es de 0.8 mgL⁻¹ y 3) el albardón que se halla apenas encharcado. Las especies con mayor cobertura son también plantas emergentes: *H. amplexicaulis*, *Heliconia psittacorum* L.f, *Canna glauca* L. y *M. pigra*.

Otro tipo de herbazal que se observan en esta región son los de “El Garcero” (Infraring y Asociados 1997) e “Isla Manamito” (obs. pers) que se forman sobre terrenos topográficamente planos cerca de la confluencia de los caños Mánamo y Manamito (Fig. 1). El drenaje natural está impedido por una red de canales de drenaje. La lámina de agua -de 20 a 40 cm de profundidad- es turbia por los aportes de materia orgánica particulada. Los valores de OD son muy bajos -0.5-1 mg.L⁻¹. A pesar de que se registraron 28 especies en todos los muestreos (Tabla 4), el número máximo por comunidad es de 15. Las dominantes son dos plantas emergentes *Thalia geniculata* L., *Cyperus giganteus* Vahl. y el helecho flotante libre *Salvinia auriculata* Aubl. Sobre la lámina de agua hallamos hidrófitos flotantes como *Nymphoides indica*

L. Kuntze, *Sagittaria guianensis* H.B.K., *S. Planitiana* Agostini y *Azolla filiculoides* Lam.; plantas enraizadas erectas, helófitos de cerca de un metro de altura (*Ludwigia* sp. y *Eleocharis* spp), y por encima de estas otras especies que alcanzan entre 2 y 4 m de altura (*T. geniculata* y *C. giganteus*).

Otro tipo de humedal está formado por herbazales con lagunas poco profundas -1.5 a 2 m- con una serie de comunidades asociadas sobre suelos minerales. En este caso se describe La laguna -Las Clavellinas-(Colonnello, 1995) que totalizó 22 especies (Tabla 5). Se observan dos ambientes: 1) el cuerpo de agua que mostró un pH ligeramente ácido -6- alta conductividad -160 μS.cm⁻¹- y OD de 0 a 2.1 mg.L⁻¹. La comunidad muestra una extensa cobertura de plantas arraigadas de hojas flotantes *H. nymphoides* y *N. rudgeana* en el centro del cuerpo de agua, mientras que en los bordes se encuentran *L. laevigatum* y *O. cubense* creciendo sobre materia orgánica flotante, y 2) las comunidades de orilla que están dominadas por las emergentes *M. arborescens* y *T. domingensis*.

Herbazales Especies	Gar 1	Gar 2	Gar 3	Gar 4	Gar 5	Gar 6	Gar 7	Gar 8	Gar 9	Manamito
<i>Thalia geniculata</i> L.	3	3	1	1	4	1	1	1	2	1
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Eleocharis ulogon</i> (H. & B.) Roem. & Schult.	1	1	2	2	1	0	0	2	2	4
<i>Pistia stratiotes</i> L.	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
<i>Limnobium laevigatum</i> (H. & B. ex Willd.) Heine	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
<i>Cyperus giganteus</i> Vahl.	2	0	1	1	0	1	2	0	2	0
<i>Lemma perpusilla</i> Torrey	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Monticola dio carbonescens</i> (L.) Schott	0	3	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Sacciolepis striata</i> (L.) Nash.	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
Asteraceae	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pilea umbellata</i> Roem.	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Polygonum acuminatum</i> H.B.K.	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Nymphoide rudgeana</i> G. F. W. Mey.	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) Raven	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Mosses pigra</i> L.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Hymenoclis amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Mikania congesta</i> DC.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Alanthum</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Hydrocotyle nymphoides</i> (Willd.) Buch	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Luzula subnitens</i> Swallen	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Nymphoidea rotundifolia</i> (Floreana)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ceratopteris pteridoides</i> (Hook.) Hieron.	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Sagittaria planitiana</i> Agostini	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Sagittaria guianensis</i> H.B.K.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Sesbania exasperata</i> H.B.K.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nymphoides indica</i> L. Kuntze	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Oenocarpus cubensis</i> (Poepp. & Kunth) K. Lye	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Eleocharis nodata</i> (L.) Roem. & Schult.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cyperus odoratus</i> L.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
H =	2,305	2,598	2,272	1,906	1,386	2,303	2,164	2,146	2,431	2,166
J =	0,692	0,78	0,682	0,572	0,416	0,0691	0,649	0,644	0,729	0,502

Tabla 4

Herbazales Especies	Clavellinas	Guires	Cocuina
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	1	0	1
<i>Echinochloa polystachya</i> (H.B.K.) Hitchc.	1	0	0
<i>Pistia stratiotes</i> L.	0	0	0
<i>Leersia hexandra</i> Swartz.	3	3	0
<i>Limnobium laevigatum</i> (H.& B. ex Willd.) Heine	0	1	0
<i>Nymphaea rudgeana</i> G.F.W. Mey.	4	0	0
<i>Nymphaea connardii</i> Wiersema	2	1	0
<i>Salvinia sprucei</i> Kunth	0	0	1
<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.	3	0	0
<i>Utricularia foliosa</i> L.	0	2	0
<i>Spirodela intermedia</i> W. Koch	1	0	0
<i>Nymphoides indica</i> L. Kuntze	0	0	1
<i>Lemna minor</i> L.	1	2	0
<i>Lemna perpusilla</i> Torrex	0	0	1
<i>Hydrocleys nymphoides</i> (Willd.) Buch.	5	0	0
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) Raven	0	1	1
<i>Oxycarium cubense</i> (Poepp & Kunth) K. Lye	3	3	1
<i>Montrichardia arborescens</i> (L.) Schott	3	3	2
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	2	3	2
<i>Puirena umbellata</i> Rott.	1	2	1
<i>Luziola subintegra</i> Swallen	0	0	1
<i>Cyperus distans</i> L.f.	2	4	0
<i>Justicia laevilinguis</i> (Nees) Lindau	0	1	0
<i>Blechnum serrulatum</i> L.C. Rich.	2	0	0
<i>Paspalum fasciculatum</i> Willd.	3	0	3
<i>Acroceras zizanioides</i> (Kunth) Dandy	0	2	0
<i>Eleocharis mutata</i> (L.) Roem. & Schult.	1	2	0
<i>Eleocharis elegans</i> (H. & B.) Roem.& Schult.	0	0	1
<i>Acrostichum aureum</i> L.	1	0	0
<i>Gynerium saggitatum</i> (Aubl.) Beauv.	3	0	0
<i>Cyperus sphaecellatus</i> Roth.	0	2	0
<i>Cyperus surinamensis</i> Roth.	0	2	1
<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (L.C. Richard) Herter	2	0	0
<i>Sphenochlea zeylanica</i> Gaertn.	0	1	0
<i>Tipha dominguensis</i> Pers.	2	0	1
<i>Leptochloa scabra</i> Nees.	1	0	0
<i>Mikania congesta</i> DC.	0	0	1
<i>Urochloa mutica</i> (Forsskal) Nguyen	0	0	2
<i>Wolfiella lingulata</i> (Hegel) Hegelm	0	0	1
<i>Ricciocarpus natans</i> (L.) Corda	0	0	1
H' =	2,963	2,743	2,69
J'	0,686	0,635	0,623

Tabla 5

Otro herbazal de aguas someras -20 a 30 cm- con altos valores de conductividad -260 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ - es “Los Guires” (Colonnello, 1995). Esta es una comunidad sobre suelos planos minerales e influenciada por aguas residuales de terrenos cultivados. La composición de especies (Tabla 5) se basa en plantas emergentes entre las que sobresalen las ciperáceas.

Por último se cita el herbazal Boca Cocuina (*observación personal*) con una lámina de agua somera de -10 a 20 cm- que se deseca estacionalmente. En esta comunidad de 18 especies (Tabla 5) dominan gramíneas emergentes como *Paspalum fasciculatum* Wild., *H. amplexicaulis* y *Urochloa mutica* (Forsskal) Nguyen, -especie invasora cultivada para el pastoreo- y las ciperáceas *Fuirena robusta*. y *O. cubense*. En la superficie del agua es posible hallar pequeñas flotantes como *Ricchocarpus natans* L. Corda, *S. auriculata*, *Lemna perspusilla* Torrex y *Wolfiela lingulata* (Hegelm) Hegelm.

Las comunidades ubicadas más al norte en el límite con el Delta Medio, son los herbazales de Pepeina y Wacajara. Estos herbazales son topográficamente altos, permanentes hasta estacionalmente inundables y pertenecen a las cuencas inter-fluviales entre los caños Mánamo y Pedernales. Los substratos son predominantemente orgánicos y pueden tener varios metros de profundidad (White et al., en prensa).

De las 37 especies reportadas en este sector (Infrawing y Asociados 1997) 18 tienen valores de constancia de III a V, es decir están presentes en 6 o más de cada 10 muestreos (Tabla 6). También es evidente la elevada cobertura de algunas especies -que en ciertas parcelas- tienen valores totales mayores del 100%, ya que se establece una estratificación. En el estrato más bajo, se encuentran plantas totalmente herbáceas y flotantes sobre la lámina de agua -*Nimphaea* spp., *S. guyanensis*-, luego sufrútices enraizados erectos de cerca de un metro de altura -*Ludwigia* spp.-, otras hierbas de entre 2 a 3 m como *C. giganteus* y *T. dominguensis* y finalmente arbustos de tallos leñosos de 3 a 4 m de altura -*Aeschynomene evenia* C. Wright y *L. leptocarpa*-.

Como se observa en la figura 3 la estructura general del herbazal se presenta como un mosaico, con dominancias alternadas de cada especie. Los parámetros físico-químicos que definen este patrón

de distribución no se conocen pues deben ser medidos de forma específica en cada una de las sub-comunidades componentes. Sin embargo es posible que existan pequeñas variaciones tanto topográficas como edáficas relacionadas con el proceso de deposición de los sedimentos como la planteó van der Voorde (1962).

Más hacia el norte en el límite con el Delta Medio las comunidades leñosas sobre los albardones son sustituidas por manglares como resultado de la penetración de la cuña salina luego del represamiento de caño Mánamo. Esta influencia se refleja en altos valores de iones sodio -44 ppm- y cloruros -102.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ - reportadas para algunos sectores de los herbazales de Pepeina y Wacajara (Infrawing y Asociados 1998). Sus efectos se extienden entre 50 y 100 m tierra adentro y condicionan la presencia de especies con mayor tolerancia a la salinidad, entre las que se hallan el sufrútice halófito *Crenea* marítima Aubl. y la herbácea *Crinum erubescens* asociado a herbazales de *Echinochloa colona* (L.) Link (Colonnello, 2001).

Herbazales del Delta Inferior

Las comunidades que se describen en la desembocadura del río Guanipa y caño Mánamo corresponden a ambientes costeros con influencia marina con cuerpos de agua estancada y substratos orgánicos (White et al. en prensa).

Los herbazales del río Guanipa están ubicados detrás de la franja costera que está formada por manglares -*Rhizophora* spp., *Avicennia germinans* (L.) L. y *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.-. El bosque halófito grada suavemente hacia comunidades dulceacuícolas de bosque de pantano y morichales, al final de lo cual se encuentra un herbazal.

A continuación se describen una serie de comunidades situadas a lo largo de uno de estos gradientes -topográfico o de profundidad de la lámina de agua-, situado entre una cubeta ocupada por una laguna y una micro elevación -un antiguo albardón de orilla- (Fig. 4): 1) en el extremo más bajo del gradiente se halla una laguna formada por aguas de lluvia (Tabla 7) que por su profundidad -5 m- no presentó especies arraigadas. Las orillas cuya profundidad es en promedio de 1 m, presentaron las siguientes especies flotantes *L. laevigatum* y *L. perspusilla*.

Herbazales Especies	Pep 1	Pep 2	Pep 3	Pep 4	Pep 5	Wac 1	Wac 2	Wac 3	Wac 4
<i>Montrichardia arborescens</i> (L.) Schott	1	1	1	1	1	1	2	1	1
<i>Mikania congesta</i> DC.	0	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>Leersia hexandra</i> Swartz.	1	1	3	3	2	0	2	0	0
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) Hara	2	1	1	1	1	0	1	3	2
<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) R. & S.	0	0	2	2	1	1	1	0	1
<i>Thalia geniculata</i> L.	0	0	1	1	1	1	1	1	0
<i>Sporobolus carnea</i> Jacq.	1	1	1	1	0	0	0	1	1
<i>Adiantum</i> sp.	1	1	1	1	1	0	0	2	1
<i>Aeschynomene evenia</i> C. Wright	0	1	1	0	2	1	0	0	0
<i>Panicum grande</i> Hitch & Chase	1	1	0	0	0	0	0	4	3
<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Hydrocleys nymphoides</i> (Willd.) Buch.	0	1	0	0	1	0	1	1	1
<i>Fuirena umbellata</i> Rott.	1	1	1	0	1	0	0	0	1
<i>Cyperus giganteus</i> Vahl.	0	3	0	1	1	3	0	0	1
<i>Polygonum acuminatum</i> H.B.K.	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Limnobium spongia</i> (H. & B. ex Willd.) Helne	0	1	1	1	0	0	0	1	1
<i>Nymphaea rudgeana</i> G.F.W. Mey.	1	1	0	1	1	0	0	0	1
<i>Ludwigia affinis</i> (DC.) Hara	0	0	1	0	0	0	1	0	1
<i>Miconia stephananthera</i> Ute	0	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Utricularia foliosa</i> L.	0	0	1	0	1	0	0	0	1
<i>Cyperus</i> sp.	0	0	0	0	0	2	1	1	1
<i>Cyperus odoratus</i> L.	1	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Utricularia</i> sp.	0	1	0	1	0	0	0	0	1
<i>Sesbania exasperata</i> H.B.K.	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Nymphaea connardii</i> Wiersema	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ceratopteris pteridoides</i> (Hook.) Hieron.	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Typha domingensis</i> Pers.	2	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Chelonanthus alatus</i> (Aubl.) Pulle	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Oxycarpus cubensis</i> (Poepp & Kunth) K.Lye	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Calathea lutea</i> (Aubl.) Mey.	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Echinodorus</i> sp.	0	1	0	3	0	0	0	0	0
<i>Wolffia lingulata</i> (Hegel) Hegel	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Sagittaria guianensis</i> H.B.K.	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acrostichum aureum</i> L.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Nymphoides indica</i> L. Kuntze	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Lemna perpusilla</i> Torrex	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Panicum elefanthipes</i> Nees. in Trin.	0	0	0	0	0	0	0	1	1
H'	2,441	2,992	2,878	2,951	2,799	1,834	2,254	2,691	3,032
J'	0,671	0,823	0,791	0,811	0,769	0,504	0,62	0,74	0,833

Tabla 6

Las especies emergentes *L. octovalvis*, *Ludwigia affinis* (DC.) Hara, *O. cubensis* y *Cyperus* sp. se desarrollan sobre materia orgánica y material vegetal parcialmente descompuesto que permanece flotando anclado a plantas de *T. domingensis*, 2) bordeando la laguna se ubican herbazales de esta especie con una cobertura entre el 80 y el 100 %, con sólo pocos individuos de *L. octovalvis*, 3) más adelante aparece otra comunidad prácticamente pura de *Lagenocarpus guianensis* Nees, que alcanza un desarrollo considerable, hasta 2,5 m de altura, 4) una comunidad de 1 a 1,5 m de altura, la

profundidad es de 0,6 m en promedio, formada de las emergentes *Paspalum cf morichalensis*, *Eleocharis mutata*(L.)Roem.ySchult. y *F. Robusta* acompañadas de *Eleocharis geniculata* (L.) Roem. y Schult. y *Cyperus odoratus* L., además de las especies flotantes *Nymphaea connardii* Wiersema. y *N. rudgeana* y 5) por último tenemos una comunidad arbustiva que precede al bosque de pantano y que está formada por las herbáceas emergentes: *F. robusta*, *M. arborescens* y la trepadora *Mikania congesta* D.C. además de arbustos de *Clusia* sp. (*Clusiaceae*) entre otras especies.

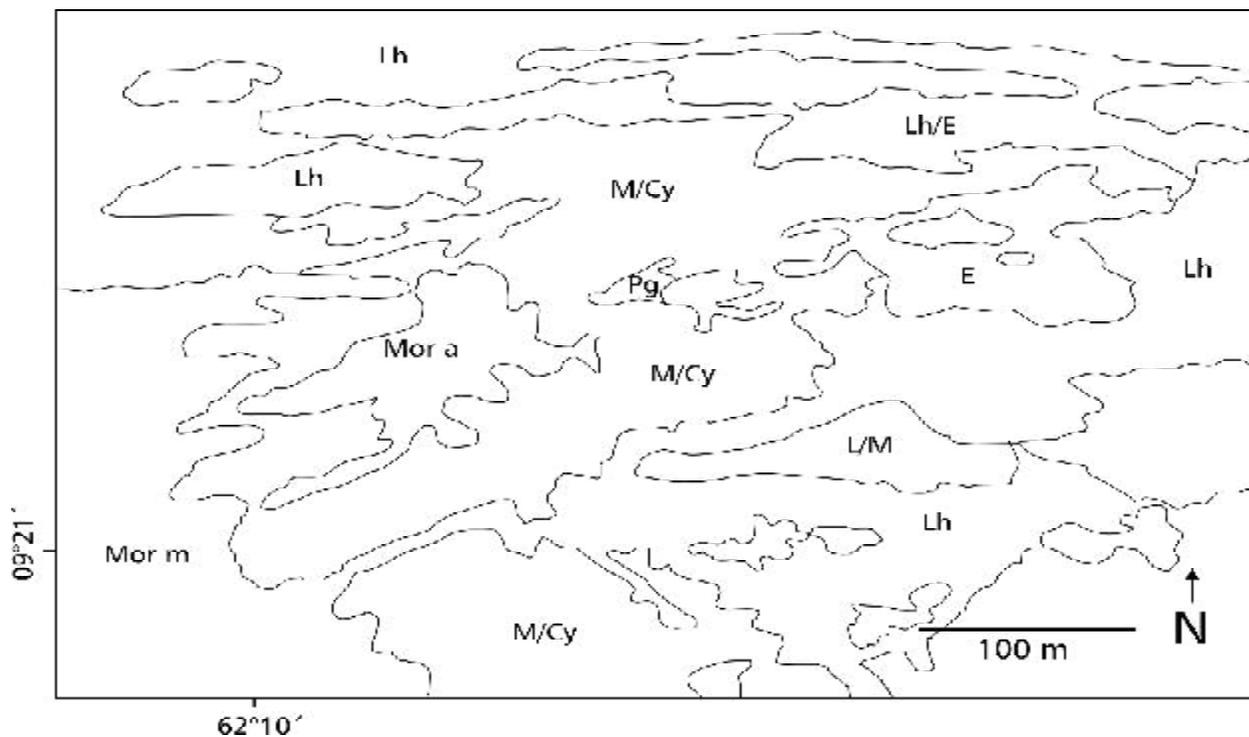


Figura 3. Mosaico de herbazales en la localidad de Pepeina, Delta Superior. Lh = comunidad dominada por *Leersia hexandra*; M/Cy = comunidad dominada por *Montrichardia arborescens* y *Cyperus giganteus*; L/M = Comunidad dominada por *Ludwigia leptocarpa* y *M. arborescens*; Mor a = morichal abierto; Mor m = morichal de densidad media. La escala es válida para el primer plano de la imagen.

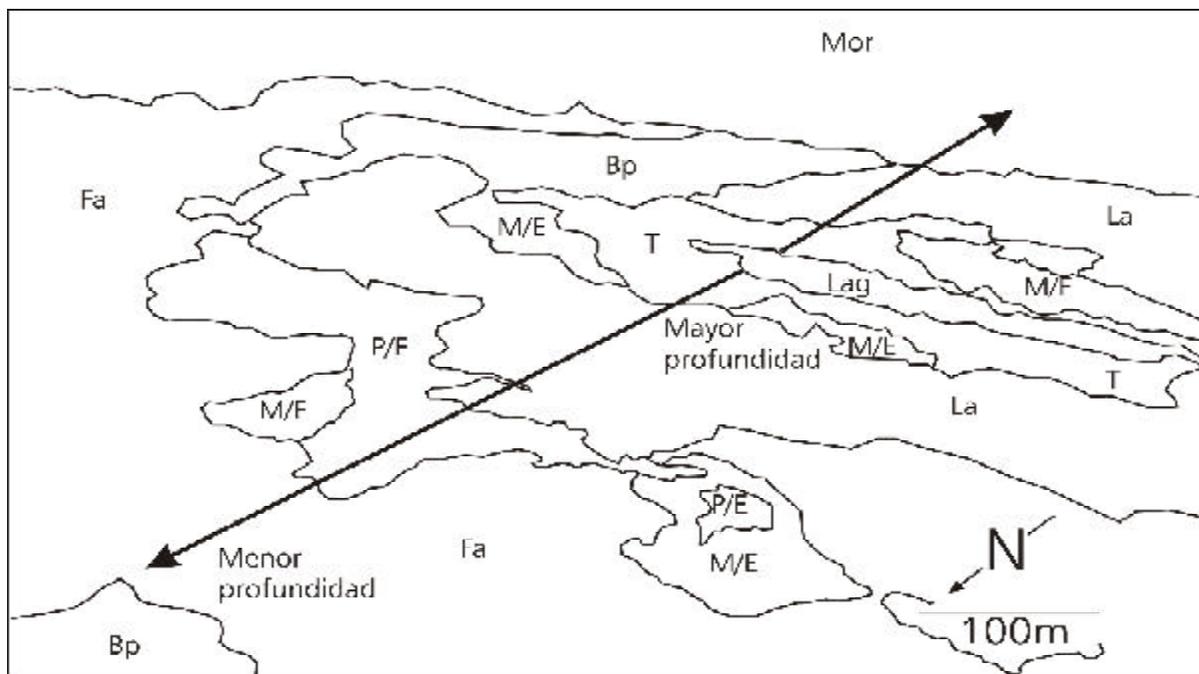


Figura 4. Distribución de las comunidades a lo largo del gradiente de profundidad en el herbazal del río Guanipa. M/E = comunidad dominada por *Montrichardia arborescens* y *Eleocharis mutata*; P/E = comunidad dominada por *Paspalum* cf. *morichalensis* y *E. mutata*; La = comunidad dominada por *Lagenocarpus guianensis*; T = comunidad dominada por *Tipha domingensis*; Fa = comunidad arbustiva dominada por *Fiurena umbellata*; Mor = morichal; Bp = bosque de pantano. La escala es válida para el primer plano de la imagen.

Herbazales Especies	Gua 1	Gua 2	Gua 3	Gua 4	Gua 5	Gua 6	Gua 7	Gua 8	Capure1	Capure 2
<i>Cyperus odoratus</i> L.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eleocharis mutata</i> (L.) Roem. & Schult.	3	2	1	0	0	0	0	0	3	5
<i>Eleocharis flavescens</i> (Poir.) Urb.	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paspalum cf. morichalensis</i>	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fuirena umbellata</i> Ros.	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Mikania congesta</i> DC.	2	1	2	1	2	1	0	0	0	0
<i>Nymphaea rudgeana</i> G.F.W. Mey.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Nymphaea connardii</i> Wiersema	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) Raven	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0
<i>Typha domingensis</i> Pers.	1	1	1	0	0	0	0	3	2	0
<i>Lagenocarpus guianensis</i> Nees	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0
<i>Montrichardia arborescens</i> (L.) Schott	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Oxycarum cubense</i> (Poepp & Kunth) K.Iye	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Limnobium laevigatum</i> (H. & B. ex Willd.) Heine	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Lemna perpusilla</i> Torrey	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Ludwigia affinis</i> (DC.) Hara	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Salvinia sprucei</i> Kunth.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Acrostichum aureum</i> L.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
<i>Cyperus articulatus</i> L.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
H ⁻	2,22	1,979	1,99	0,796	0,9	0,451	1,332	1,242	1,992	1,074
J ⁻	0,741	0,661	0,67	0,266	0,301	0,15	0,445	0,415	0,665	0,358

Tabla 7

En la desembocadura del caño Mánamo se repite el gradiente anterior. En las comunidades descritas en la localidad de Capure (Tabla 7), se detallan dos ambientes: 1) en la cubeta de decantación –con una profundidad de 0.5-0.8 m- dominan especies emergentes como *E. mutata*, *Cyperus articulatus* L., *T. domingensis* y *Acrostichum aureum* L, y 2) en la posición intermedia con una profundidad no mayor de 0.3 m -colindante con los manglares de la línea de costa- se presenta una comunidad prácticamente pura de *E. mutata* y pocos individuos aislados de *A. aureum*. No se conoce las características químicas de las aguas y substratos, sin embargo la presencia de *A. aureum* hace suponer valores altos de salinidad.

Como aparente respuesta a las condiciones de estancamiento de las aguas en los herbazales, e influencia salina del Delta Inferior, *M. arborescens* solo alcanza unos 0.5-0.8 m de altura y tiene tallos de apenas 2 a 4 cm de diámetro mientras que en otras comunidades del Delta puede alcanzar varios metros de altura y un diámetro de hasta 15 cm.

IMPACTOS Y AMENAZAS

Los mayores impactos ambientales en la región del delta del Orinoco han sido: la degradación de los suelos, la modificación de los cuerpos de agua y la contaminación de las aguas (Rodríguez Altamiranda, 1999). Estas alteraciones comenzaron a hacerse patentes con el represamiento del Caño Mánamo en 1965, lo que ha causado una serie de efectos tipo cascada debido a la estrecha interrelación entre los ecosistemas acuáticos y terrestres característicos de una región deltaica. Los más relacionados con la vegetación de los herbazales tiene que ver con la pérdida de la biodiversidad, como consecuencia de la reducción del área anegable, en unas 300000 ha.

El desecamiento de las tierras, principal objeto de la presa construida, causó en primera instancia la acidificación de los suelos en el Delta Superior. Esto ha propiciado la desaparición de las especies que no toleran acidez -por ejemplo gramíneas como *H. amplexicaulis* y *L. hexandra*- reemplazadas por Cyperáceas como *Eleocharis interstincta* (Vahl)R.y S. (Vásquez et al., 1996) y *C. articulatus*.

Así mismo se propició un cambio en el patrón de asentamiento de las poblaciones criollas e indígenas (García Castro y Heinen, 1999), incrementando el uso de la tierra con fines agro-pecuarios en el Delta Superior (pastizales de verano). Extensas áreas han sido sembradas con pastos exóticos como el “tanner grass” *U. mutica* y *Urochloa arrecta* (L.) Stapf (Colonnello, 2001).

Por otra parte la sobrepoblación en ciertos sectores del Delta ha causado el excesivo uso del fuego afectando no solo la vegetación sobre suelo seco de los albardones, sino también los morichales y sus herbazales asociados, como ha sido reportado para el sector de Wacajara (Colonnello, 2001).

Otros efectos con iguales consecuencias para la diversidad de los humedales es el avance de la cuña de agua salada que ha incursionado a lo largo de los cauces principales como el Mánamo, Pedernales, Cocuina y Capure. Ello ha causado el incremento de las comunidades halófitas, que han avanzado hacia el sur, invadiendo herbazales a lo largo de las orillas (Colonnello y Medina, 1998).

Los cambios físico-químicos no solo tienen que ver con el incremento de la salinidad (Paolini et al., 1993; Olivares y Colonnello, 1999) sino también con la reducción del oxígeno disuelto, el incremento de las temperaturas y la reducción de los sedimentos transportados entre otros efectos (Colonnello, 2001; Warne, 2002). Todos estos cambios inciden en la estructura y composición de los humedales del Delta Medio e Inferior que -como se ha visto- están condicionados por la dinámica hidrológica tanto fluvial como marina.

Es interesante mencionar la historia de la reactivación -fallida por ahora- de las explotaciones petroleras en la región y que constituyó una importante amenaza para la biota deltana. Para 1990 se planteó la extracción de crudo en el Delta y aunque para 1928 todo el Delta había sido dividido en concesiones de explotación, sólo en las regiones de Pedernales y Tucupita se realizaron operaciones. Complicaciones inherentes al alto costo de la exploración y producción paralizaron en ese entonces las actividades (Galavis y Louder, 1972). En esta ocasión el desarrollo contaría con tecnología moderna. A tal efecto se licitaron y asignaron extensas áreas del Delta Oriental y Central

que debían ponerse en operación en pocos años. Afortunadamente para el ambiente deltano ninguna de las áreas resultó económicamente productiva, por lo que apenas un pozo se perforó en la desembocadura del caño Mánamo.

La amenaza potencial, aparte de la eventual continuación de la aventura petrolera, es la construcción de nuevas ataguías como fue proyectado para el caño Tórtola en el ápex del Delta (Fig.1). Este proyecto que habría tenido consecuencias similares a las ya vistas, no fue llevado a cabo ante los resultados negativos de los estudios de impacto ambiental (IRNR -USB-Ecology and Environment, 1999).

CONSIDERACIONES FINALES

Pocos humedales en Venezuela son comparables con los herbazales deltaicos, Los más similares -en particular los del Delta Superior- son los herbazales llaneros (Rial, 2000). Con ellos comparten un número considerable de especies y condicionamientos ecológicos, como el ciclo anual de inundación, ya que pertenecen a la misma cuenca del Orinoco. El Delta, constituye un sumidero en el que convergen -a través de los diferentes tributarios- las semillas y propágulos de toda la cuenca.

El humedal de las Ciénagas de Juan Manuel en el Estado Zulia, al nor-occidente del país (Rodríguez Altamiranda, 1999) podría considerarse -por otra parte- ecológicamente equivalente a algunos herbazales del Delta Superior e Inferior, ya que incluyen extensas comunidades estructural y florísticamente similares (Guzmán E. Universidad del Zulia, com. pers). Estos últimos están sujetos -además- a influencia fluvial y estuarina. Muchas de las especies reportadas para el Delta han sido registradas en estos ecosistemas que pertenecen -sin embargo- a la Cuenca del Lago de Maracaibo.

Diversidad de los herbazales

Los estudios previos sobre la composición y estructura de los herbazales (e.g. C.V.G.-Tecmín, 1991) fueron generados en base a reducidos muestreos de campo y fotointerpretación de sensores remotos a gran escala por lo que no muestran la heterogeneidad del paisaje y tienden a subestimar la diversidad específica. Por ejemplo los sectores El Garcero y

Pepeina/Wacajara, Boca de Cocuina y Manamito, en el Delta Superior son incluidos bajo una misma unidad de vegetación -Hb-1Pd^{II}-con dos faces, una con inundación estacional y otra con inundación permanente y apenas un total de 16 especies mientras que el presente estudio enriquece la composición florística de esta área a más de 60 especies.

Si bien los muestreos analizados en este estudio no son exhaustivos, permiten establecer que existen diferencias florísticas -diversidad beta- y estructurales entre los herbazales del Delta Superior e Inferior. Así mismo existen diferencias además en la diversidad -alfa- entre las comunidades dentro de cada sector.

Dentro del primer grupo están las lagunas Ataguía y Terraplén, cuyos valores de diversidad -Índice de Shannon-se encuentran entre los mayores reportados hasta ahora en la región H': 3,032-3,007. En el segundo grupo entran los herbazales de isla Guara, Laguna Clavellinas, Los Guires y Boca Cocuina con una riqueza florística intermedia y una diversidad menor pero relativamente alta de H': 2,963 a H': 2,477. Los que mantienen más especies son los de Isla Guara y Las Clavellinas que muestran un cuerpo de agua libre asociado, por lo que presentan mayores hábitats disponibles. Los substratos son -en general- heterogéneos. En la Isla Guara, por ejemplo, se tienen substratos ricos en materia orgánica y N y valores medios de P y K, pero son extremadamente ácidos en profundidad -pH 4,0 a 4,6- (C.V.G., 1967).

Por otra parte están los herbazales del área de "El Garcero e Isla Manamito" cuya diversidad varía desde media (H': 2,598) hasta baja (H': 1,386). Estos últimos ambientes con apenas 5 y 7 especies, son humedales topográficamente altos con valores de fertilidad N, P, K bajo a muy bajo, en particular en profundidad, donde la acidez es fuerte a extremadamente ácida -pH 4,33 a 4,70- (C.V.G., 1991). En esta zona se reportaron muchos casos de acidificación de los suelos pocos años después del cierre del caño Mánamo y del drenaje de los suelos (Escalante, 1993).

Los herbazales de Pepeina y Wacajara muestran un amplio rango de valores de diversidad desde muy altos (H': 3,032) hasta muy bajos (H': 2,57). Si bien son sistemas hidráulica y tróficamente relativamente cerrados tienen una alta heterogeneidad espacial como

ha sido observado (Fig. 3), lo que explicaría la riqueza florística de algunos rodales. Ciertas áreas de estos humedales -particularmente aquellas cercanas a poblados- son quemadas con frecuencia por los indígenas en sus actividades de caza y recolección (Infraving y Asociados, 1997).

La diversidad de estos herbazales del Delta Inferior -desembocadura del río -Guanipa y Capure- muestra valores desde bajos (H': 2,220) hasta muy bajos (H': 0,451). Ello se debería a la escasa tasa de recambio de las aguas, el aporte de nutrientes estrictamente autóctono y la influencia marina. En los herbazales en los que hay mayores aportes de sedimentos y materiales por parte del río y en los que hay mayor reemplazo del agua dulce hay una mayor productividad -y diversidad- que en los que mantienen desplazamiento lento o donde dominan las aguas estancadas (Medina, 1995).

Por último, se debe enfatizar que el conocimiento de estos humedales es apenas fragmentario particularmente debido a la escasez de datos físico-químicos sobre sus aguas y substratos. Por lo tanto, es importante profundizar los estudios ambientales en estos ecosistemas, que por la presión del desarrollo del país -como se vio con el caso petrolero- pueden estar sometidos a profundas modificaciones ambientales en un futuro cercano.

BIBLIOGRAFÍA

- Canales, H. 1985. *La cobertura vegetal y el potencial forestal del T.F.D.A. (Sector Norte del Río Orinoco)*. M.A.R.N.R. División del Ambiente. Sección de Vegetación.
- Colonnello, G. 1995. La vegetación acuática del delta del río Orinoco (Venezuela). Composición florística y aspectos ecológicos (I). *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* (144): 3-34.
- Colonnello, G. 1999. *Spartina Alterniflora* Loisel. una especie de Poaceae nueva para Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 152:29-33.
- Colonnello, G. 2001. *The environmental impact of flow regulation in a tropical Delta. The case of the Mánamo distributary in the Orinoco River (VENEZUELA)*. Doctoral Thesis. Loughborough University.
- Colonnello, G; M.A. Solé y J. Velásquez. 1993. Inventario preliminar de las plantas acuáticas

vasculares del Delta del Río Orinoco, Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 139, 147-159

- Colonnello, G. y E. Medina. 1998. Vegetation changes induced by dam construction in a tropical estuary: the case of the Mánamo river, Orinoco Delta (Venezuela). *Plant Ecology*, 139 (2):145-154.

- COPLANARH (Comisión del plan nacional de aprovechamiento de los recursos hidráulicos). 1979. *Inventario Nacional de Tierras. Delta del Orinoco y Golfo de Paria. Serie de informes científicos, Zona 2/1C/21*. Maracay.

- C.V.G. (Corporación Venezolana de Guayana) 1967. Sin inundaciones 300.000 hectáreas del Territorio Federal Delta Amacuro. *Natura*, 35: 24-32.

- C.V.G. (Corporación Venezolana de Guayana) 1967. Proyecto Delta. Estudio semidetallado agrológico, de clasificación de tierras por capacidad agrológica y fines de riego de la zona sur de la isla Cocuina. Caracas.

- C.V.G.-Tecnín (Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera) 1991. Vegetación, Informe de avance NC-20-11 y 12. Clima, Geología, Geomorfología y Vegetación. CVG Técnica Minera C.A. Gerencia de Proyectos Especiales. Proyecto de inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana, Ciudad Bolívar

- Daniello, A. 1976. Vegetation et sols dans delta de l'Orénoque. *Annals de Géographie*, 471: 555-578.

- Delascio, F. 1975. *Aspectos biológicos del Delta del Orinoco*. Instituto Nacional de Parques, Dirección de Investigaciones Biológicas, División de Vegetación, Caracas.

- Escalante, B. 1993. La intervención del Caño Mánamo en el Delta del Orinoco y su repercusión en el medio ambiente vista por los deltanos. en: Monente, J y E Vásquez (eds.). *Estudio limnológico y aportes a la etnología del Delta del Río Orinoco*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas

- Galavis, J.A. y L.W. Louder. 1972. Estudios de Geología y Geofísica en el Territorio Federal Delta Amacuro y la plataforma continental del Orinoco. Posibilidades petrolíferas. Boletín de Geología Publicación especial N° 6. pp. 125-135.

- García Castro, A y D Heinen. 1999. Planificando el desastre ecológico: Impacto del cierre del caño Mánamo para las comunidades indígenas y criollas del Delta Occidental (Delta del Orinoco, Venezuela). *Antropológica*, 91:31-56.

- García, P. 1987. Manual metodológico (versión preliminar). Proyecto Inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana (PIRNRG), C.V.G. Técnica Minera C. A., Ciudad Bolívar. Xiv+330 p.

- Geohidra Consultores. 1998. *Estudio de Impacto ambiental, proyecto perforación exploratoria. Area Prioridad Este, Bloque Punta Pescador*. AMOCO, Caracas.

- Huber, O. 1995. Venezuela Guayana, vegetation map. 1:2,000,000. CVG-Edelca- Missouri Botanical Garden.

- Huber, O. y C. Alarcón. 1988. Mapa de la vegetación de Venezuela. 1:2,000,000. Caracas: MARNR, The Nature Conservancy.

- Huber, O y R. Riina 1997. *Glosario Fitoecológico de las Américas*. Vol. I *América del Sur: países hispano parlantes*. UNESCO. Caracas.

- Infrawing y Asociados. 1997. *Estudio de factibilidad de cinco locaciones*. Delta Centro Operating Company, Caracas.

- Infrawing y Asociados. 1998. *Estudio de Impacto Ambiental, proyecto de perforación exploratoria. Bloque Delta Centro, fase I*. Delta Centro Operating Company, Caracas.

- IRNR (USB)-Ecology and Environment. 1999. *Estudio de factibilidad ambiental del proyecto cierre del Caño Tórtola*. Informe Técnico, Caracas.

- Lewis Jr, W.M.; S.K. Hamilton; M.A. Lasi; M. Rodriguez y J. Saunders III. 2000. Ecological determinism on the Orinoco Floodplain. *BioScience*, 8: 681-692.

- MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables). 1979. *Inventario nacional de tierras región oriental Delta del Orinoco-Golfo de Paria*. Dirección General Sectorial de Información e Investigación del Ambiente. Serie Informes Científicos-Zona 2/1C/21, Maracay.

- MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables). 1982. Mapa de la vegetación actual de Venezuela. Dirección General Sectorial de Información e Investigación del Ambiente. Proyecto VEN 79/001/B. Sistemas Ambientales Venezolanos.

- MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables). 1988. *Estudio agroclimatológico del territorio Federal Delta Amacuro*. Caracas.

- Medina, E. 1995. *Evaluación ecológica y manejo ambiental de la región sur-este de Maturín, Edo. Monagas*. Informe elaborado para FUNDIATE como parte del proyecto de evaluación de impacto ambiental de operaciones de exploración y explotación petrolera en el área de desarrollo de Maturín Este.
- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 2000. *Wetlands*. John Wiley y Sons, Inc. New York
- Moffat, D. y O. Lindén. 1995. Perception and reality: Assessing priorities for sustainable development in the Niger River Delta. *Ambio*, 24 (7-8): 527-538.
- Natura S.A. 1998. *Expansión del campo petrolero Pedernales. Evaluación ambiental específica*. British Petroleum, Caracas.
- Olivares, E. y G. Colonnello. 2000. Salinity gradient in the Mánamo river, a damned tributary of the Orinoco delta, and its influence on the presence of *Eichhornia crassipes* and *Paspalum repens*. *Interciencia*, 25 (5): 242-248.
- Paolini, J; R. Herrera y A. Nemeth. 1993. Hydrochemistry of the Orinoco and Caroní Rivers. *Mitt. Geol.-Palaont. Inst. Univ. Hamburg*, 55: 223-236.
- Rial, A. 2000. Aspectos cualitativos de la zonación y estratificación de comunidades de plantas acuáticas en un humedal de los Llanos de Venezuela. *Mem. Fund. La Salle Cienc. Nat.* 153: 69-85.
- Rodríguez Altamiranda, R (Comp.). 1999. *Conservación de humedales en Venezuela: Inventario, diagnóstico ambiental y estrategia*. Comité Venezolano de la IUCN. Caracas.
- Roggieri, H. 1995. *Tropical freshwater wetlands*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Van Andel, T.H. 1967. The Orinoco Delta. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37: 297-310.
- Van der Voorde, J. 1962. Soil conditions of the Isla Macareo, Orinoco Delta. *Medelingen Stichting Bodemkartering*, 12: 6-24.
- Vásquez, P.; J. Urich y V. González. 1996. *The use of drilling solid waste as amendment of Acid-sulphate soils of the Orinoco Delta*. Boletín de la Society of Petroleum Engineers. SPE35880. Pp 35-44.
- Warne, G.A.; R.H. Meade; W.A. White; E.H. Guevara; J. Gibeaut et al. 2002. Regional controls on geomorphology, hydrology, and ecosystem integrity in the Orinoco Delta, Venezuela. *Geomorphology*, 44(3-4): 273-307.
- White, W.A.; A.G. Warne; E.H. Guevara; A. Aslan; A. Tremblay et al. (en prensa). Geo-environments of the northwest Orinoco Delta, Venezuela. *Interciencia*.

HUMEDALES DE LA PUNA: TERRITORIOS DE PUEBLOS INDÍGENAS DE LAS MONTAÑAS ANDINAS DEL NORTE DE CHILE

WETMEADOWS OF THE PUNA AND INDIGENOUS PEOPLE TERRITORIES
ON THE ANDEAN MOUNTAIN OF NORTHERN CHILE

Milka Castro Lucic
Departamento de Antropología
Universidad de Chile - Casilla 10115
mcastro@uchile.cl

Miguel Bahamondes
Escuela de Antropología
Universidad Academia Humanismo Cristiano
mbahamondes@terra.cl

Pablo Azócar Fernández
Departamento de Cartografía,
Universidad Tecnológica Metropolitana
San Ignacio 171, Santiago de Chile
pazocar@utem.cl

Leonardo Molina Pino
Departamento de Cartografía,
Universidad Tecnológica Metropolitana
San Ignacio 171, Santiago de Chile
lmolina@utem.cl

RESUMEN

Esta contribución sintetiza algunos resultados de estudios realizados en el norte de Chile, en la zona comprendida entre los 17° y 26°S., en el ecosistema de puna, planicie de altura entre los 3200 y 4500 msnm, que contiene numerosas cuencas endorreicas formando lagos y salares de diverso tamaño, en un medio desértico. El objetivo central fue el registro cartográfico de 435 humedales, los que fueron clasificados de acuerdo a la vegetación predominante en dos tipos: a) «bofedales» (con predominancia de juncáceas en cojín) y b) vegas (predominancia de gramíneas). Los primeros se localizan hacia la zona norte, más lluviosa y, los segundos, hacia el sur en zonas menos lluviosas, suelos más salinos y a menor altura. En función, principalmente, del tipo de vegetación, la presencia de salares y los potenciales recursos productivos, se definieron siete zonas de ocupación humana, en sentido norte-sur. Finalmente se caracterizaron las formas de uso y el significado de los humedales al interior de la cultura de los pueblos indígenas aymaras y atacameños y los cambios que están ocurriendo producto del aumento por demandas de derechos de agua.

Palabras clave: Montañas, Andes, Puna, Humedales, Pastizales, Pastoreo, Indígenas, Derechos.

SUMMARY

This paper deals to some relevant findings and conclusions of studies in the northern Andes of Chile (17°-26°S.), in the puna ecosystem, between 3200 to 4500 m.a.s.l. that it contains numerous basins forming lakes and salt lakes of diverse size in an arid zone. The main objective was the cartographic register of 435 wetmeadows, classified according to the predominant vegetation in two types: a) “bofedales” (with juncaceas predominance in cushion), and b) “vegas” (predominance of gramineous). The first ones are located toward the north, rainier area, and the seconds, toward the south in less rainy areas, more saline soils and to smaller height. According to the vegetation, salt lake presence, and productive potential resources, they were defined seven areas in south-north sense. Finally, it was characterized the management and the meaning of wetmeadows within the indigenous aymara and atacameño culture, as well the changes

that are occurring as a consequence of the increasing of water right demands.

Kew words: Andes mountains. Puna. wetlands. wetmeadows. Grasslands Indigenous cultures. Rights

INTRODUCCIÓN

Al examinar la disponibilidad de recursos hídricos en América Latina, ésta se presenta como una región esencialmente húmeda. En América Latina y el Caribe la precipitación media anual (1500 mm), es superior en un 60% al promedio mundial y el escurrimiento medio anual (370000 m³/s), constituye un 30% del total mundial (CEPAL, 1980).

El promedio de lluvias en América del Sur (1560 mm anuales) es el más alto de todos los continentes (UNESCO, 1986). En zonas donde precipita entre 500 y 1500 mm, vive más del 90% de la población de América Latina y la densidad de población es ahí de 25 hab./km². En las zonas más húmedas, que abarcan casi el 40% de la región y cuyas precipitaciones oscilan entre 1500 y 4000 mm, la densidad apenas llega a 2,5 hab./km². No obstante, se debe tener presente que estas cifras esconden las especificidades locales, como es el comportamiento climático de zonas andinas semiáridas.

Las montañas y las tierras altas representan aproximadamente el 36% de la superficie de la Tierra; en ellas viviría el 10% de la población del mundo, aunque un número muy superior depende de alguna forma de los recursos de las montañas (Fairbridge, 1968; Messerli, 1983; citados en: García-Ruiz, 1990). El continente Sudamericano es atravesado de Norte a Sur por una inmensa cadena montañosa: la cordillera de los Andes. En 7200 km de recorrido por siete países, ocupa más de 50° de latitud y una superficie de 200 millones de hectáreas, con una población que sobrepasa los 30 millones de habitantes y que se caracteriza por tener los ingresos más bajos de Latinoamérica.

Este gran ecosistema de montaña presenta múltiples condiciones microclimáticas y una gran riqueza en biodiversidad, esto es, variedad de genes dentro de las especies, variedad de especies dentro de una región y variedad de ecosistemas. Dentro de la clasificación de los grandes ecosistemas andinos sudamericanos, ubicados en cotas superiores a los 2.300-2.800 msnm, se encuentra el ecosistema de *páramo*, que se extiende

desde Venezuela hasta el norte del Perú, pasando por Colombia y Ecuador; al sur de éste se encuentra el ecosistema de *puna*, que abarca la meseta altiplánica y valles internos del sur del Perú, este y sur de Bolivia, noreste de Chile y noroeste de Argentina (Gligo, 1982). El ecosistema de *puna*, corresponde a la planicie de altura entre los 3200 y 4500 msnm, que contiene numerosas cuencas endorreicas formando lagos y salares de diverso tamaño, en un medio desértico. El clima es, en general, seco y frío, con lluvias estivales, que dejan al menos 10 meses con déficit (marzo a diciembre). La vegetación predominante corresponde a estepa arbustiva - de baja biomasa por unidad de superficie.

El estudio que se presenta se realizó en Chile en la zona comprendida entre los 17° y 26° LS., sobre los 3000 aproximadamente (ver Fig. 1). Esta zona fue caracterizada por Troll como *Puna Salada* (Troll, 1958). Acá, las lluvias estivales conocidas como invierno altiplánico, proceden de la Hoya amazónica y se presentan por sobre la cota de los 2000 m de altitud, e influyen por lo general hasta aproximadamente los 23°50' LS, como límite máximo (Gaete, 1974). La presencia de mayor o menor intensidad de precipitaciones ha conformado una gradiente diferenciada de clima, vegetación y formas de producción, en sentido norte a sur y de este a oeste.

Entre los 17° y 21° LS. (I Región política administrativa de Chile, habitada por el pueblo indígena *Aymara*, el promedio anual de temperaturas queda comprendido entre los 5°C y valores cercanos a 0°C, incluso negativos, llegando a -24°C en invierno; las precipitaciones están delimitadas por las isoyetas 200 y 300 mm en la parte septentrional, en el límite con Perú, mientras que en la zona más meridional, las lluvias fluctúan entre 100 y 200 mm (Iren-CORFO, 1976). Teniendo presente estos rangos promedios, se propone caracterizar esta zona como de tipo *puna húmeda*, considerando que uno de sus atributos es que la "precipitación pluvial anual fluctúa entre 100 y 400 mm al año y es donde se encuentran lagos y corrientes" (Clustred, 1977:60). Además, este estudio propone como límite sur de la *puna húmeda* los 20° LS, sector de Lirima, zona donde comienza a aparecer concentración de salares, lo que va acompañado de un cambio en la composición florística de las for-

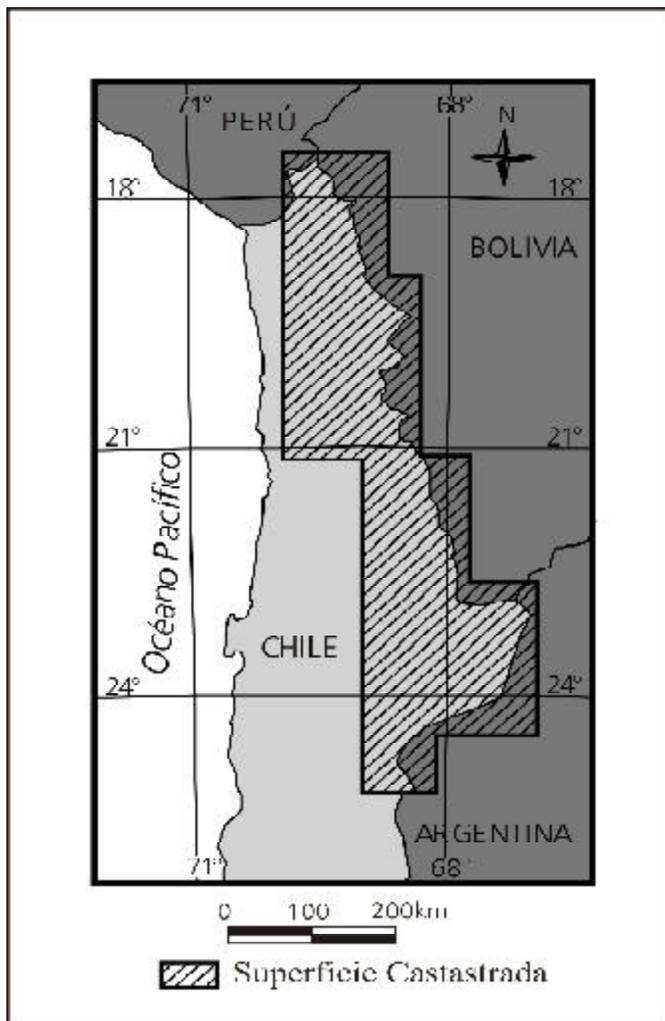


Figura 1. Mapa de ubicación Catastro humedales del norte de Chile.

maciones vegetales de los humedales de altura característicos de esta zona.

Siguiendo hacia el sur, entre los 21 y 26° (II Región política administrativa de Chile, habitada por el pueblo indígena atacameño), se encuentra una zona que, en propiedad, puede ser denominada *puna salada*; se caracteriza por la presencia de numerosos y extensos salares. La temperatura oscila entre los 3 a 10°C con una amplitud media anual de 7°C. Las precipitaciones fluctúan entre los 50 y 100 mm, no alcanzando el valor de 200 mm (Iren-CORFO, 1976). En la sección sur de esta área, en la cuenca del Salar de Atacama, mejoran las condiciones climáticas y las temperaturas, como promedio anual, alcanzan a los 13°C. En verano las mínimas fluctúan entre los 8 y 15°C y las máximas, entre 25 y 38°C; la oscilación máxima diaria es de

33°C. Al área misma del salar le corresponden 10 mm anuales, según mapa de isoyetas de la Oficina Meteorológica Mundial, en cambio hacia el oriente caen entre 100 y 400 mm, a 3000 m de altitud. Por sobre los 4000 m ocurren precipitaciones nivales.

En los diferentes ecosistemas de puna, la vegetación se desarrolla a dos niveles: uno global o zonal, que caracteriza grandes espacios y que corresponde al aspecto dominante del área y uno particular o azonal, que responde a situaciones ambientales excepcionales para ese ambiente. Entre estos últimos, dado lo marcadamente árido de la región, la existencia de un suministro más o menos constante de agua ha condicionado la existencia de sistemas vegetacionales característicos, conocidos con el nombre vernacular de *vega* y *bofedal* y que, técnicamente, corresponden a ambientes de *humedal*.

El presente estudio tiene por objetivo identificar y caracterizar los humedales y dar cuenta de la forma como el hombre andino ha organizado la ocupación de este territorio, adecuando su economía y producción a las restricciones y potencialidades que encuentra en el ambiente, lo que se traduce en una gran variedad de estrategias sociales, económicas y culturales.

Los habitantes del área de estudio, aymaras y atacameños, serían, según proyecciones de población, 15000 personas, número que se mantiene bastante estable a través del tiempo (ver Gráfico 1). Las comunas de Putre, Pica, Calama y San Pedro de Atacama, comparten como característica la presencia de ciudades o de pueblos principales como capitales de comuna, en el último tiempo han experimentado profundas transformaciones como producto de fuertes corrientes inmigratorias hacia ellas; mientras que General Lagos, Colchane, Camiña y Ollague tienen como capital de comuna a pequeños poblados agroganaderos, lo que explicaría las diferencias demográfica observables. Desde el punto de vista de la división político-administrativo, las comunas andinas de Putre, General Lagos, Camiña, Colchane y Pica, corresponderían en sus partes altas a la zona de *puna húmeda*. Hacia el sur de éstas, las comunas de Ollague, Calama y San Pedro de Atacama, quedarían en el área de *puna salada*.

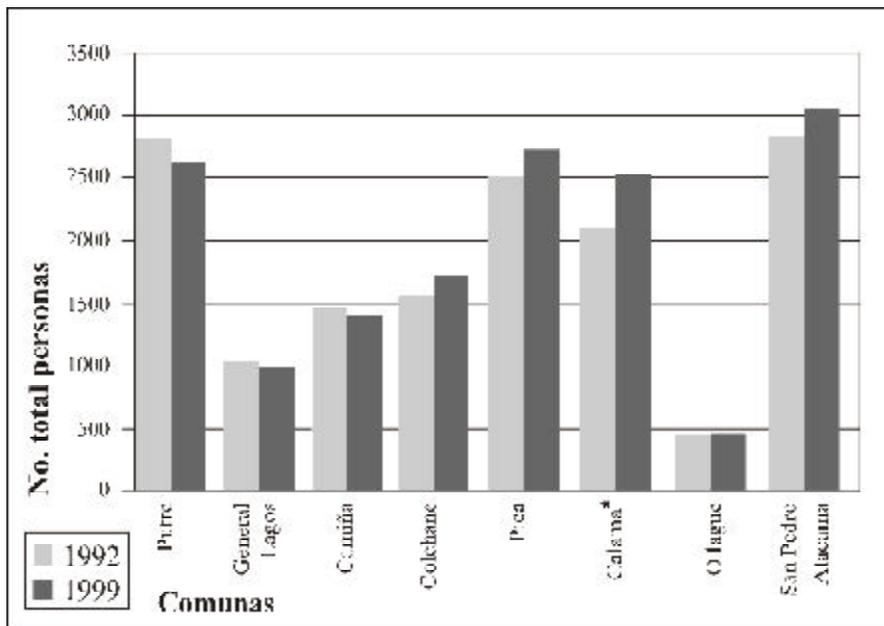


Gráfico 1. Evolución de la población andina (1992-1999).

MÉTODOS

Los resultados que se presentan son parte de un estudio interdisciplinario más amplio, que ha tenido como objetivo delimitar los territorios indígenas en las montañas andinas, caracterizar las formas de uso productivas (pastoreo y agricultura en terrazas), la percepción del espacio y las particularidades de la cultura andina en torno al agua. (Castro Lucic et al, 1992a, 1992, b). También se ha avanzado en el dimensionamiento de los efectos de los conflictos por derechos de aguas, especialmente derivados de la extracción de este recurso para uso en la explotación minera.

En este trabajo se caracterizan los tipos de humedales de la puna y su entorno inmediato, tomando como variable la composición botánica; se localiza espacialmente y se describen las formas de uso que hace de ellos la población andina.

Una primera etapa consistió en identificar cartográficamente aquellos humedales presentes en la carta regular, que corresponden sólo a los de mayor superficie, para posteriormente cotejar con las fotos aéreas e imágenes satelitales. Como resultado se obtuvo una cartografía preliminar. Los documentos cartográficos utilizados fueron a) cartas topográficas regulares del Instituto Geográfico Militar IGM de Chile, escala 1:250.000; 1:100.000; 1:50.000, construidas a partir del vuelo fotogramétrico año 1954

y clasificación de terreno año 1963; b) fotografías aéreas, escala 1:60.000 y 1:80.000, año 1955; c) imágenes de satélites, Landsat 4, resolución espacial de 90 metros, pancromático, año 1990. Con la cartografía de referencia se incorporaron en el trabajo de terreno los nuevos humedales, distinguiendo entre una localización *in situ* o “exacta”, por observación y levantamiento directo en terreno y otra localización “*por referencia*” o relativa, debido a que, por estar en sectores de difícil acceso, su ubicación fue validada sobre la base de información entregada por usuarios. Para los humedales “*in situ*” se utilizó brújulas, alfiler y GPS.

Para los humedales de “referencia”, se empleó el uso de bosquejos y diagramas proporcionados por los informantes-clave. Es importante señalar que los humedales identificados en la etapa de gabinete constituyen un porcentaje mínimo con respecto a los humedales que fueron incorporados en terreno (*in situ* y por referencia) debido a que esta cartografía regular sólo registra aquellos de gran magnitud areal, posibles de ser representados en un producto cartográfico de 1:50.000. La ausencia de algunos humedales en la cartografía de 1954, se debería también a que estos humedales varían su magnitud areal como consecuencia de las variaciones climáticas o por manejo antrópico, sea por aumento de áreas bajo riego o por reducción de la superficie como resultado de la extracción de agua para destinarla a otros usos (centrales hidroeléctricas, uso explotación en minería, consumo humano en ciudades, entre otros).

Luego de obtener el catastro completo de humedales, se efectuó un estudio botánico con el propósito de caracterizar estos sistemas hidromórficos azonales. Se procedió a seleccionar sitios en cada una de las cuencas, considerando los siguientes parámetros: accesibilidad, grado de representatividad ecológico-ambiental, importancia en el manejo ganadero del área y particularidades fisiográficas. La prospección y descripción consideraba representar la diversidad de formaciones vegetales que pueden integrar estas

comunidades, como también catastrar las asociaciones florísticas características.

El factor determinante en la asignación de sitios de reconocimiento y descripción fue la condición de cubrir integralmente las cuencas hidrográficas de la zona de estudio.

Para la caracterización de la población se empleó información cuantitativa y cualitativa obtenida en el trabajo de campo (información primaria). El estudio estuvo orientado a caracterizar y analizar la asociación entre pastoreo y uso del espacio en la puna húmeda y en la puna salada. La prospección en terreno se efectuó paralelamente al trabajo cartográfico. Se entrevistó a los usuarios de los humedales consignando información de usos, época de utilización, tiempo de permanencia, animales (llamas y/o alpacas), percepción etnobotánica de los humedales y otra información referida a aspectos sociales, económicos y culturales.

Para permitir un rápido análisis espacial entre variables, la información se incorporó en un Sistema de Información Geográfico. Así se ha podido, relacionar la localización espacial de los humedales con la distribución espacial de los yacimientos mineros en explotación, las cuencas hidrográficas, cursos de aguas y zonas de pastoreo; también se está trabajando en la localización de las áreas de mayor riesgo ante el impacto que pudiera causar la actividad minera en la base territorial, económica y cultural de las comunidades.

RESULTADOS

Cartografía de humedales

Se ha elaborado un cartografía de 435 humedales de la puna húmeda y salada (ver Fig. 2). Los humedales han sido definidos como categoría técnica para incluir sistemas vegetacionales que se establecen en un ambiente edáfico principalmente orgánico, caracterizado por una condición hídrica de saturación permanente. Para escala 1:250.000 y mayores, los humedales se representaron con implantación poligonal ya que el nivel de detalle de estas escalas lo permitía. Sin embargo, para escalas menores a 1:250.000 (ejemplo 1:500.000, 1:1.000.000) la representación fue con implantación puntual debido que en éstas, un gran porcentaje de humedales tenía poca extensión en relación con el nivel de detalle del producto.

La información de humedales, de población humana y uso fue ingresada, en un Sistema de Información

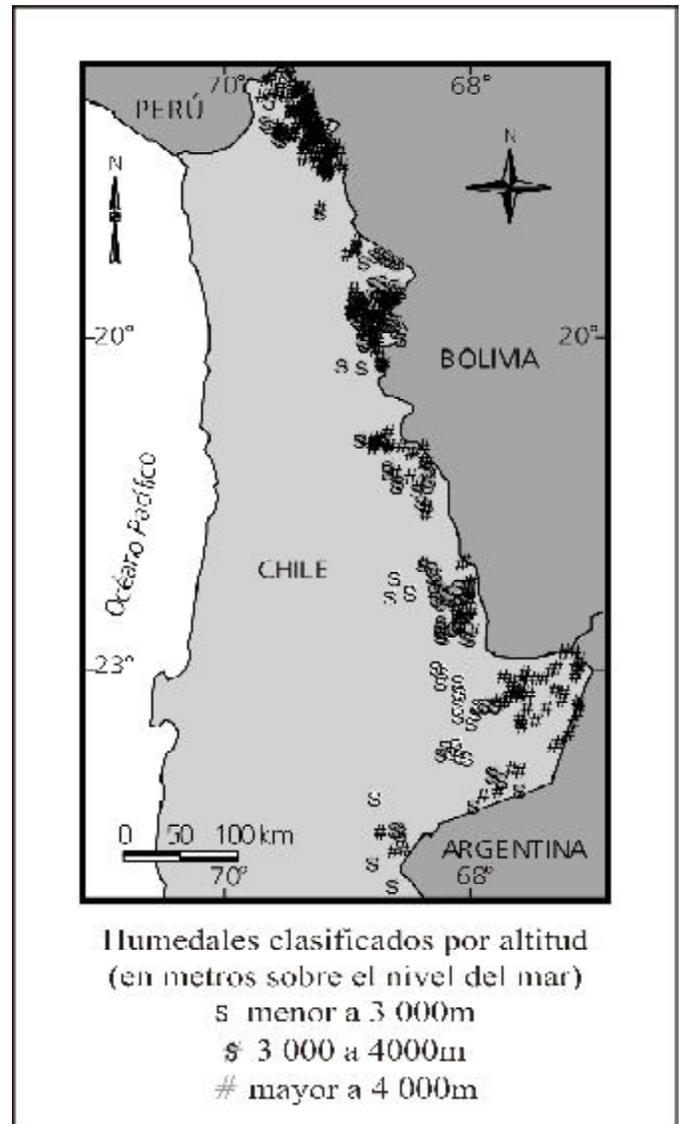


Figura 2. Catastro humedales clasificados por altitud.

Geográfica (SIG). En el caso de los humedales se ingresaron los siguientes atributos: tipo (bofedal o vega), altitud (determinación de cota altimétrica superior e inferior), orientación (referida a los puntos cardinales), coordenadas (Sistema Universal Transversal de Mercator UTM; coordenadas de inicio, de término, punto medio), magnitud areal (estimación de superficie en hectáreas), magnitud lineal (estimación de extensión longitudinal en metros), emplazamiento topográfico (humedales de planicie: generalmente asociado a salares; humedales de quebradas: de régimen hídrico regular o intermitente), localización hidrográfica (nombre de cuenca y/o subcuenca hídrica). También se incorporó: límites de las

comunidades indígenas, circuitos de pastoreo con alternancia entre humedales y pastos de cerros (ver Fig. 3); cerros y volcanes ceremoniales, hitos ceremoniales, asentamientos humanos permanentes y temporales, concesiones mineras de explotación, solicitudes de agua (por origen: subterráneas y superficiales; por tipos: mineras y no mineras) y áreas silvestres protegidas.

Para la incorporación de esta información al SIG, se la estructuró en bases de datos gráficas y alfanuméricas. La información georreferenciada, fue dividida en tres grandes grupos: a) Cartografía Base (curvas de nivel, hidrografía, límites político-administrativos, toponimia; b) Humedales (polígono

referente a la extensión del humedal, punto principal o centroide del polígono); c) Información antrópica (límites de comunidades indígenas, asentamientos permanentes y temporales). El software usado como plataforma para el SIG fue ArcView GIS 3.1 de ESRI. Se incorporó las bases de datos gráficas y las bases de datos alfanuméricas asociando cada elemento georreferenciado con sus atributos y características respectivas. La interfase de este software proporciona la creación de "vistas" o mapas con el despliegue de las bases de datos gráficas asociadas a las bases alfanuméricas, permitiendo un acceso dinámico a los datos y posibilitando además el análisis espacial de toda la información.

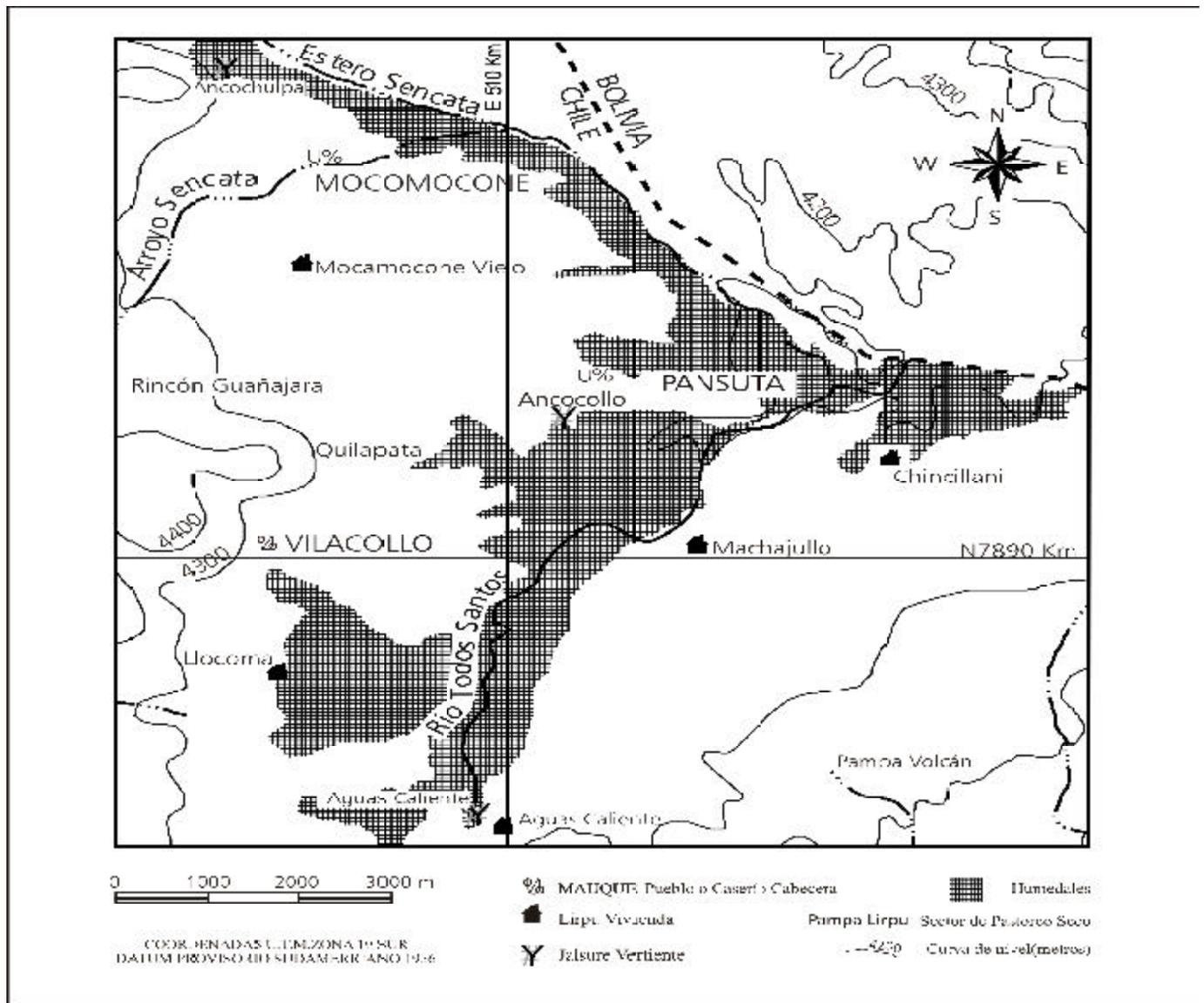


Figura 3. Sector Vilacollo.

Localización de humedales

La región andina del norte del país, desde el límite con Perú, 17°30' S, hasta los 26°S, al sur del Salar de Atacama, sobre 3000 m aproximadamente, presenta una conformación azonal de humedales, con marcadas diferencias en cuanto a la presencia de *vegas* o *bofedales*, predominando los *bofedales* en el sector norte y las *vegas* en el sector sur de la zona. (ver Fig. 4). Esta dispersión tiene correspondencia con los límites señalados para la delimitación de la *puna húmeda* que se extendería hasta el sector de Lirima (ca. 20°S) y de ahí la *puna salada* hasta la cuenca del Salar de Atacama (ca. 26).

El catastro de humedales, como se ha mencionado, arrojó un total de 435 unidades. Siguiendo la secuencia de las cuencas en sentido norte-sur, entre el río Cosapilla en el norte y el río Sacaya por el sur (20°S aproximadamente), se extiende la zona de puna húmeda, donde se localiza un total de 209 humedales; al sur de esta zona, hasta los 25°S aproximadamente, la puna salada, se caracteriza por la presencia de numerosos salares. El número total de humedales

catastrados en este sector es 226. Aun cuando el número de humedales es menor en la puna húmeda, la superficie ocupada por estas formaciones vegetales es mayor que la superficie de las vegas en las cuencas de puna salada, donde los escasos bofedales, se encuentran en mayores altitudes.

Caracterización botánica

Los humedales son muy heterogéneos considerando la fisiografía, altitud y salinidad. Este último es un rasgo que se relaciona directamente con las variaciones florísticas, lo que significa que, a mayores afloramientos salinos, exista un menor desarrollo de vegetación y una menor diversidad de especies. Este factor es especialmente relevante en el área de puna salada debido a la presencia de las cuencas salinas de Ollague, Carcote, Ascotan, hacia el norte y el salar de Atacama hacia el sur, y más allá los deshabitados salares de Punta Negra y Pajonales. En la Tabla 1, se señalan las cuencas de la zona de estudio en estricto sentido norte-sur.

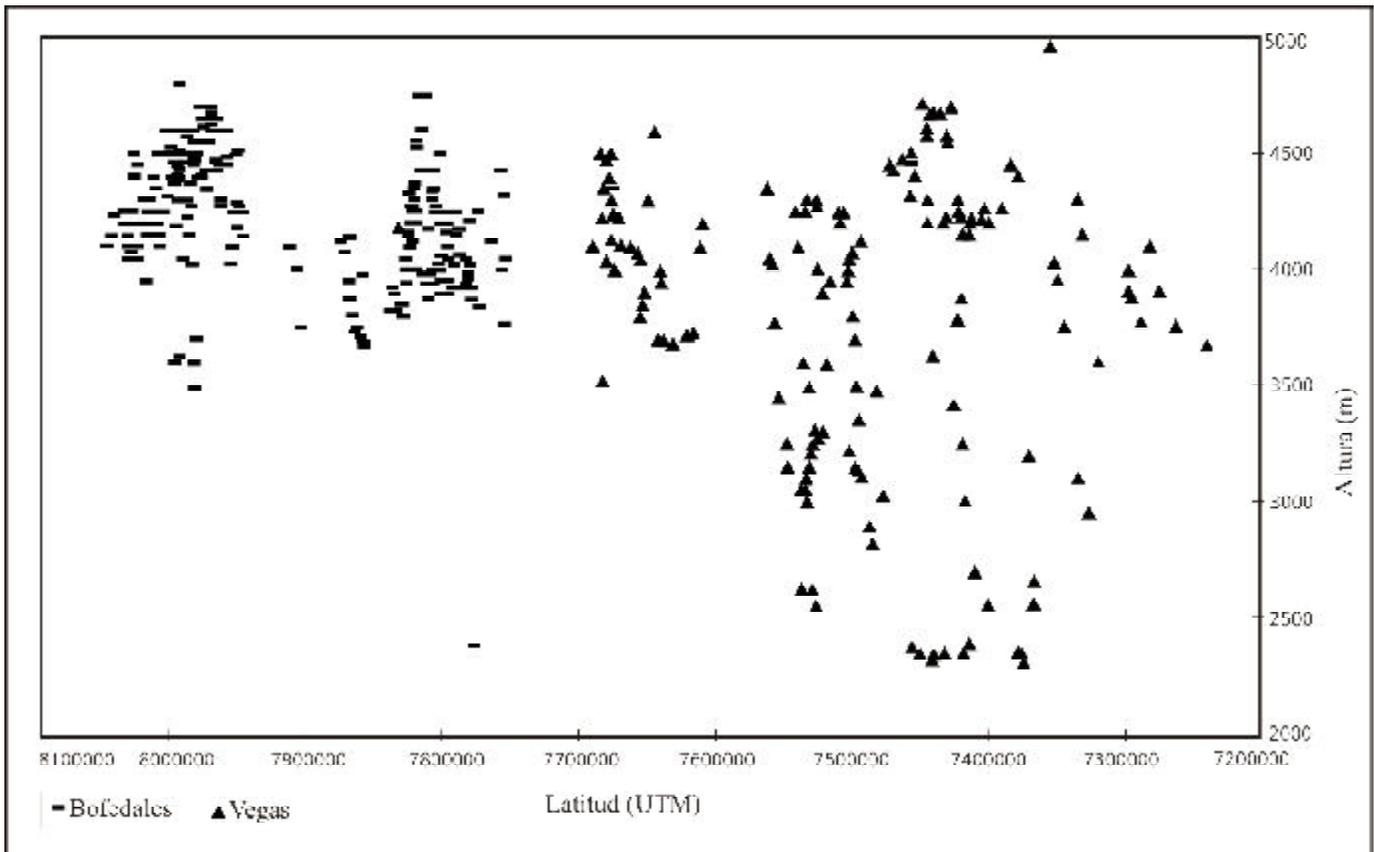


Figura 4. Dispersión longitudinal y latitudinal de humedales.

Cuencas	Humedales	
	Número	%
Puna Húmeda		
Río Cosapilla	32	12.0
Río Lluta	32	7.4
Lago Chungará	9	2.1
Río Lauca	48	11.3
Salar de Surire	1	0.2
Río Camarones	3	0.7
Río Parajalla	2	0.5
Ríos Isluga Cariquim	41	9.4
Río Sacaya (Cancosa)	21	4.8
Sub total	209	
Puna Salada		
Salar Huasco	21	4.8
Salar Coposa	2	0.4
Pampa Tamarugal	38	8.7
Salar Michincha (**)	7	1.6
Salar Ollagua	5	1.1
Salar Carcote	5	1.1
Salar Ascotan	4	0.9
Río Loa	41	9.4
Salar de Atacama	49	11.3
Altiplánica	47	10.8
Salar Punta Negra	6	1.3
Salar Pajonales	1	0.2
Sub total	226	
Total	435	100.0

Tabla 1. Dispersión longitudinal y latitudinal de humedales.

En la puna húmeda predomina la formación vegetal de tipo bofedal, en tanto que su presencia en la zona de puna salada es muy escasa. Los bofedales se presentan como microrrelieves ondulados con ciertas

especies predominantes como *Oxychloe andina* (pak'o), *Distichia muscoides* (pak'o hembra), *Patosia cfr. clandestina*, *Scirpus atacamensis*, *Deyeuxia chrysantha*, *Deyeuxia velutina*, *Carex* sp. (Faúndez, L., en Castro Lucic et al. 1993) (ver foto n°1). Se encuentran, en relación al gradiente hídrico, desde estado flotante, emergentes o sumergidas, hasta el borde o límite de la vegetación zonal (pajonal o tolar). Los bofedales son turbas pantanosas cuyo crecimiento no sólo depende de la disponibilidad de agua, sino también que no se desarrolla si no hay agua corriente para el adecuado suministro de oxígeno, y para el lavado de sales (Wright, 1963). En la puna salada, existe una marcada predominancia de «vegas» que alcanzan menores alturas. Las vegas se desarrollan en lugares donde existe un elevado y permanente contenido de humedad edáfica. Se presentan en superficies planas o con escaso microrrelieve, con especies dominantes que varían según altitud y grado de salinidad.



Foto 1. Bofedal

La altitud, fisiografía, hidromorfismo y salinidad se relacionan directamente con la composición florística y la fisonomía de estos sistemas vegetacionales. En ambas zonas se observó que los sistemas de vegetación asociados a la presencia de un claro hidromorfismo, presentan una gran heterogeneidad. En cuanto a la composición florística predominante en la vegetación hidrófila azonal en una muestra de 117 humedales, reveló que en la I Región (puna húmeda), de 65 humedales, 36 (55%) pertenecían a la categoría de bofedales (salinos

y no salinos). Mientras que en II Región (puna salada), de 52 humedales sólo 8 (15%) correspondían a la categoría bofedal, el resto pertenecía a diferentes tipos de vegas en función de su altitud y el grado de salinidad.

Al parecer existe una correlación entre el porcentaje de salinidad del humedal y la presencia de vegas en áreas de menos altitud hacia el sur de la zona estudiada. La salinidad se relaciona directamente con variaciones florísticas: esto significa que, a mayor porcentaje de afloramientos salinos, existe un menor desarrollo de vegetación y una menor diversidad específica. También existe un fuerte grado de asociación entre ciertas especies que son propias de elevadas concentraciones salinas (*Distichlis scoparia*, *Distichlis humilis*, *Lycium humile*, *Crassula sp.*). La altitud también resulta importante en la determinación de patrones de composición florística, especialmente en lo que se refiere a las grandes categorías de humedales. Sobre los 3500 m se encuentran humedales con una participación importante de especies en cojines. Debajo de esta altura predominan las vegas y la vegetación riparia. Otro aspecto a considerar en la diferenciación de estos sistemas, vegas y bofedales, es el régimen hídrico léntico que los caracteriza, de aquellos regímenes lóticos que desarrollan lo que se ha definido como vegetación riparia (Faúndez, L., en Castro Lucic et al. 1993).

Especies de Humedales	Tipo de humedales					
	6	5	4	3	2	1
<i>Carex sp.</i>	1	5	11	13	11	23
<i>Catabrosa werdeermanni</i>	1	0	23	2	3	1
<i>Deschampsia caespitosa</i>	0	7	3	8	1	1
<i>Deyeuxia velutina</i>	0	1	1	5	1	0
<i>Distichia muscoides</i>	0	0	2	3	0	16
<i>Distichlis humilis</i>	3	2	13	0	2	1
<i>Eleocharis sp.</i>	1	3	11	9	5	24
<i>Festuca nardifolia</i>	0	1	10	10	3	4
<i>Hypsella oligophylla</i>	2	2	0	1	0	1
<i>Juncus balticus</i>	3	4	2	0	0	0
<i>Juncus sp.</i>	0	0	5	5	3	4
<i>Lachemilla diplophylla</i>	0	0	1	2	0	4
<i>Lilaeopsis lineata</i>	1	1	3	4	1	6
<i>Oxychloe andina</i>	0	1	11	5	12	25
<i>Patosia clandestina</i>	0	1	2	3	1	1
<i>Potamogeton strictum</i>	0	1	2	2	0	5
<i>Scirpus acaulis</i>	0	1	3	4	0	5
<i>Scirpus atucameusis</i>	0	2	10	3	6	6
<i>Scirpus sp.</i>	3	3	2	1	0	0
<i>Sarcocornia pulvinata</i>	0	0	6	0	1	0
<i>Triglochin palustris</i>	1	2	5	0	0	0

Tabla 2. Distribución de principales especies de vegas y bofedales, según salinidad. 1=Bofedal No-S; 2=Bofedal S; 3=Vega altoandina No-S; 4=Vega altoandina S; 5= Vega baja y media altitud No-S; 6=Vega baja y media altitud S.

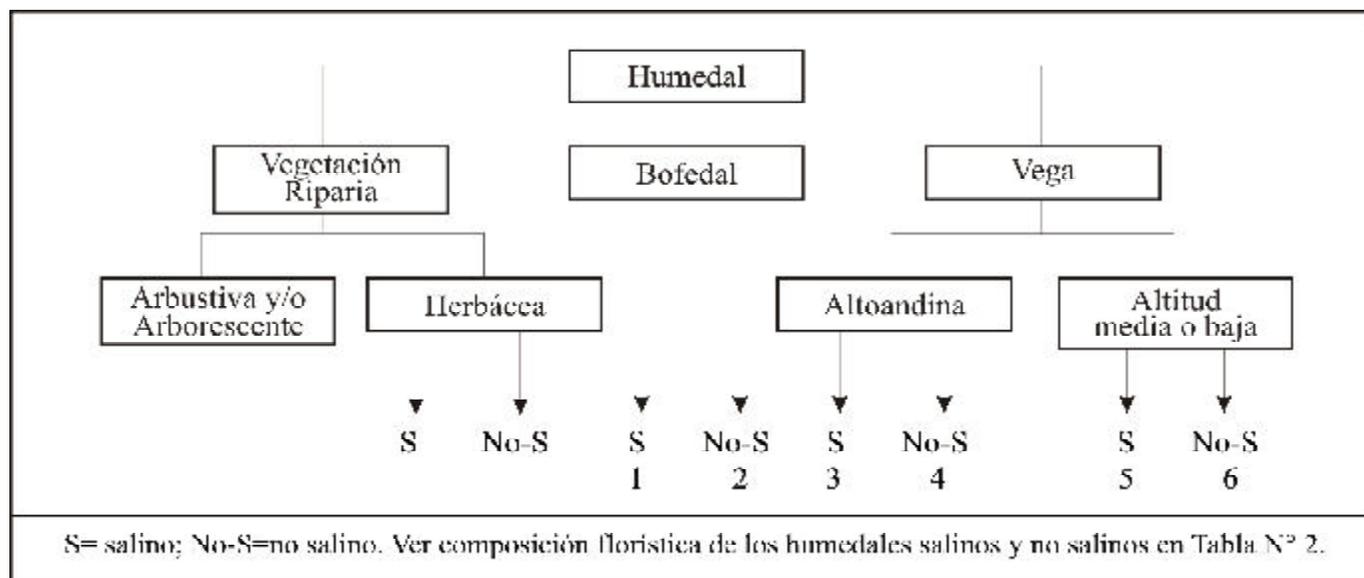


Gráfico 2. Esquema de tipos de humedales.

En el gráfico 2 se presenta el esquema de tipos de humedales. Las vegas de altitud media y baja, se desarrollan en cotas inferiores a los 3500 m de altitud, asociadas a cursos de agua en depresiones abiertas o bien a afloramientos hídricos en laderas, con una fuerte importancia del gradiente hídrico en la distribución de las comunidades o asociaciones de especies. En la zona se observaron dos tipos: a) salinas: con alta salinidad, en el curso inferior de valles y quebradas; presentan alta cobertura herbácea en los sectores de mayor hidromorfismo, disminuyendo abruptamente cuando el contenido de humedad es reducido. Generalmente presentan afloramientos y costras salinas en superficie, de preferencia hacia los márgenes, en donde disminuye la vegetación. Se caracterizan por una elevada homogeneidad fisionómica, con una muy baja diversidad específica de una o dos especies por elemento; b) no salinas: con salinidad media a baja, menores contenidos salinos posibilitan la existencia elementos herbáceos densos como: *Scirpus californicus*, *Juncus balticus*, *Carex sp.*, *Hypsela sp.*, *Eleocharis aff. albibracteata*, *Deyeuxia velutina*, *Deschampsia caespitosa*.

Las vegas alto andinas, se desarrollan sobre la cota de los 3500 m con alta heterogeneidad en la distribución de los diferentes elementos herbáceos componentes de la vegetación. Han sido divididas en: a) vegas salinas en los salares o depresiones cerradas, en las cuencas endorreicas de la depresión altiplánica, en los afloramientos hídricos o en torno a cuerpos de agua, con un marcado tenor salino (manifiesto en depósitos o costras salinas), se encuentra una vegetación característica, en la que predominan las siguientes especies: *Catabrosa werdermanni*, *Triglochin spp.*, *Sarcocornia pulvinata*, *Patosia cfr. clandestina*, *Festuca nardifolia*, *Deyeuxia velutina*, *Carex sp.*; b) vegas no salinas, en riberas de cursos de agua o depresión abierta. Asociadas a las vegas anteriores, en altitudes sobre los 3500 m, en condiciones de menor salinidad y con una mejor oxigenación del perfil edáfico se desarrollan vegas, caracterizadas por las siguientes especies dominantes: *Deyeuxia velutina*, *Deyeuxia chrysantha*, *Carex sp.*, *Patosia cf. clandestina*, *Oxychloe andina*, *Scirpus atacamensis*, *Festuca nardifolia*, *Arenaria rivularis*. En altitudes superiores a los 4000 m se encuentran los

bofedales, los sistemas hidromórficos caracterizados por un microrrelieve fuertemente ondulado con una red intrincada de canales o cursos de agua corriente.

Este microrrelieve, como se señaló, está directamente relacionado con la dominancia de especies herbáceas en cojines compactos, sobre las especies rizomatosas que forman los céspedes planos o regulares de las vegas. Esta unidad ambiental presenta dentro de sus características una marcada diversidad de comunidades, las cuales responden generalmente a un gradiente hídrico que va desde cursos de agua (donde la vegetación se puede encontrar en estado flotante, emergente o sumergido a una cierta altura, hasta el borde o límite con la vegetación zonal, esto es pajonal, tolar o desierto frío de altura, cuyo perfil edáfico se puede definir como “seco” (la vegetación característica corresponde a una comunidad de gramíneas cespitosas más o menos densa).

En el sector intermedio, asociado a las comunidades en cojines se desarrolla una comunidad de vega densa a muy densa con especies rizomatosas de escaso tamaño y con alta diversidad. Estas especies pueden crecer en comunidades puras o bien entremezcladas con los cojinetes. Estos sistemas corresponden a condiciones de anegamiento fluctuante, sobre un sustrato mineral o con bajo contenido orgánico, con muchos arbustos entremezclados en los estratos herbáceos. Además, generalmente, ocupan un área restringida a escasa distancia del curso de agua. Las especies más características de estos sistemas son: *Cortaderia atacamensis*, *Atriplex atacamensis*, *Baccharis salicifolia*, *Juncus balticus*, *Polypogon sp.*, *Myriophyllum sp.* Esta vegetación riparia puede clasificarse en función de la complejidad estructural que presente en comunidades herbáceas o en comunidades arbustivas y/o arbóreas. Las primeras pueden variar de acuerdo al grado de salinidad que presente el sustrato (Faúndez, L., en Castro Lucic et al. 1993).

Los pueblos indígenas y el uso de humedales

El área de estudio se ha dividido en sectores, atendiendo al potencial productivo (ver gráfico 3). En la parte más septentrional del área de estudio (puna húmeda, por sobre los 4000 msnm) y, aproximadamente, 200 kilómetros en sentido nortesur (entre los 17°S y 19°S), la población nativa, de

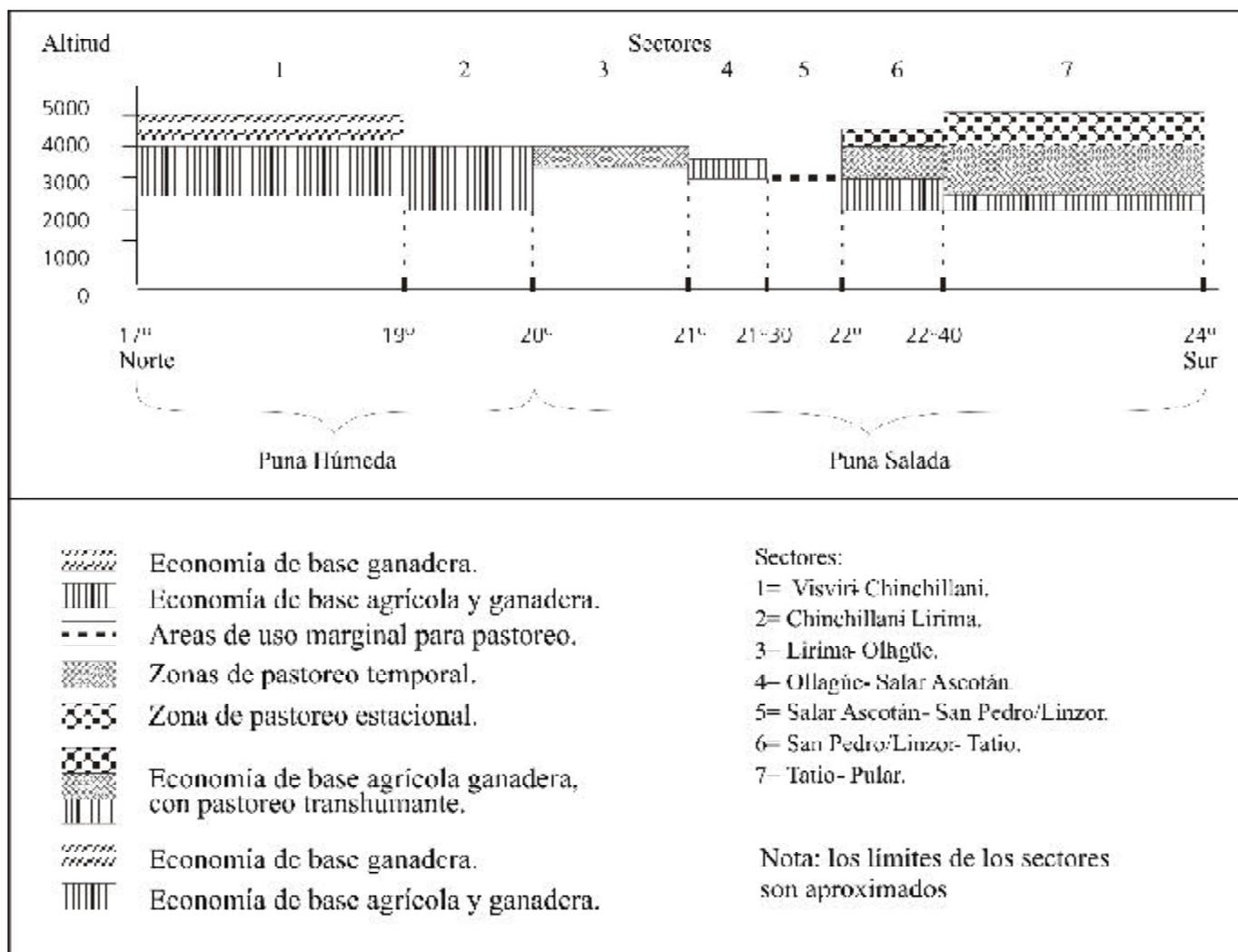


Gráfico 3. Ocupación del espacio por la población andina según latitud y altitud.

origen aymara, tiene en la actividad ganadera, llamas y alpacas y, en menor porcentaje ovinos. Su principal fuente de sustento (gráfico 4); corresponde a las comunas de Putre, General Lagos y Colchane, eminentemente ganaderas, donde aparece el mayor número de explotaciones que el censo agropecuario clasifica como «sin tierra» lo que significa que se trata de hogares que se dedican en forma exclusiva a la ganadería empleando una técnica transhumante para el pastoreo de los animales. En esta zona, la agricultura debido a las restricciones climáticas (heladas que llegan a -24°C en invierno) no puede ser realizada.

Hacia el sur de este territorio, en una franja longitudinal, no muy extensa (entre aproximadamente los 19°S y 20°S), la población andina, también aymara, recrea una economía en la que entre, la

ganadería de llamas, alpacas y ovinos, aparecen algunos cultivos de altura, principalmente papas (*Solanum andinum*) y quínoa (*Chenopodium quinoa*).

En ambos sectores, el aporte forrajero de los bofedales, que recibe el nombre vernáculo de “húmedo” se complementa con el llamado “seco” (tolar) y ambos conforman la base de la ganadería camélida y determinan, en cierto modo, la composición de ésta. Así, en el área de mayor presencia de bofedales es posible la crianza de alpacas; mientras que los hábitos alimenticios de las llamas permiten una mayor dispersión de éstas.

Las cifras de la distribución de la masa ganadera en el territorio comprendido en el estudio son elocuentes al respecto: 99,2% de la población de alpacas se encuentra localizada en la puna húmeda (I Región del

país) y 87% de esta masa se ubica en la zona donde se presenta la mayor concentración de bofedales. Los mejores hábitats para las alpacas son suelos húmedos, mientras que las llamas se asocian a lugares secos y áridos y su dieta proviene de esos ambientes; si bien es cierto que su mayor número también está localizado en la puna húmeda (92,9%), en zona del extremo septentrional, de concentración de bofedales (17°-19°S) sólo se ubica 64% del total de las llamas.

El tercer sector se encuentra hacia el sur, entre 20° y 21°S. Ha sido definido como una zona de transición, de pastoreo temporal en bordes de salares (Salar Huasco, Salar de Coposa y pequeñas quebradas). Marca el inicio de una zona en la cual comienzan a aparecer grandes salares (con desarrollo de formaciones vegetacionales en sus orillas). A partir de los 21°S, la población, de origen atacameña en su gran mayoría, encuentra condiciones ambientales más favorables para desarrollar una agricultura de cultivos de reducidas dimensiones, entre los que predominan papas, maíz, hortalizas, frutales y alfalfa, siempre asociada a la ganadería. Ésta, debido a cambios en la composición de la vegetación de altura, muestra una masa de ganado camélido conformada casi exclusivamente por llamas.

Debido a la importancia que adquirieron los poblados andinos como proveedores de carne para los grandes centros mineros de la región, el ganado ovino adquirió cada vez más relevancia en la masa ganadera de los atacameños. Según cifras del censo agropecuario de 1996/97 en la Provincia de El Loa había 14 836 cabezas de ovino y 5407 cabezas de llamas. Las alpacas sólo contabilizaban 339 cabezas (ver gráfico 3.). El territorio atacameño, no obstante, también presenta diferencias productivas. Específicamente, entre los 21°S y 21°30'S (cuencas salares Michincha, Ollague, Carcote y Ascotán), reside una población dedicada al pastoreo de llamas y una agricultura de muy pequeña escala en quebradas. Entre los 21°30' y 22° se presenta una zona de escaso uso productivo, con excepción del pastoreo en el río San Pedro donde existía un extenso humedal, las vegas de Inacaliri, que fue totalmente desecado por efecto de la extracción de agua para la producción minera. Entre los 22° y 22°40'S aproximadamente, (sub cuenca río Salado, afluente río Loa) aparece la agricultura en suelos

aterrazados que adquiere una importancia significativa en la economía de los hogares asociada a una ganadería ovina y de camélidos. Finalmente entre 22°40' a 24°, el sector más meridional, está conformado por los poblados situados a las márgenes del Salar de Atacama o en las quebradas que descienden hacia el este. Aquí las condiciones climáticas, especialmente las temperaturas, hacen posible una agricultura en terrazas más diversificada (hortalizas, frutales, papas, maíz, trigo, entre otros) y una ganadería que se ha centrado en los ovinos y, en menor medida, en los llamas. Para la crianza de éstos, utilizan un sistema de pastoreo trashumántico que los lleva a desplazarse hasta unos 100 kilómetros hacia el oriente en busca de pastos de altura durante el verano.

En el área septentrional, donde sólo es posible la ganadería, las relaciones de complementariedad con otras zonas productivas, ha permitido a sus habitantes proveerse de los productos agrícolas que no produce pero que necesita para su sustento. Para ello estableció una rica red de intercambio con los pisos ecológicos situados a menor altura hacia el oeste (precordillera; entre los 3.000 y 4.000 m.s.n.m.), donde la población, también aymara, asentada en poblados localizados en las cabeceras de las quebradas que descienden hacia el océano Pacífico, practican una agricultura basada en un sofisticado sistema de cultivos en terrazas con complejos sistemas de irrigación (foto 2).



Foto 2. Cultivo de terraza.

En la actualidad y, a raíz del acelerado desarrollo de los centros urbanos localizados en la costa, así como de centros mineros, se han producido importantes modificaciones en los patrones de ocupación del espacio y en la economía de la población aymara y atacameña. Junto a una fuerte corriente migratoria desde la zona alta hacia las partes bajas (valles costeros y ciudades), en el caso de la población aymara y hacia los centros urbanos mineros en el caso de los atacameños, se ha verificado una suerte de movimiento pendular entre los dos espacios puesto que la gran mayoría de las familias que han emigrado a la ciudad continúan desarrollando una actividad agrícola y/o ganadera en las partes altas.

Hay casos en los que una parte de la familia se mantiene residiendo en los poblados andinos mientras que alguno de sus integrantes se traslada a trabajar a la ciudad; también se verifica el retorno de individuos a sus lugares de origen.

Lo anterior, por otra parte, se ha traducido en profundos cambios en el ámbito de la economía de los hogares andinos. En primer lugar, en el ingreso de las familias, ha comenzado a adquirir cada vez más importancia el componente salario, mientras que la parte del ingreso que tiene su origen en la agricultura y/o ganadería no sólo pierde importancia relativa sino también en términos absolutos.

En segundo lugar, el nuevo escenario también contribuye a redefinir el uso productivo del espacio. En el caso de la agricultura junto al cultivo de especies tradicionalmente destinadas al autoconsumo del hogar (diversas variedades de papas y maíz entre los principales y alfalfa para el ganado), surgen cultivos que tienen como destino el mercado, un ejemplo de ello es el orégano en los poblados andinos de la parte norte del territorio, o la zanahoria, en los poblados de la parte media del río Loa.

Dependiendo del sentido en que oscilan los precios de los bienes agrícolas comercializados se produce una intensificación o disminución de la ocurrencia de los movimientos pendulares de la población entre la costa y las partes altas; pero también se modifica el paisaje cultivado: se habilitan o dejan en descanso suelos y se procede a ajustar la asignación de turnos para el riego, cuando aumentan las demandas de agua. Esto queda ilustrado al revisar las cifras censales donde aparece un porcentaje de las explotaciones (12,3%) bajo la categoría de «temporalmente sin actividad» (ver gráfico 4).

En la zona andina, sobre los 3.000 m, los principales cambios se han presentado a nivel de los asentamientos humanos y la composición de los hogares. En general

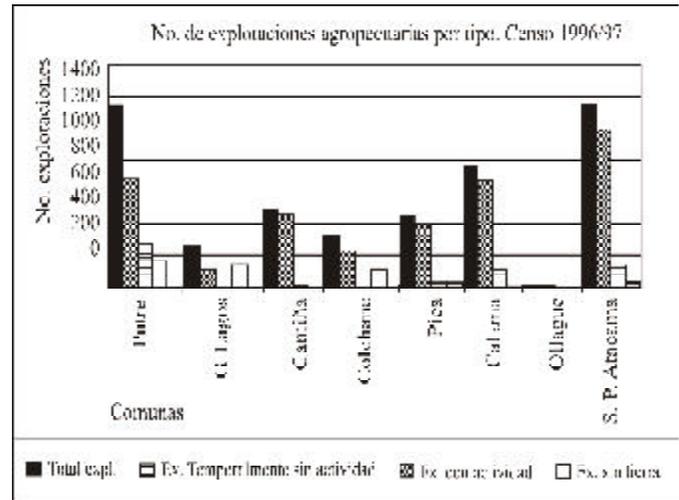


Gráfico 4. Número de explotaciones agropecuarias por tipo.

se observa una disminución del número de hogares con residentes permanentes y un incremento de los hogares con un número reducido de integrantes, los que además presentan edades avanzadas. Esto último se explica por el hecho que numerosos hogares han optado por enviar a sus integrantes jóvenes a los poblados cabecera o a los principales centros urbanos, a continuar sus estudios. En otros casos, los jóvenes pasan a formar parte del contingente de asalariados o a desempeñar actividades cuenta por propia de tipo comercial.

La situación descrita no se ha traducido en una disminución de la masa ganadera, por el contrario, las cifras censales muestran cómo entre los años 1976 y 1997 el número de camélidos pasó de 90 mil a 111 mil cabezas, experimentando un incremento de 23,3% (a una tasa promedio de 1% anual). Esto resulta altamente significativo por dos razones, la primera porque muestra que la ocupación productiva del espacio continúa independiente de los cambios en las unidades productivas y, la segunda razón, la presión sobre los recursos forrajeros se acrecienta.

En la sección sur del área de estudio que, espacialmente está caracterizada por la distribución de una serie de poblados andinos en las quebradas andinas de las cuencas del río Loa y del salar de

Atacama en su vertiente oriental, los hogares que poseen ganado camélido (llamas) han debido desarrollar un sistema de pastoreo que complementa temporalmente dos espacios: durante la época estival desplazan el ganado hacia zonas de pastos de altura donde no existen asentamientos humanos estables y el resto del año, el ganado permanece en zonas de vegas, aledañas a los poblados situados en las márgenes del Salar de Atacama. Como ya se señaló más arriba, en esta zona la masa ganadera camélida está compuesta en su gran mayoría por llamas. Sin embargo aquí el principal recurso ganadero está conformado por el ganado ovino, lo que ha significado que una buena parte de la superficie cultivada esté destinada a forrajeras (alfalfa) para su sustento.

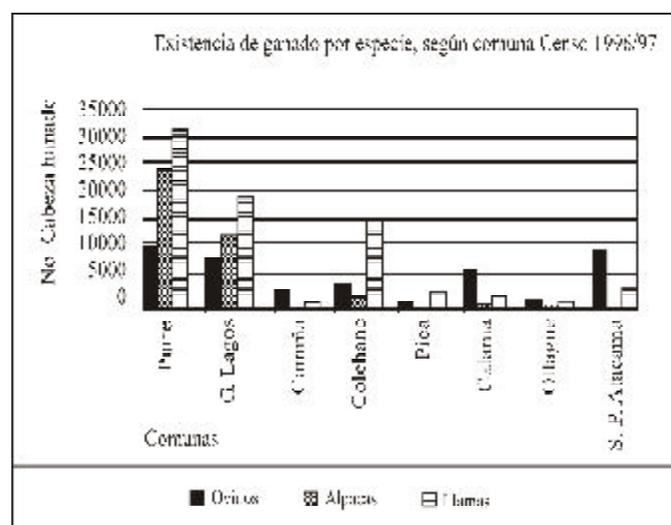


Gráfico 5. Existencia de ganado por especie, según comunas. Ine.Censo, 1996-1997.

Pastoreo en humedales

Los humedales, en sus formaciones de *vegas* y *bofedales*, han constituido el eje básico de la economía pastoril alto andina. Los ciclos anuales de pastoreo que efectúan las unidades productivas de diferentes latitudes, no se pueden explicar sin dar cuenta de la diversidad existente de humedales, según tamaño y composición florística. Estos son utilizados en los desplazamientos del ganado hacia partes bajas o altas, acorde a criterios estacionales (época lluviosa y época seca) y el tiempo de permanencia y apacentamiento en cada lugar está definido no sólo

por las condiciones climáticas, sino también por la percepción que tiene el pastor sobre la capacidad de carga del humedal.

En base a estos criterios se ha propuesto una tipología según las posibilidades de uso de humedales: a) uso permanente, complementado ocasionalmente con otros pastos en épocas críticas (la rotación de los animales dentro de un área con una técnica básica para el apacentamiento); b) uso estacional, desplazando el ganado entre pastizales diferentes, de acuerdo a los meses de invierno o verano; c) uso temporal, moviendo los animales por cortos períodos entre humedales relativamente cercanos, d) en tránsito, esta modalidad tiene especial importancia en las rutas establecidas para el traslado del ganado, especialmente para el aprovisionamiento, cuando deben recorrer hasta 100 kilómetros (Castro, 2000). La mayor presencia de bofedales, de la *puna húmeda*, en el área más septentrional, a una altura promedio de 4.000 m y las condiciones climáticas soportables para el hombre, permitieron que los asentamientos pastoriles, permanentes y temporales, se establecieran en los bordes de estos humedales practicando circuitos de pastoreo que involucraban desplazamientos reducidos. Mientras que hacia el sur, donde comienza la *puna salada*, hay una mayor cantidad de vegas en una amplia dispersión obligando a practicar circuitos de pastoreo de extensos recorridos debiendo los pastores desplazarse en entre los 2300 y 4000 m aproximadamente (Castro Lucic, 2000).

Un análisis del estudio de pastoreo en humedales estaría incompleto si no mencionáramos los efectos de la aplicación de técnicas de conducción y almacenamiento, utilizando canales y represas, en el manejo del agua con la finalidad de lograr no sólo la reproducción de las especies vegetales que lo conforman, sino también buscando ampliar la superficie forrajera. Para esto, siguiendo el nivel de la pendiente que posee un humedal con bofedal, se abren surcos a través de la compacta vegetación (que equivalen a canales de riego pues permiten que la circulación del agua se extienda por toda la superficie) y, cuando el espacio lo permite, se abren surcos en los suelos sin vegetación, siempre utilizando las pendientes, a unos metros más alejados del borde de la vegetación del humedal, buscando poner bajo riego

constante aquellos suelos hasta que surja el nuevo *bofedal*.

Esta práctica demuestra que la superficie actual de los bofedales o vegas son, generalmente, producto del trabajo humano. Aun cuando los pastos que crecen en los cerros después de las lluvias, constituyen un complemento necesario en la dieta de los camélidos, el eje estratégico en el establecimiento de circuitos de pastoreo de puna lo constituye sin lugar a dudas el humedal, como recurso forrajero o como abrevadero, definido como aquella formación vegetacional azonal que se establece en un ambiente edáfico, principalmente orgánico, caracterizado por una condición hídrica de saturación permanente. Los humedales, no sólo constituyen una fuente de alimento para el ganado, también hay una serie de especies que son utilizadas por el hombre como alimento y medicina (Castro Lucic, et al., 1982).

Humedales y cultura

Se ha hecho referencia a la localización, caracterización, clasificación de humedales y a las formas de uso en los sistemas de pastoreo. Queda por señalar que la cultura de los pueblos aymaras y atacameños, esto es, su organización social, económica, política y religiosa se ha conformado en gran parte, en torno al significado que le otorgan al agua. El uso y manejo del agua se efectúa como gestión comunal que tiene lugar al interior de una cultura hídrica (Castro Lucic et al, 1992a). En otro estudio se ha propuesto que el problema del agua debe ser abordado desde la concepción de un sistema cultural total, para ello se ha propuesto el concepto de cultura hídrica, para referir al contexto dentro del cual las ideas, el conocimiento, las creencias, las normas (plano ideacional); las formas que se da una sociedad (plano organizacional) y los objetos materiales (plano material/tecnológico), pueden ser descritos en torno a una trama de significaciones, con las cuales los hombres comunican, perpetúan y desarrollan sus conocimientos y aptitudes frente al agua.

El nacimiento y curso natural que sigue el agua está en la base del derecho al territorio, marcan los hitos de sus derechos, reforzado por la sacralidad y magia que han concedido a los cerros proveedores de este recurso, como a ciertas vertientes, lagos y lagunas

(ver foto 3). Todos ellos son venerados y recordados en cada ritual que acompaña las diferentes fases de su ciclo productivo anual.



Foto 3. Lago Chungará.

El destino de los humedales, es incierto. Se ha generado una fuerte presión sobre el recurso hídrico de las montañas andinas, especialmente para la explotación de la minería y, por otro, la nueva legislación ha separado la tierra del agua, convirtiendo a esta última en un producto transable en el mercado una vez obtenido el derecho de aprovechamiento (Código de Aguas, 1981). El problema ya ha tenido sus efectos en los ecosistemas y, por cierto, en algunos poblados indígenas. Los estudios se han centrado en el potencial de los acuíferos. El conflicto entre los diversos actores sociales que están presionando por obtener derechos de agua, tiende a resolverse en el plano legal, donde los indígenas han comenzado a exigir un reconocimiento a su derecho ancestral o consuetudinario. El problema no es de fácil solución si se considera que la política económica del gobierno se ha orientado hacia un modelo económico de apertura plena al mercado exterior que por cierto, incentiva la inversión extranjera para la explotación minera.

CONSIDERACIONES FINALES

El espacio geográfico definido para la caracterización de humedales, la puna húmeda y salada,

entre los 17°S y los 24°S, por sobre los 3000 m de altura, presenta una gran diversidad, atendiendo a la clasificación de la Convención Ramsar: lagos permanentes salinos, pantanos permanentes salinos, turberas no arboladas, humedales de montaña, humedales artificiales (de regadío en terrazas), canales de transportación. No obstante esto, este estudio, tomó en cuenta, básicamente la composición vegetal predominante de los humedales y su relación con las particularidades climáticas y la salinidad de los suelos. En base a estas variables, el área comprendida entre los 17°S y los 24°S, por sobre los 3000 m de altura, conocida como puna salada, se dividió en dos espacios diferentes: la puna húmeda y la puna salada. La primera, aunque menor en longitud y número de humedales, concentra la mayoría de la formación denominada “bofedal”, de mayores extensiones que las “vegas”, predominantes en la puna salada.

Frente a las restricciones que el medio ambiente de montaña impone al hombre, la adaptación a los recursos disponibles es un elemento clave para su sobrevivencia. El principal recurso lo conforman las asociaciones vegetacionales de los humedales, en cuanto potencial forrajero. Su distribución explica las formas de distribución espacial de los asentamientos humanos (caseríos permanentes y temporales), los circuitos pastoriles trashumánticos (estacionales) y la conformación de la masa ganadera, llamos y/o alpacos.

La adaptación a las condiciones de puna, ha significado intervenir los humedales a través de las tecnologías de riego, e incluso por medio de éstas a ampliar su superficie y alterar la composición florística, en beneficio de especies palatables al ganado. Los humedales de la puna, tienen por cierto como principal función el abastecimiento de agua, pero también proveer de alimentos para el ganado y por esta vía indirectamente alimentar al hombre, que consume ese ganado.

Dependiendo de la localización y distribución de los humedales el acceso y uso de ellos por la población andina se ha traducido en cuatro grandes patrones de asentamiento y actividad económica considerando el gradiente norte-sur: a) economía de base ganadera con intercambio de bienes complementario con pisos inferiores, en sectores de predominio de bofedal y pastoreo de desplazamientos cortos; b) economía agro-ganadera, en sectores de predominio de bofedal

complementado con pastoreo a larga distancia hacia pisos bajos; c) economía ganadero-agrícola, en sectores de predominio de vegas y pastoreo de corta distancia y d) economía agro-ganadera, en sectores de predominio de vega complementado con desplazamiento estacional del ganado a larga distancia hacia pastos de altura, especialmente bofedales.

No obstante los cambios que ha experimentado la economía y asentamiento de la población andina, particularmente a partir de la segunda mitad del siglo pasado, ésta ha continuado utilizando los humedales para apacentar una masa de ganado camélido que dista mucho de disminuir. Si se considera que la principal fuente forrajera para este ganado proviene de los humedales, la dependencia del sistema económico andino de los cursos naturales de agua es extrema. La demanda creciente por agua desde los pisos bajos o zonas intermedias, ya sea para consumo humano o actividades productivas diversas, no sólo pone en peligro la reproducción de un sistema vegetal sino que también amenaza la existencia de dos pueblos indígenas, aymara y atacameño, que han sido capaces de hacer un uso sostenible de los humedales (ver foto 4).



Foto 4. Niños pastores aymaras.

BIBLIOGRAFÍA

- Castro Lucic, M. 1982. Estudio etnobotánico en la precordillera y altiplano de los Andes del norte de Chile. p 113-203. En *El Hombre y los ecosistemas de montaña*. UNESCO/Mab-6. Montevideo.p 200.

- Castro Lucic, M.; M. Bahamondes y P. Azócar. 1992b. *Caracterización Antropológica de las*

- poblaciones andinas de la I y II Región*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales y Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Santiago, Chile. Pp 123
- Castro Lucic, M.; M. Bahamondes; M. Jaime y C. Meneses. 1992 a. *Cultura Hídrica: Un caso en Chile*. UNESCO-ORCALC. La Habana, Cuba. p 93.
 - Castro Lucic, M., M. Bahamondes, H. Salas, P. Azócar. 1993. *Identificación y Ubicación de Áreas de Vegas y Bofedales de las Regiones Primera y Segunda*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales y Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. 2 Tomos, Santiago, Chile. p 500.
 - Castro Lucic, M. 2000. Llameros de Puna Salada. Pp.85-109 en J. Flores Ochoa, J. y Y. Kobayashi (eds). *Pastoreo Altoandino. Realidad, sacralidad y posibilidades*. Plural-MUSEF, La Paz, Bolivia. Pp 242.
 - CEPAL. 1980. *Desarrollo y Medioambiente en América Latina*. Santiago.
 - Clustred, G. 1977. Las punas de los Andes Centrales. Pp 55-85. En: J. Flores Ochoa (ed.): *Pastores de Puna*, IEP, Lima, Perú. Pp305
 - Código de Aguas (1981), 1992, Editorial Jurídica, República de Chile. 217 pgs.
 - Gaete, A. 1974. Análisis del comportamiento de las precipitaciones en el Altiplano de Arica, provincia de Tarapacá. Pp169-181 . En *Norte Grande*, Universidad Católica, Santiago de Chile
 - García-Ruiz, J.M. 1990. *Geoecología de las áreas de montaña*. Georreforma Ediciones. España.
 - Glijo, N. 1982. La complejidad campesina en ecosistemas andinos de altura: bases para políticas de desarrollo. Pp. 5-19 en *Sobrevivencia campesina en Ecosistemas de altura*. Vol. 1, CEPAL/PNUMA/ Naciones Unidas. Pp 373.
 - Iren-CORFO. 1976. *Inventario de recursos naturales por método de percepción del satélite Landsat. I Región Tarapacá*. Convenio Iren-Serplac I Región, Tomo I, Informe 36. Santiago, Chile.
 - Troll, K. 1958. Las culturas superiores andinas y el medio geográfico. *Revista del Instituto de Geografía* N° 5, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Pp 47.
 - UNESCO/ROSTLAC, 1986. *Agua, vida y desarrollo*. Montevideo, Uruguay. Pp.105. Wright, Ch. 1976. *Environment soil and landuse in the Department of Arica*. Supplement to the quaterly report of the asesor in soils, FAO-Chile.

PROCESOS

LA PRODUCCIÓN PRIMARIA EN HUMEDALES: LAS LAGUNAS O BAÑADOS

PRIMARY PRODUCTION IN WETLANDS: SHALLOW LAKES

Máximo Florín Beltrán
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de Castilla-La Mancha - Avenida de Camilo José Cela s/n
13071 Ciudad Real – España
máximo.florin@uclm.es

Alvaro Chicote Díaz
Departamento de Ecología - Universidad Autónoma de Madrid
28049 Madrid – España
alvaro.chicote@uam.es

RESUMEN

La producción primaria constituye el principal pilar de los sistemas ecológicos, puesto que es la fuente de los recursos energéticos de todo sistema biológico. La medida de esta variable en los sistemas acuáticos ha seguido diversas aproximaciones conceptuales y metodológicas, cuya idoneidad depende del sistema estudiado y de los objetivos del estudio. Las fluctuaciones que sufren los humedales plantean cuestiones innovadoras para la realización de variados trabajos funcionales en estos ecosistemas. El objetivo de este trabajo es realizar una aproximación práctica y teórica a los procesos involucrados en la producción primaria de los humedales, haciendo especial hincapié en las lagunas o bañados. Para ello se estructura en tres partes:

1) Generalidades: la producción primaria en los ecosistemas acuáticos, aspectos teóricos, factores que controlan la producción primaria en los ecosistemas acuáticos, distintos métodos para la medida de la producción primaria.

2) Técnicas basadas en la medida de la concentración de oxígeno disuelto: fuentes de

variación en la concentración de oxígeno disuelto, sistemas cerrados (laboratorio/in situ), sistemas abiertos (metabolismo del ecosistema), registro automático de la tasa de cambio de la concentración de oxígeno, radiación solar y difusión.

3) La producción primaria en ambientes de humedales: implicaciones metodológicas de aspectos clave para la dinámica de la concentración de oxígeno (nivel del agua, difusión y reaireación, salinidad).

Asimismo, se incluye un glosario con los principales términos utilizados en relación con estos temas. Las páginas que siguen extractan parte de las clases de un curso teórico-práctico del Programa de Doctorado en Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid (España) entre 1995 y 1999 y una conferencia impartida en 2001 en la Universidade do Vale do Rio dos Sinos-UNISINOS (Rio Grande do Sul, Brasil), dentro del Programa de Cooperación Interuniversitaria de la Agencia Española de Cooperación Internacional.

Palabras claves: producción primaria, productividad primaria, lagunas, bañados, métodos, oxígeno, ^{14}C .

SUMMARY

Primary production constitutes the basis of ecological systems, since it is the source of energy of every biological system. The measurement of this variable has been developed from diverse conceptual and methodological approaches. Their suitability depends, to a great extent, of the studied system and the objectives of the research done. The fluctuations underwent by wetland ecosystems raise key innovating questions for the accomplishment of an ample range of functional studies on these ecosystems. The objective of this work is to make a practical and theoretical approach to the processes involved in the primary production of wetlands, doing special emphasis in shallow lakes. For this purpose, the work is structured into three parts:

1) Overview: primary production in aquatic ecosystems, theoretical aspects, factors that control the primary production in aquatic ecosystems, different methods for the measurement from the primary production.

2) Techniques based on the measurement of dissolved oxygen concentration: closed systems for the measurement of variation in the dissolved oxygen concentration (lab / in situ), open systems (ecosystem metabolism), automatic recording of the rate of change of the oxygen concentration, solar radiation and diffusion.

3) Primary production in wetland environments: key methodological implications of the dynamics of oxygen concentration (water level, diffusion and reareation, salinity).

Furthermore, a glossary is included in order to describe the main terms used when working on primary production. The following pages summarize part of the lectures of a theoretical-practical course of the Program of Doctorate in Ecology of the Universidad Autónoma de Madrid (Spain) between 1995 and 1999 and one conference by the author in 2001 in the Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS (Rio Grande do Sul, Brazil), within the Program of Interuniversity Cooperation of the Spanish Agency of International Cooperation.

Key words: primary production, primary productivity, shallow lakes, methods, oxygen, ^{14}C .

INTRODUCCIÓN

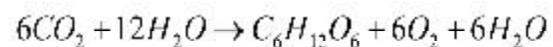
La importancia del proceso ecológico conocido como producción primaria es doble. Desde el punto de vista ambiental, en sentido amplio, la producción primaria es la base de casi todas las cadenas tróficas que podemos describir. Si consideramos el creciente aumento de la población humana, es importante evaluar la producción primaria neta de los diferentes ecosistemas que pueden proporcionar alimento.

Los ecosistemas acuáticos continentales comprenden menos del 1 % de la superficie de la Tierra, pero se encuentran a menudo entre las áreas más productivas. En la mayor parte de los ecosistemas acuáticos, la mayor parte del carbono se encuentra en forma inorgánica:

$$[\sum \text{CO}_2] [\text{COD} + \text{COP}_{\text{detrítico}}] \text{COP}_{\text{vivos}}$$

donde ξCO_2 es la suma de la concentración de todas las especies de carbono inorgánico, COD representa la concentración de carbono orgánico disuelto y COP representa la concentración de carbono orgánico particulado. Del total de la fracción detrítica, el carbono orgánico disuelto es frecuentemente un orden de magnitud más abundante que el carbono orgánico particulado. Finalmente, sólo una pequeña fracción del carbono orgánico total es incorporado por los organismos vivos en un momento dado, pero esta fracción da lugar al carbono orgánico que se acumula en otras fracciones y determina las características funcionales del ecosistema.

La ecuación fundamental por la que se rige la mayoría de los procesos de producción primaria puede escribirse de manera simplificada:



En la mayoría de los ecosistemas acuáticos, son varias las comunidades que pueden llevar a cabo la fijación fotosintética de carbono. Estas comunidades pueden ser agrupadas e identificadas según el tipo de productor primario, es decir, fitoplancton, macrófitas, perifiton y microfitobentos o epilíton. El fitoplancton representa la comunidad de algas

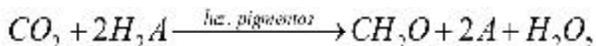
del agua libre; las macrófitas son plantas vasculares y algas superiores (*Cladophora*, *Chara*) macroscópicas, sumergida o emergentes, enraizadas o flotantes; perifiton, microfitobentos y epilíton son las comunidades vegetales distintas de las macrófitas, que crecen en la superficie de los sustratos sumergidos (sobre macrófitas, sedimentos y piedras, respectivamente). En muchos casos, las diatomeas son dominantes en las comunidades de perifiton, microfitobentos y epilíton, y junto con otros organismos, forman una película en la superficie de las macrófitas, sedimentos y piedras.

FACTORES QUE CONTROLAN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA

Control de la producción primaria por mecanismos “bottom-up”

Las tasas de producción primaria fotosintética varían mucho en diferentes ambientes y a lo largo del tiempo. Esta gran variación sugiere que hay factores que difieren de unos sitios a otros y de unos momentos a otros, los cuales determinan las evidentes diferencias en cuanto a actividad fotosintética.

Reescribiendo la ecuación fundamental de la fotosíntesis, la cuantía de la producción de biomasa está regulada por cualquiera de los términos de la izquierda de la ecuación



o por la radiación solar. En esta ecuación, A es cualquier aceptor de electrones, que suele ser el oxígeno del agua, y entonces hablamos de fotosíntesis oxigénica (produce oxígeno como subproducto). Otras veces, el aceptor de electrones es otro compuesto o elemento, hablándose entonces de fotosíntesis anoxigénica, que no produce oxígeno como subproducto. Algunos organismos pueden realizar ambas (Cohen et al. 1986).

Además del aceptor de electrones, dos de los principales mecanismos de control de la producción primaria son, precisamente, la luz y los nutrientes. Si la energía necesaria proviene de reacciones químicas, en lugar de la luz solar, hablamos de quimiosíntesis, en lugar de fotosíntesis. Estos mecanismos afectan de

manera especial a los productores primarios, es decir, la base de las redes tróficas, y sus efectos pueden tener repercusiones sobre eslabones tróficos superiores, inmediatos o no. Esta es la razón por la que tales controles se han llamado mecanismos ‘bottom-up’, en contraste con los mecanismos ‘top-down’, de los que son responsables los consumidores de los niveles más altos de las redes tróficas, y cuyas consecuencias se hacen sentir en cascada hacia abajo dentro de las redes tróficas.

El papel de la luz. Saturación. Fotoinhibición

La intensidad de la luz, que es la tasa de incidencia de fotones por unidad de superficie, varía en el espacio y el tiempo. La energía luminosa es absorbida por el agua en sí misma, por las sustancias orgánicas disueltas y por las partículas. Como resultado, la intensidad de la luz disminuye exponencialmente a medida que descendemos en la columna de agua.

En comunidades de organismos suspendidos en un medio que absorbe fuertemente la luz, como es el agua, existe una limitación peculiar y más rigurosa que la que existe en los medios emergidos. La intensidad luminosa a la cual la producción primaria iguala a la respiración, es decir, cuando no hay producción neta, suele ser entre un 33 y un 80 % menor en el agua. Cualquier organismo o sistema manifiesta un valor de saturación en relación con la luz: aumentando la luz, y eliminando todas las demás restricciones, llega un momento en que la fotosíntesis ya no puede aumentar, por limitaciones intrínsecas del aparato fotosintetizador.

Por otra parte, a menudo las tasas fotosintéticas aumentan hasta cierta profundidad, a partir de la cual vuelven a disminuir. La explicación es que la exposición a altas intensidades de luz, como ocurre cerca de la superficie, tienden a inhibir la fotosíntesis. Se cree que esto ocurre por reacciones destructivas de foto-oxidación que impiden la absorción de la luz por el aparato fotosintético, así como por el efecto dañino coadyuvante de la radiación ultravioleta.

El papel de los nutrientes

La importancia fundamental de los nutrientes es que la tasa a la que son suministrados puede determinar la tasa de producción primaria. Esto tiene un interés aplicado a la fertilización de origen antrópico que a

menudo origina los cambios de naturaleza de los ecosistemas acuáticos. En cualquier caso, el conocimiento de la limitación por nutrientes de la producción primaria es fundamental para comprender cómo funcionan los sistemas acuáticos.

Diferentes grupos de organismos autotróficos requieren de alguna manera diferentes combinaciones de nutrientes, así que distintos elementos pueden controlar el crecimiento en lugares y momentos distintos.

Concentración total de clorofila

Aparentemente, la evolución del aparato fotosintetizador ha seguido el camino de la óptima utilización de intensidades luminosas bajas, para las que la eficiencia puede ser mayor. Esto se interpreta como una adaptación a ambientes de luz difusa. Es de suponer que la evolución en ambientes de luz muy intensa hubiera conducido a una relación mucho más baja entre el número de moléculas de clorofila y el de centros de reacción. Dos cifras muy ilustrativas de esto son que 1) aun en condiciones óptimas, no es de esperar encontrar un aprovechamiento de la energía en la fotosíntesis superior a un 3-5 %, y 2) los vegetales están hechos para aprovechar poco más del 1 % de la radiación luminosa que les llega.

Concentración relativa de pigmentos en la planta

La relación entre las partes de cada productor primario que intervienen en la asimilación de C y las que no (p. ej., partes subterráneas vs. acuáticas o aéreas en macrófitas) varía ampliamente. Esta relación tiene gran interés a la hora de precisar las relaciones entre productividad bruta y productividad neta, porque todos los tejidos y células respiran poco o mucho, mientras que sólo una parte relativamente pequeña interviene en la asimilación de carbono.

Composición cualitativa de los pigmentos

Existen evidencias para algas unicelulares de que cualquier aumento rápido de la posibilidad de crecimiento, es decir, el suprimir la limitación constituida por algún factor del medio y, especialmente, la representada por una baja concentración de compuestos de N, determina una rápida síntesis de clorofila a. Los otros pigmentos aumentan con mayor demora. Por consiguiente, un

valor elevado del cociente clorofila a/resto de los pigmentos es adecuado indicio de una gran productividad o multiplicación sin trabas.

Temperatura

La temperatura es un importante factor limitante e influye de manera diferencial sobre los procesos que intervienen en la producción primaria. Las reacciones químicas, la difusión, son más dependientes de la temperatura que las reacciones fotoquímicas. A baja iluminación, la producción primaria aumenta poco cuando la temperatura asciende; para iluminaciones más intensas la producción primaria se incrementa, aunque con un coeficiente térmico menor que el de la respiración. Puesto que la temperatura alta intensifica más la respiración que la fotosíntesis, el aumento de la temperatura puede ser desfavorable para la producción primaria neta, salvo en el caso de tratarse de intensidades luminosas muy altas, acompañadas de concentraciones de clorofila asimismo relativamente muy elevadas.

Variación estacional de la producción primaria

La producción varía con el tiempo de muchas maneras distintas, cada una en respuesta a la combinación particular de factores controladores presentes en cada localidad. Uno de los patrones temporales que se ha descrito más veces, por ejemplo, es el del ciclo estacional del fitoplancton de aguas templadas del hemisferio norte.

Sin embargo, el conocimiento sobre esta cuestión está renovándose continuamente. Cada vez es más difícil generalizar acerca de los ecosistemas, ya que las explicaciones de su funcionamiento están cada vez más relacionadas con propiedades específicas de ambientes determinados.

Es cada vez más difícil encontrar ciclos estacionales 'típicos', ya que cada sistema local tiene sus propias peculiaridades, más que ajustarse a un 'tipo'. La porción de generalidad que queda reside en los procesos implicados en el funcionamiento y en los mecanismos de control, cualesquiera que sean. Procesos como producción, respiración, consumo primario, predación, absorción y liberación de nutrientes, descomposición, hidrodinámica, etc., ocurren en mayor o menor medida en todos los

sistemas acuáticos, y su combinación determina cada patrón funcional. Por lo tanto, para comprender cómo operan los sistemas acuáticos es más útil centrarse en procesos y mecanismos de control que en tipologías descriptivas (Florín et al. 1994).

Heterogeneidad espacial

Aunque como una primera aproximación es cierto que la luz y los nutrientes son los factores que principalmente controlan la producción primaria, es necesario recalcar que factores de otra índole, como las condiciones hidrográficas locales (Margalef 1987), son de la mayor importancia como reguladores de esos mecanismos de control. En el caso de la producción primaria oceánica, por ejemplo, el patrón espacial es muy distinto del que cabría esperar basándose simplemente en la variación de la luz y de los nutrientes. Así, altos valores de producción neta anual tienen lugar donde hay algún proceso físico que produce suficiente mezcla como para llevar a la superficie las aguas profundas ricas en nutrientes, de modo que el fitoplancton pueda aprovecharlos.

Importancia de las escalas de estudio

Las tasas de producción primaria son muy heterogéneas en el espacio, debido a diferencias locales en la clase de mecanismos que les afectan. Es posible encontrar heterogeneidades espaciales similares a cualquier escala, desde distancias kilométricas a escala mundial hasta microescalas de centímetros.

La importancia de la heterogeneidad espacial de la producción primaria a pequeña escala es una reconocida perspectiva prioritaria de investigación. Por ejemplo, una de las mayores controversias actuales es si disponemos de medidas adecuadas de la tasa de producción en agua libre (problemas técnicos, explicación geoquímica del exceso de O_2 si las tasas de producción medidas con ^{14}C son correctas, subestimamos de la producción neta total al no tener en cuenta la contribución de pequeños agregados muy productivos).

Los mosaicos espaciales que encontramos en casi todos los ambientes resultan ser la consecuencia de procesos principales actuando sobre unidades del mosaico ambiental, cada unidad probablemente con su propia historia ligeramente distinta. Así, se está

llegando a la conclusión de que los ambientes naturales consisten en mosaicos de agregados, y no en distribuciones uniformes 'medias' de organismos. El actual reconocimiento de la estructura espacial ha alterado nuestra visión de la estructura de los ambientes y ha cambiado el enfoque para su estudio.

La escala vertical de las curvas de intensidad luminosa y de tasa fotosintética con la profundidad varía dentro de un rango cuyo máximo puede ser mayor de 100 m en aguas marinas o lacustres muy claras. En aguas muy ricas en nutrientes, la fotosíntesis puede tener lugar sólo en unos pocos centímetros superficiales, debido a la gran masa de células que obstaculiza la penetración de la luz. Así, en aguas ricas en nutrientes los máximos valores puntuales de fotosíntesis pueden ser mucho mayores que en aguas más pobres, pero la profundidad de penetración de la luz es menor en las primeras que en las segundas. Un ejemplo extremo, salvando las distancias, son las comunidades microfítobentónicas, que a una disponibilidad de nutrientes teóricamente ilimitada oponen la extinción de la luz incidente en los pocos milímetros superficiales de los sedimentos.

El concepto de limitación por nutrientes de la producción primaria puede examinarse en varios contextos distintos, que corresponden a distintas escalas de nivel de organización: 1) limitación de la producción neta potencial, 2) limitación de la tasa de crecimiento específica de determinados grupos de productores primarios y 3) limitación de la producción neta del ecosistema.

LA PRODUCCIÓN PRIMARIA EN LAGUNAS. MARCO CONCEPTUAL

Las lagunas como ecosistemas acuáticos fluctuantes

Las lagunas o bañados se caracterizan por ser masas de agua de pequeño volumen y poco profundas, donde no es posible la estratificación térmica. En muchos casos, la organización de sus ecosistemas está controlada por las fuertes perturbaciones hidrológicas causadas por la continua alternancia de episodios de precipitación y subsiguientes periodos secos.

Las lagunas o bañados pueden ser de inundación permanente o temporales, incluyendo algunos ambientes de llanuras de inundación, marismas y sistemas artificiales como los arrozales. Este

patrimonio de humedales es una gran reserva de biodiversidad, a la vez que sustenta importantes aprovechamientos por las poblaciones humanas. La gran productividad primaria de estos sistemas acuáticos fluctuantes es la base de importantes actividades económicas y de las complejas redes tróficas que posibilitan su diversidad biológica.

La variación del nivel del agua. Propiedades de los sedimentos

En las lagunas someras fluctuantes, las variaciones del nivel de agua (superficial y subterránea) explican las estrategias básicas de los productores primarios dominantes.

Además, junto con las características temporales de las fluctuaciones hídricas, las propiedades de los sedimentos son las fuerzas dinámicas primarias determinantes del funcionamiento de estos ecosistemas acuáticos.

Fluctuaciones hidroquímicas y disponibilidad de nutrientes

En muchas de estas lagunas, procesos de especiación iónica y equilibrio hidroquímico determinan que la disponibilidad neta de nutrientes esté controlada por las fluctuaciones hidroquímicas (Florín y Montes 1998a) y por mecanismos relacionados con la dinámica de la materia orgánica particulada y disuelta, las partículas minerales en suspensión, etc., aunque estos procesos apenas se han estudiado.

Aspectos productivos

Las estrategias a grandes trazos de los tipos dominantes de productores primarios presentes en las lagunas temporales -macrófitas sumergidas, fitoplancton, microfitobentos- tienen su correspondencia con los respectivos patrones de productividad primaria diaria a escala ecosistémica.

Así, los ambientes dominados por macrófitas sumergidas son muy productivos en términos brutos, pero soportan una fuerte demanda por parte del importante componente no fotosintético de las propias macrófitas, así como de la compleja estructura trófica que albergan los correspondientes sistemas. La evolución temporal de la productividad puede estar controlada por factores distintos según el tipo de

macrófitas, bien por la disminución del nivel de agua (y, en su caso, el aumento de salinidad), bien por la disminución del fotoperiodo y de la irradiación máxima y acumulada. En todos los casos, la participación del perifiton en la productividad crece hacia la fase final de la inundación, en relación con el aumento de la disponibilidad de nutrientes y de la productividad bruta relativa a la profundidad de la zona fótica.

La situación es muy distinta en los ambientes dominados por fitoplancton, donde no se alcanzan tasas tan altas de respiración, pero existen limitaciones a la producción impuestas, p. ej., por la inestabilidad ambiental (turbulencia o carácter efímero de la inundación) y/o, en otro plano, los consumidores. La producción fitoplanctónica en periodos cortos de inundación es un fenómeno crucial al evaluar la producción de los ambientes dominados por macrófitas, donde estos episodios parecen ser muy frecuentes a lo largo del periodo seco, pero no posibilitan el desarrollo del ciclo vital de éstas.

En los ambientes dominados por microfitobentos, donde tampoco parece haber estructuras tróficas complejas en el sentido tradicional pero que presentan una gran diversidad de procesos biogeoquímicos, existe probablemente un intenso reciclado de la producción. Una perspectiva de investigación apenas sin explorar es la cuantificación de la parte de producción y demanda de oxígeno a escala ecosistémica debidas a procesos distintos de la fotosíntesis oxigénica y de la respiración propiamente dicha.

La tendencia general de la sucesión en un periodo de inundación parece explicarse por la paulatina disminución de la disponibilidad de nutrientes, pero parámetros como la concentración de oxígeno al amanecer o la temperatura del agua pueden ser puntualmente más importantes.

La relación entre el régimen de irradiación solar y la productividad tiene un alto valor diagnóstico respecto a algunos de los anteriores fenómenos. El punto de compensación discrimina claramente entre comunidades fitoplanctónicas y el resto, por la gran sensibilidad de su aparato productivo a la luz y la relativamente poca demanda de oxígeno a nivel ecosistémico. Junto con la longitud y el momento final del periodo con productividad neta positiva, proporciona una útil estima de la relación autotrofia/heterotrofia en lagunas someras.

De manera resumida, puede concluirse que en los ambientes con macrófitas, con fuerte demanda de producción, hay un mayor control interno sobre el signo de la productividad neta -respecto a la irradiación solar-, mientras que los de fitoplancton son, como se ha dicho, muy sensibles a la luz. Los microbentónicos son bastante dependientes, pero con una inercia propia debida a la dinámica de la interfase agua-sedimento y/o a la limitación fisiológica de la producción oxigénica por la continuidad del ambiente reductor nocturno un cierto tiempo después del amanecer.

La virtual ausencia de fotoinhibición independientemente del tipo de ambiente, a pesar de los altos valores de irradiación, y el comportamiento ambivalente de la relación productividad/irradiación frente a la fluctuación diaria de la concentración de oxígeno apuntan otra propiedad fundamental de los productores primarios de lagunas sometidas a fluctuaciones ambientales extremas: su gran eficiencia productiva. Un parámetro especialmente adecuado para evaluarla es la productividad bruta relativa a la profundidad de la zona fótica, que permite equiparar las eficiencias de las distintas estrategias principales (Sand-Jensen 1989). Una excepción la constituyen ambientes sometidos a una perturbación, entendiendo como tal, en estos sistemas intrínsecamente fluctuantes, una mayor turbulencia y turbiedad debidas a un episodio tormentoso y la naturaleza efímera de un periodo de inundación.

En los principales tipos funcionales de lagunas, los productores primarios principales no sólo toleran la diversidad de patrones de fluctuación de nivel de agua, temperatura, concentración y composición iónica, disponibilidad de nutrientes, variación diaria de la concentración de oxígeno disuelto, etc., sino que parecen alcanzar un gran nivel de eficiencia productiva, comparable al de otros ambientes y comunidades relacionados (humedales y lagos salinos). Además, aprovechando recursos lumínicos suficientes para inhibir la actividad de otros grupos de productores, en ocasiones incluso encuentran ventajas en el propio carácter fluctuante de algunos de los parámetros antes citados. La forma de conseguirlo es mediante la ambivalencia o multivalencia de sus estrategias, desde la escala fisiológica a la ecosistémica; en definitiva, su adaptación a las fluctuaciones.

Las lagunas fluctuantes parecen albergar ecosistemas muy productivos, o al menos tanto como otros humedales y lagos salinos. Sin embargo, para evaluar adecuadamente su capacidad productiva es imprescindible acompañar las evaluaciones de productividad convencionales en cada caso de 1) la identificación del destino o forma de aprovechamiento y reciclado de la producción primaria a distintas escalas temporales y 2) la caracterización de la variabilidad de los recursos disponibles -espacio, luz, nutrientes- en el contexto de las fluctuaciones de parámetros ambientales clave (nivel de agua, propiedades de los sedimentos, equilibrio hidroquímico).

Finalmente, en los casos de dominio de la productividad primaria bruta sobre la respiración, éste puede no ser debido a la continua imposibilidad de organización del ecosistema más allá de cierto nivel por el efecto negativo de las fluctuaciones. Por el contrario, las distintas estrategias registradas incluyen mecanismos de adaptación a la variabilidad ambiental, el nivel de reciclado de recursos es alto y los ecosistemas presentan, en términos relativos, estructuras tróficas complejas y alta biodiversidad, aunque tal vez no en el sentido convencional. Estos dos últimos aspectos requieren indudablemente un tratamiento especial en ulteriores investigaciones, ya que su evaluación hasta en lagunas fluctuantes es muy deficiente con arreglo a las escalas espacio-temporales y de nivel de organización biológico más usuales en la actualidad.

ESTIMA DEL METABOLISMO NETO DIARIO DE O_2 MEDIANTE SISTEMAS ABIERTOS

Una de las formas más usuales de medida de la tasa diaria de fotosíntesis oxigénica y de la de respiración a escala ecosistémica es la medida del metabolismo diario neto de oxígeno en agua libre. La capacidad integradora del metabolismo de oxígeno respecto de varios procesos está relacionada precisamente con su principal limitación, ya que la demanda de oxígeno puede incluir la de la respiración junto con la de procesos biogeoquímicos no heterotróficos.

Por otra parte, la concentración de oxígeno disuelto [O_2] suele medirse en el agua superficial, pero no se conocen suficientemente los mecanismos ni el nivel

de reciclado de oxígeno en el seno de la comunidad microbentónica, ni su dinámica en la interfase agua-sedimento. Para mayor complejidad, la diversidad de adaptaciones de estos microorganismos -y, por lo tanto, la de los procesos biogeoquímicos de que son responsables- parece abarcar amplios segmentos de los rangos de los parámetros relacionados con la dinámica de la $[O_2]$.

Las ventajas más destacables del análisis del metabolismo de oxígeno con relación a medidas directas de la concentración de carbono inorgánico mediante métodos como el del ^{14}C o el análisis automático de CO_2 en el infrarrojo son, respecto al primero, su aplicabilidad a sistemas abiertos y, en cuanto al segundo, las menores inversiones en tiempo y dinero requeridas. Además, se ha destacado la utilidad de las medidas de oxígeno en agua libre para aguas de moderada a alta productividad, o aguas con escasa profundidad y baja productividad.

Además de la influencia de la temperatura, la medida del metabolismo de oxígeno en agua libre requiere una serie de correcciones para la variabilidad de situaciones de intercambio de O_2 con el aire -difusión- y de concentración y composición iónicas, que injustificadamente parecen haber hecho desistir de su uso en determinados ambientes, como las lagunas salinas temporales, p. ej., donde la influencia de estos factores en la dinámica de la $[O_2]$ es muy grande.

DESCRIPCIÓN PRÁCTICA. UN DISEÑO PARA AMBIENTES DE LAGUNAS SOMERAS

Aunque los fundamentos del método del metabolismo neto diario de oxígeno en agua libre han quedado bien establecidos desde hace ya tiempo, el número de posibles diseños y técnicas concretas para la estima de cada uno de los parámetros necesarios es probablemente del mismo orden de magnitud que la población de investigadores que utilizan el método. En la Figura 1 se describe un diseño aplicado al estudio de la producción primaria en lagunas someras (Florín y Montes 1998b).

La ecuación base utilizada para estimar el metabolismo neto diario de oxígeno del ecosistema es la siguiente:

$$\frac{d[O_2]}{dt} = P - R - k(c_s - c),$$

donde c es la concentración ($mg\ O_2 \times l^{-1}$) a temperatura ambiente, c_s es la concentración de saturación ($mg\ O_2 \times l^{-1}$) a la misma temperatura, t es el tiempo (intervalos de 15 minutos), k es el coeficiente de reaireación ($1/15\ min^{-1}$), P es la producción bruta ($mg \times l^{-1} \times 1/15\ min^{-1}$) y R es la respiración ($mg \times l^{-1} \times 1/15\ min^{-1}$).

La estima del metabolismo neto diario del ecosistema se puede realizar a partir de las medidas de la concentración de O_2 disuelto obtenidas mediante oxímetro, después de su calibración mediante el análisis de Winkler (Gaardner y Gran 1927). La media de cada uno de los parámetros medidos con sensores se registra a intervalos de 15', conectando los sensores y/o aparatos correspondientes a un registrador automático de datos.

Si se desea expresar los datos de metabolismo de O_2 obtenidos como productividad en gramos de $C\ m^{-2}$, es necesario determinar el cociente fotosintético -relación entre las tasas de evolución de O_2 y de asimilación de CO_2 durante la fotosíntesis- y el cociente respiratorio -relación entre el consumo de O_2 y evolución de CO_2 durante la respiración-. Los valores de ambos para algunas comunidades de productores primarios pueden encontrarse en la bibliografía, o puede asumirse que tengan un valor fijo.

El rango de aplicación del diseño está limitado por el nivel de agua (por debajo de 6 cm, la dinámica de la difusión de O_2 se ve afectada por las dimensiones y diseño del electrodo, y por la

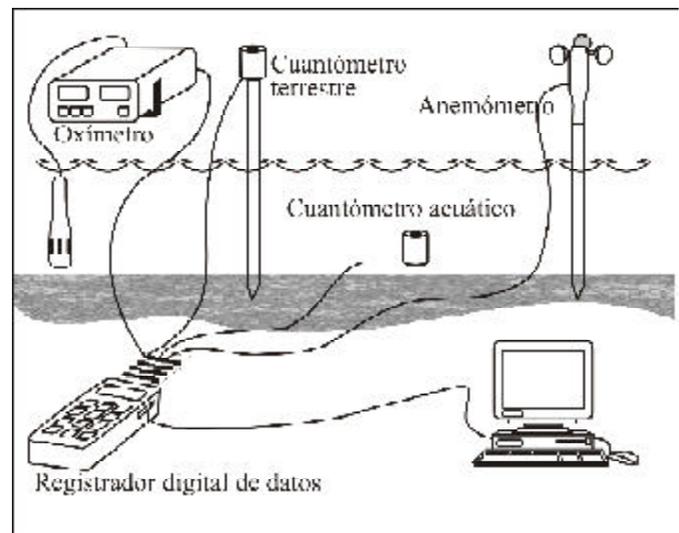


Figura 1. Esquema del diseño utilizado para la medida del metabolismo neto diario de oxígeno en agua libre en lagunas someras.

turbulencia generada por el agitador incorporado al electrodo de oxígeno.

Para analizar el papel de la irradiación solar, en el caso de los ambientes básicamente microbentónicos se puede tener en cuenta las medidas realizadas con el cuantómetro acuático a nivel del sedimento, mientras que en el caso de los dominados por fitoplancton y macrofitas sumergidas se consideran las medidas del cuantómetro terrestre a 1 m por encima de la superficie del agua. Además, se puede realizar una estimación aproximada del punto de compensación, considerando como tal el valor de irradiación solar en el momento en el que, por primera vez tras la salida del sol, el valor de productividad neta $PN > 0$, calculado como la media móvil de 5 intervalos de 15'.

Dependiendo de las características hidroquímicas del agua, la concentración de saturación puede estimarse a partir de nomogramas, modelos matemáticos existentes o empíricamente, mediante experimentos de laboratorio determinando la variación de la concentración de oxígeno disuelto con la temperatura y las características hidroquímicas del agua.

La respiración y el coeficiente de reaireación se calculan de dos formas: 1) de acuerdo con Markager y Sand-Jensen (1989) y 2) empíricamente, estimando la variación de oxígeno disuelto en una balsa flotante, ubicada en el mismo lugar que el resto del instrumental y rellena in situ con agua de la laguna, en la que se elimina el oxígeno (inicialmente) y se suprime la actividad biológica. El segundo parámetro se puede calcular también a partir de modelos matemáticos existentes.

Análisis de Winkler

Las muestras de agua se fijan con sendas soluciones saturadas de $MnSO_4$ y KI . Posteriormente se analizan, tras acidificar con H_2SO_4 concentrado, valorando varias réplicas con una solución de tiosulfato sódico. La detección del punto final de la valoración se realiza tras añadir unas pocas gotas de una solución de almidón.

Calibración de las medidas de oxígeno

Actualmente los oxímetros tienen compensación automática de temperatura, y deben ser calibrados antes de cada experimento siguiendo el procedimiento estándar descrito por el fabricante. Algunos oxímetros poseen además la opción de compensación automática

de la salinidad, válida para valores de salinidad de hasta 40 ‰ y para una composición iónica similar a la del agua de mar. En su defecto, las medidas de oxígeno disuelto del oxímetro se pueden calibrar a partir de muestras de agua analizadas por el método de Winkler, recogidas intentando abarcar la máxima variabilidad de la $[O_2]$ durante cada ciclo diario estudiado. La ventaja de esta calibración respecto a la automática es triple (Florín 1994): 1) puede aplicarse a aguas dentro de un rango más amplio de salinidad, 2) permite tener en cuenta las variaciones de composición iónica y 3) corrige la deriva de la señal eléctrica al ser transmitida desde el oxímetro al registrador digital de datos, que da lugar a una apreciable variabilidad de patrón irregular.

Los valores de oxígeno disuelto que sirven de base para calcular el metabolismo de O_2 del ecosistema se estiman mediante modelos de regresión lineal, obtenidos tomando como variable dependiente los datos del oxímetro y como variable independiente los del análisis de Winkler.

Cálculo de la concentración de saturación de oxígeno

Los experimentos de saturación pueden hacerse haciendo burbujear aire a través de muestras de agua, para cada muestreo, mediante un aireador comercial -de los de acuario-. Las muestras se mantienen en un baño de incubación, incrementando gradualmente la temperatura desde valores inferiores al mínimo registrado durante el ciclo hasta valores mayores que el máximo. Las medidas de oxígeno y temperatura, y la calibración de las primeras, se realizan con los procedimientos ya descritos. La media para cada minuto de cada parámetro se almacena en el registrador digital de datos. La calibración mediante análisis de Winkler puede hacerse con sólo dos muestras (al principio y al final del experimento).

Cálculo de la respiración (R) y del coeficiente de reaireación (k)

Ambos parámetros pueden calcularse a partir de los datos nocturnos de $[O_2]$, de acuerdo con la modificación del método de Odum (1956) utilizada por Markager y Sand-Jensen (1989): si se asume que R y k no varían durante la noche, hay una relación lineal entre $d[O_2]/dt$ y $(c_s - c)$ con pendiente k y término constante R . Aunque la respiración no es constante

durante la noche, el efecto de las variaciones de R puede reducirse omitiendo el periodo inestable al anoecer cuando P disminuye hasta cero y R cambia rápidamente. Es aconsejable que sólo los datos obtenidos más de dos horas después de la puesta del sol sean utilizados para calcular la respiración y el coeficiente de reaireación.

La estima del coeficiente de reaireación (k) puede hacerse también con otros dos procedimientos. Uno de ellos es la aplicación de ecuaciones como las recopiladas por Gromiec (1989), para predecir k a partir de la velocidad del viento (V_v) en lagos someros:

$$k = 0.0362 \cdot V_v^{0.5}, \text{ si } 0 \leq V_v \leq 5.5 \text{ m s}^{-1}$$

$$k = 0.0277 \cdot V_v^{2.0}, \text{ si } V_v > 5.5 \text{ m s}^{-1}$$

El otro procedimiento está basado en la medida del incremento neto de $[O_2]$ en una balsa flotante, ubicada en el mismo lugar que el resto de la instrumentación y rellena in situ con agua del propio sistema, de la que inicialmente se elimina el oxígeno añadiendo un agente reductor (ditionito sódico) y se suprime la actividad biológica.

MEDIDA DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA EN SISTEMAS CERRADOS

Método del ^{14}C

Este método fue desarrollado por Steemann-Nielsen (1952). El objetivo es estimar la fijación por el fitoplancton del carbono inorgánico disuelto en el agua, mediante la utilización de la luz solar para realizar la fotosíntesis.

La metodología es relativamente simple. Consiste en llenar de agua una botella transparente y otra opaca, añadiendo una cantidad conocida de bicarbonato de **sodio radiactivo** ($NaH^{14}CO_3$) e incubando ambas botellas durante un tiempo determinado, en condiciones apropiadas, preferentemente in situ.

Si asumimos que existe una proporcionalidad entre la fijación de ^{12}C y ^{14}C , podemos escribir:

$$\frac{^{12}C \text{ asimilado}}{^{13}C \text{ disponible}} = \frac{^{14}C \text{ asimilado}}{^{14}C \text{ disponible}},$$

de donde:

$$^{12}C \text{ asimilado} = \frac{^{14}C \text{ asimilado}}{^{14}C \text{ disponible}} \times ^{12}C \text{ disponible}$$

El ^{14}C asimilado se mide mediante un aparato contador de radiaciones beta y el ^{12}C disponible se calcula a partir de la alcalinidad, pH y temperatura del agua.

Reactivos

- Hidróxido sódico 1 N
- Ácido clorhídrico 1 N
- Líquido de centelleo

Material

- Botes de incubación claros y oscuros Pyrex de 130 ml, cuidadosamente lavados con detergente sin fosfatos y enjuagados con abundante agua destilada.
- Pipetas regulables de diferentes volúmenes.
- Filtros Nuclepore de policarbonato de 1 ó 0.22 μ
- Pinzas para filtros
- Sistemas de filtración
- Viales de centelleo

Procedimiento

Toma de muestras e incubación.- De cada profundidad seleccionada (por ejemplo, en superficie y en los puntos donde se extingue el 25 %, 50 % y 75 % de la radiación fotosintéticamente activa, respectivamente), se toma agua y se rellena con ella tres botes claros y un bote oscuro. A cada bote se le añade 5 μ Ci de $NaH^{14}CO_3$ procedente de una ampolla de 20 μ Ci ml^{-1} . Cada conjunto de cuatro botes se coloca a la profundidad correspondiente y se incuban durante las cuatro horas de máxima insolación. El tiempo de incubación puede ser distinto, dependiendo del sistema estudiado y de las condiciones ambientales. Tras la incubación, las muestras son inmediatamente puestas en oscuridad y frío hasta su análisis en el laboratorio.

Análisis en el laboratorio.- Debe realizarse lo antes posible, inmediatamente después de regresar del campo.

La actividad total, ^{14}C disponible, se mide tomando un testigo de 1 ml de muestra, al que se le añade 1 ml de NaOH 1 N (para evitar la liberación de ^{14}C inorgánico) y 15 ml de líquido de centelleo para su posterior contaje.

La producción primaria neta aparente (carbono orgánico total formado) se obtiene cuando se acidifica (100 µL de HCl 1 N, pH<2) una submuestra de 4 ml de cada bote en un vial de centelleo de 20 ml (que se deja abierto 24 h en una campana de extracción de gases), de forma que el exceso de ¹⁴C inorgánico se libera como ¹⁴CO₂.

La producción primaria particulada se determina filtrando una alícuota de la muestra (de 20 a 50 ml) a través de un filtro Nuclepore. Después, los filtros se introducen en viales de centelleo, se les retira el ¹⁴C inorgánico acidificando y se miden en un contador de radiaciones después de 12 h.

Cálculo de resultados

Los valores de producción se obtienen a partir de la siguiente fórmula

$$\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1} = \frac{\text{dpm}(a) \times \text{CO}_2 \times 1.05 \times 1.06 \times K_1 \times K_2 \times K_3}{\text{dpm}(b)}$$

donde *dpm*(a) es la diferencia entre la media de las botellas claras y la oscura, *dpm*(b) es el ¹⁴C disponible, ¹²CO₂ total expresado en mg l⁻¹, 1.05 corrige la velocidad de asimilación entre los isótopos 12 y 14 del C, 1.06 es un factor que corrige las pérdidas por respiración, *K*₁ es un factor que corrige el volumen filtrado, *K*₂ es un factor que ajusta el tiempo a una hora y *K*₃ es un factor corrector de la dimensión.

Método del oxígeno

Este método fue desarrollado por Gaardner y Gran (1927). Básicamente, la técnica se ha mantenido invariable hasta ahora, usando la valoración del oxígeno desarrollada por Winkler (1888).

Se determina el contenido en oxígeno disuelto de una muestra de agua con algas. Se llena con el mismo agua dos botellas iguales a la anterior, una transparente y otra opaca a la luz. Después de su incubación in situ durante un tiempo determinado se realiza la medida del oxígeno disuelto en ambas botellas.

Las botellas deben llenarse lentamente, cuidando de que no se formen burbujas. El volumen de las botellas no debe ser inferior a 100-120 ml, para permitir valorar dos alícuotas de 50 ml. Es necesario que las

tapas sean de vidrio esmerilado para evitar intercambio de agua entre la muestra y el exterior.

Al terminar la incubación deben agregarse inmediatamente los reactivos para fijar el oxígeno.

Si la concentración inicial de oxígeno en las botellas era *O*_i y la concentración final al cabo de un tiempo *t* es *O*_f en la botella iluminada y *O*_o en la botella oscura, se pueden establecer las siguientes relaciones

- *O*_f - *O*_o = oxígeno respirado por la porción de la comunidad embotellada (*R*).

- *O*_f - *O*_i = oxígeno que mide la producción neta (*Pn*).

- *O*_f - *O*_o = oxígeno que representa la producción bruta (*Pb*).

$$Pn + R = Pb$$

GLOSARIO ORIENTATIVO

Producción primaria: proceso ecológico por el que se sintetiza materia viva a partir de sus componentes minerales (fundamentalmente, carbono, hidrógeno y oxígeno), mediante reacciones fotoquímicas o puramente químicas (fotosíntesis o quimiosíntesis, respectivamente). También se utiliza para la cantidad de materia viva sintetizada.

Fotosíntesis: proceso bioquímico posible gracias a parte de la luz solar (radiación fotosintéticamente activa o PAR), por el que los productores primarios sintetizan materia orgánica viva a partir de sus componentes minerales, con producción o no de oxígeno como subproducto (fotosíntesis oxigénica o anoxigénica, respectivamente).

Productor primario: organismo vivo que realiza la fotosíntesis, tanto si se trata de una bacteria, cianobacteria, alga unicelular, alga superior o planta vascular.

Biomasa: materia viva almacenada en los seres vivos, en un momento y en un lugar determinado.

Producción primaria bruta: cantidad de materia viva sintetizada por los productores primarios como resultado de la fotosíntesis.

Producción primaria neta: cantidad de materia viva disponible para los productores primarios después de restar a la producción primaria bruta lo que invierten en su metabolismo (respiración).

Respiración: proceso metabólico de los seres vivos por el que convierten biomasa en energía. En general, los sustratos de las reacciones respiratorias son los productos de las reacciones de la fotosíntesis, y viceversa.

Productividad primaria: tasa de producción primaria con relación a otra/s magnitud/es o factor/es, generalmente el tiempo y/o factores que influyen en la producción primaria (biomasa, concentración de pigmentos fotosintéticos, etc.).

Autótrofo: ecosistema o comunidad donde la mayor parte del carbono que entra a formar parte de las redes tróficas es originado en el propio ecosistema o comunidad por los productores primarios.

Heterótrofo: ecosistema o comunidad donde la mayor parte del carbono que entra a formar parte de las redes tróficas no procede de la producción primaria interna, sino de la acción de los consumidores, depredadores, descomponedores, importación de materia orgánica externa, etc.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es uno de los resultados de las actividades realizadas durante una estancia del autor en la Universidade do Vale do Rio dos Sinos-UNISINOS (Rio Grande do Sul, Brasil), financiada por una Ayuda de Intercambio de la Agencia Española de Cooperación internacional (AECI) con cargo al Programa de Cooperación Interuniversitaria E.AI.2001 para Profesores Universitarios, en su Modalidad de Plazas Concertadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Cohen, Y.; B.B. Jorgensen; N.P. Revsbech y R. Poplawski. 1986. Adaptation to hydrogen sulfide of oxygenic and anoxygenic photosynthesis among Cyanobacteria. *Applied and Environmental Microbiology*; 51 (2): 398-407.

- Florín, M. 1994. *Funcionamiento de lagunas salinas temporales manchegas*. Fluctuaciones hídricas, hidroquímicas y dinámica trófica. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

- Florín, M; C. Priebe y A.G. Besteiro. 1994. Influence of hydric regime and sediments on primary producers communities in saline lakes of La Mancha (Central Spain). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*; 25 (3): 1342-1344.

- Florín, M. y C. Montes. 1998a. Fluctuations of hydrochemical equilibrium in temporary saline lagunas with different primary producer communities. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26: 1387-1391

- Florín, M. y C. Montes. 1998b. Which are the relevant scales to assess primary production of Mediterranean semi-arid lakes? *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 24: 161-177.

- Gaardner, T. y H. Gran. 1927. Investigations of the production of plancton in the Oslo Fjord. *Rapp. Cons. Explor. Mer.*, 42: 1-48.

- Gromiec, M.J. 1989. Reareation. In: Jorgensen, S.E. y M.J. Gromiec (eds.): *Mathematical submodels in Water Quality Systems*. Elsevier. Elsevier, Amsterdam.

- Lieth, H. y R.H. Whittaker. (ed). 1975. *Primary Production of the Biosphere*. Springer-Verlag, New York.

- Margalef, R. 1987. Teoría y modelado de los sistemas fluctuantes. Pp. 31-41. En: González Bernáldez, F.; Torroja, J.M. y Llamas, M.R. (eds.): *Bases Científicas para la Protección de los Humedales en España*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid.

- Markager, S. y K. Sand-Jensen. 1989. Patterns of night-time respiration in a dense phytoplankton community under a natural light regime. *Journal of Ecology*; 77: 49-61.

- Odum, H.T. 1956. Primary production in flowing waters. *Limnol. Oceanogr.*; 1: 102-117.

- Sand-Jensen, K. 1989. Environmental variables and their effect on photosynthesis of aquatic plant communities. *Aquat. Bot.*; 34: 5-25.

- Steemann-Nielsen, E. 1952. The use of radioactive carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*; 18: 117-140.

- Winkler, L.W. 1888. The determination of dissolved oxygen in water. *Ber. Chem. Ges.*; 21: 2843-2846.

APORTE DE MATERIA ORGÁNICA DE LOS HUMEDALES A RÍOS DE SABANA SUBTROPICAL DEL CHACO, ARGENTINA

THE WETLANDS' ORGANIC MATTER CONTRIBUTION TO THE CHACO (ARGENTINA)
SUBTROPICAL SAVANA RIVERS

Juan José Neiff
Consejo Nacional de Investigaciones científicas y Técnicas
(CONICET), Argentina
neiff@arnet.com.ar

Oscar Orfeo
Consejo Nacional de Investigaciones científicas y Técnicas (CONICET),
Universidad Nacional del Nordeste, UNNE,
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Agrimensura (FACENA),
Dirección postal: casilla de correo 291-3400 Corrientes Argentina
orfeo@arnet.com.ar

RESUMEN

Se analiza el flujo de materiales orgánicos e inorgánicos de la cuenca del río Tapenagá, que drena paisajes de Sabana con extensos humedales. Se tomaron muestras de agua en el río, durante las fases de suelo inundado y de suelo seco, para determinar: materia orgánica total (MOT), materia orgánica particulada (MOP), materia orgánica particulada gruesa (CPOM), materia orgánica disuelta (MOD) y concentración de sólidos suspendidos totales (Cs). Se extrajeron sedimentos de fondo para determinar textura y contenido de materia orgánica. Se realizaron aforos para relacionarlos con la concentración de materiales suspendidos. Se midió el aporte de lluvia foliar en sitios representativos de la cuenca. Los resultados indican que el transporte de materia orgánica aumentó aguas abajo, principalmente las fracciones MOP y MOD; siendo la fracción MOC muy escasa. Los valores de MOT fueron proporcionales al caudal: 207 mg/L en aguas bajas y 3 mg/L en aguas altas. El contenido de materia orgánica en los sedimentos de fondo fue del 3%, revelando escasa acumulación en el curso de agua. La exportación de

MOT se calculó en 49400 tn/año representando un valor medio de $24.7 \text{ tn (km}^2\text{)}^{-1} \text{ año}^{-1}$, mientras que la exportación de carbono orgánico total (COT) se estimó en 24700 tn/año y $12.35 \text{ tn (km}^2\text{)}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Dichos valores son mayores que en otros ríos tropicales, interpretándose que los factores determinantes son: elevada producción de materia orgánica y prolongado tiempo de residencia del agua. La Cs varió entre 20 y 2500 mg/L manteniendo una relación inversa con el caudal. El transporte de sedimentos minerales en suspensión, fue menor que en otros ríos homólogos de la planicie chaqueña, en los que la materia orgánica producida por humedales fue menor. Estos resultados permiten postular que los *wetlands* impiden la erosión del suelo en estas cuencas.

Palabras clave: humedales – erosión - transporte de sedimentos – Materia orgánica - tierras bajas subtropicales - Chaco – Sudamérica.

SUMMARY

The flow of organic and inorganic material of the Tapenagá River, which drains Savanna landscapes with extensive wetlands, is analyzed. Water samples were

taken from the river during flooding and dry periods to determine: total organic matter (TOM), particulate organic matter (POM), coarse particulate organic matter (CPOM), dissolved organic matter (DOM) and total suspended solid concentration (Cs). Riverbed sediments were extracted to determine the texture and content of organic matter. Measurements were conducted and related to the concentration of suspended materials. The litterfall was measured in representative sites of the basin. Results show that organic matter's transport increased downstream, mainly the POM and DOM fractions, being COM fraction very scarce. TOM values went inversely proportional to the flow: 207 mg/L in low waters and 3 mg/L in high waters. The organic matter in the riverbed's sediments reached 3%, revealing scarce accumulation in the water flow. The TOM exportation was estimated in 49400 tm/year reaching an average value of $24.7 \text{ tm} \cdot (\text{km}^2)^{-1} \text{ year}^{-1}$, while the exportation of total organic carbon (TOC) was estimated in 24700 tm/year and $12.35 \text{ tm} \cdot (\text{km}^2)^{-1} \text{ year}^{-1}$. Such values are higher than those of other tropical rivers, deducing that the determining elements are: a high production of organic matter and a long-term permanence in the water. Cs varied between 20 and 2500 mg/L maintaining an inverse proportion to the volume. The silt suspended load in the River Tapenagá was smaller than in other rivers of the Chaco region, with similar geomorphology and soil characteristics but with smaller surface of wetlands, and consequently, with smaller production of organic matter. These results allow to postulate that the wetlands impeded the erosion and sediments transport in these basins

Key Words: wetlands – sediment transport – erosion - organic matter – subtropical low lands – Chaco South America.

INTRODUCCIÓN

En Sudamérica la mayor extensión de humedales se encuentra en los sistemas fluviales de las extensas llanuras tropicales y subtropicales ocupando cerca de 900.000 km² (Neiff, 1996a). La alta producción de materia orgánica es una característica distintiva de estos ecosistemas (Klinge et al., 1990; Neiff, 1996b; Neiff, 2001b). Cuando la materia orgánica se descompone lentamente, libera sustancias húmicas que

confieren al agua de los ríos color oscuro por lo que fueron llamados “ríos de aguas negras” (Sioli, 1975) consumen el oxígeno disuelto en el agua, y fijan las partículas minerales de los suelos.

Existe una relación poco conocida aún, entre la superficie ocupada por humedales en la cuenca, la producción de materia orgánica y el transporte de sustancias orgánicas y minerales por los ríos colectores (Orfeo, 1986; Patiño y Orfeo, 1986; Orfeo, 1999).

La calidad de la materia orgánica transportada por los ríos permite inferir el grado de descomposición de la misma en las cuencas, que es proporcional al tiempo de residencia del agua en y sobre el suelo, es decir proporcional también al tiempo de residencia del agua en las cuencas, a la pendiente general del terreno y a otros factores.

Es decir que el análisis de la materia orgánica producida y transportada y su fraccionamiento en los ríos, constituye un indicador muy valioso del metabolismo de las cuencas (Neiff, 1990).

El río Tapenagá es un sistema fluvial representativo de las cuencas con extensos humedales, de la planicie del Chaco Oriental que drenan hacia el eje Paraguay-Paraná, entre 22°S y 29°S. En la misma zona, hay otras cuencas que tienen mayor superficie de tierra firme no anegable, que han sido estudiadas por Orfeo (1986) y por Patiño y Orfeo (1986).

El objetivo de esta contribución es estimar el transporte de materia orgánica por el río Tapenagá (Chaco, Argentina), el nivel de particulamiento de la misma y la influencia de los humedales en el transporte de sedimentos, para lo cual se comparan los resultados obtenidos con estudios previos (Orfeo, 1986; Patiño y Orfeo, 1986).

SITIO Y MÉTODOS.

El área estudiada es la cuenca del río Tapenagá (Fig.1), un típico río de llanura subtropical de sabana, en cuya cuenca predominan los palmares con estrato bajo de gramíneas duras; los bosques hidrófilos que son formaciones dominadas por árboles de hasta 10 metros de alto, cuyas copas sombrean el 70% o más del suelo. Hay también planicies suavemente cóncavas, en las que se acumula el agua temporariamente, ocupados por pastos cortos y tiemos, y los pajonales o formaciones dominadas por gramíneas en cojines, de hasta dos metros de alto (tabla 1b).

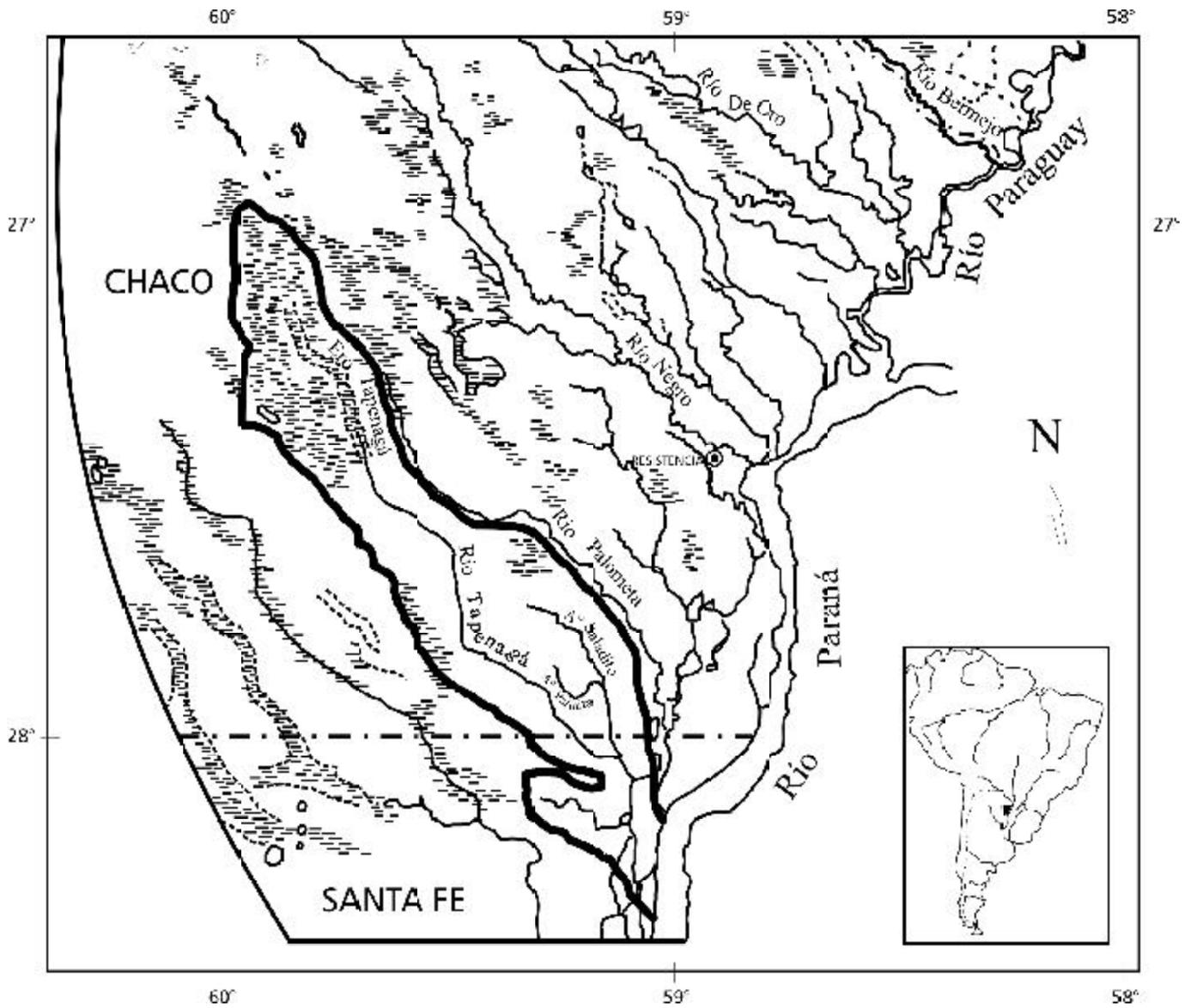


Figura 1. Mapa de ubicación.

Esta cuenca está poco alterada, debido a que únicamente se ha practicado actividad pastoril, con una cargana baja de ganado (una cabeza cada tres a cinco hectáreas). La superficie activa es próxima a 1700 km² aunque en períodos de inundaciones extraordinarias como las ocurridas en 1982 y 1998 la cuenca queda incluida en una extensa lámina de agua que comprende a la mayoría de los ríos y arroyos del Chaco Oriental. El cociente de elasticidad (Neiff et al. 1994) para esta cuenca es de doce, lo que surge de dividir la superficie mojada en un período de lluvias extraordinarias y el área mojada en período de extrema sequía.

El invierno y verano, tienen condiciones térmicas muy contrastadas, con temperaturas medias máximas de 29 °C y medias mínimas que alcanzan 16 °C. Las lluvias tienen una tendencia recurrente anual con mayor concentración entre noviembre y abril y escasas precipitaciones entre junio y agosto. La media anual histórica es de 1150 mm en el límite oriental y de 800 mm en el occidental, representando un régimen pluviométrico de tipo atlántico con excesos de agua (Alberto y Bruniard 1987). Las isohietas tienen posición sub-meridiana disminuyendo gradualmente su valor hacia el oeste. Períodos muy secos y muy lluviosos se alternan cada 3 a 5 años, con rango de

Subsistema Tipo de humedal	Geoforma y pendiente	Suelo	Hidroperíodo	Vegetación
Charcas	Cuerpos de agua temporarios, 0,5-2m prof. Eq 10-15	Sedimentos limo arcillosos Materia orgánica 3-6%	Amplia fluctuación. Fase de sequía predominante	Escasa, flotantes libres, geófitas, terrestres, según la época.
Bañados de pastos cortos	Bañados suavemente cóncavos, baja pendiente Eq 6-15	Limo arcilloso e arenolimoso. 3-9% de materia orgánica	Estacionalidad marcada. Quemas anuales o bianuales	Vegetación dominada por pastos bajos y liermos, menores de 0,5m de alto
Pajonales	Áreas de las planicies de inundación de media loma, con mal drenaje	Arcillo arenoso o limo arcillo arenoso, con alto contenido de hierro y manganeso. 5-10% de materia orgánica. pH 7-8	El suelo permanece cubierto por agua durante 7-10 meses. Stress hídrico frecuente en la fase seca.	Matriz de pajonal dominado por una especie. Plantas en cojines, separadas por 1-3 m, vegetación de 1,5-2 m de alto.
Bañados con palmas	Bañados, pendiente < 0,01%. Eq 10-12	Hidromórficos, arcillo-limosos predominantes. PH 7-8,5	Estacionalmente inundado o anegado por 1 m de agua sobre el suelo. Fuerte deficiencia de agua	Matriz de pastos cortos, con o sin pajonal, con palmas distantes de 1-5 m.
Bañados con bosques	Albardones, barras, en las planicies inundables de ríos.	Arena y limo con abundante hojarasca sobre horizontes A ₁ . pH 6,0-7,5	Fluctuación amplia. Período de sequía predominante en series prolongadas de tiempo	1-3 estratos con árboles. Estrato herbáceo frecuente dependiendo del hidroperíodo.

Tabla 1b. Sinopsis de algunas características del paisaje en la cuenca del río Tapenagá

800 a 2100 mm anuales en el este y 600 a 1500 mm en el oeste (Patiño y Orfeo 1986).

La cuenca del Tapenagá, como la de la mayoría de los ríos del Chaco Oriental, tienen diferencias hidrológicas y en el patrón de paisaje, que permite distinguir dos subsistemas de límites muy dinámicos estacionalmente:

(a) Subsistema noroccidental (S-NW):

Comprende la cuenca alta y media, donde la pendiente del terreno es muy baja, variando entre 0.10 m/km y 0.25 m/km. Aquí el escurrimiento es predominantemente laminar durante las grandes lluvias y con transfuencias entre cuencas vecinas durante períodos muy lluviosos. En los meses de escasas precipitaciones este sector de la cuenca tiene escurrimiento intermitente, reconociéndose el curso de agua en pequeñas lagunas y por la vegetación hidrófila de las áreas bajas anegables difusamente interconectadas.

(b) Subsistema suroriental (S-SE):

Abarca la cuenca inferior, donde el cauce se encuentra bien definido, el río tiene un cauce definido, limitado por albardones, modelado por flujo unidireccional de tipo pulsátil. En este sector la velocidad media de la corriente fue de 0.3 m/s, y caudal medio igual a 37 m³/s, con valores máximos mayores que 1.5 m/s y 400 m³/s respectivamente, durante crecientes extraordinarias (eventos ENOS).

Toda la red de escurrimiento drena hacia la planicie aluvial del río Paraná, desarrollando un canal de 270 km de longitud con ancho de 32 m y 43 m, de acuerdo a la fase hidrológica.

Las diferencias y límites entre los subsistemas señalados son operativas, ya que la cuenca puede definirse como un sistema hidrológico no típico (Fertonani y Prendes 1983), donde la mayor salida de agua ocurre por evapotranspiración y no por

escurrimiento superficial. Para los ríos del Chaco Oriental se estimó que sólo 10 a 30 por ciento de la lluvia caída escurre por los ríos, correspondiendo más de 60% a la evapotranspiración. (Neiff 1986). Este balance de agua está influenciado en gran medida por la sinuosidad del curso entre 1.34 y 1.53 con los valores más altos cerca de la desembocadura y también por la baja relación ancho-profundidad, determinando tiempos de residencia del agua en la planicie de 80 a 110 días durante los períodos muy lluviosos (Neiff, 1986).

En los sectores más deprimidos de la cuenca se emplazan extensos humedales conocidos localmente como bañados y esteros colonizados por vegetación palustre herbácea (tabla 1b) con productividad próxima a las 20 tn ha⁻¹ año⁻¹ (Neiff 1981; 2001b), donde se practica la ganadería extensiva.

En sitios algo más elevados crecen *pajonales* de *Panicum prionitis* y los *palmares* de *Copernicia alba*, equivalentes ecológicos de los morichales de las cuencas de los ríos Magdalena y Orinoco, pudiendo encontrarse bosques bajos y poco densos de algarrobo *Prosopis* spp. La productividad neta herbácea es próxima a las 15 tn ha⁻¹ año⁻¹ de pastos duros que periódicamente son quemados. En la parte menos anegable crece un bosque bajo cerrado, pluriespecífico (Morello y Adámoli 1974), con abundancia de maderas duras (*Schinopsis balasae*, *Gleditschia amorphoides*, *Astronium balansae*). En estos sitios se extrae madera y se practican cultivos de algodón, sorgo y girasol. La ocupación humana de la cuenca es baja, con densidad poblacional de 0.7 a 2.3 habitantes/km² (Neiff 1986). Durante períodos extremadamente lluviosos como aquellos que coinciden con ENOS de 1982 y 1998 en los que ocurrieron tormentas de más de 300mm/día, más del 90% de la cuenca fue anegada por lluvias locales.

El aporte de materia orgánica al suelo en los principales tipos de vegetación fue cuantificado quincenalmente utilizando colectores porosos cónicos de 62.5 cm de diámetro de boca, fijados a 80cm del suelo, para estimación de la lluvia foliar. El valor para los distintos tipos de vegetación fue obtenido promediando 10 muestras en cada operación de muestreo. La materia orgánica almacenada en suelo de cada ambiente se determinó por diferencia de peso seco (a 105 °C) y ascenzación posterior (a 550 °C). Este procedimiento se utilizó también para estimar el

porcentaje de materia orgánica en los sedimentos de fondo del cauce.

Estos sedimentos fueron colectados con un captador superficial de arrastre ubicado en la zona más profunda de cada sección (Orfeo, 1986). El análisis granulométrico de estas muestras se realizó mediante el método del tamizado y de la pipeta (Galehouse 1971; Ingram 1971; McManus 1988), adoptando la escala de tamaños de grano de Udden-Wentworth expresada en unidades phi con las modificaciones en la terminología clástica propuestas por Friedman y Sanders (1978). El método gráfico de Folk y Ward (1957) fue empleado para calcular el tamaño medio de los sedimentos del lecho y la desviación estándar como expresión de la selección granulométrica, a partir de la curva de frecuencias acumulativas representada en escala de probabilidad logarítmica.

Para obtener las muestras de sólidos suspendidos para análisis gravimétrico se empleó un captador puntual instantáneo, de 500cm³, ubicado en cinco puntos (5%, 20%, 60%, 80% y 95% de la profundidad) sobre tres verticales (1/4, 1/2, y 3/4 del ancho del cauce) en cada sección transversal. La concentración total de sólidos suspendidos fue determinada filtrando muestras replicadas de 500 ml cada una, empleando discos pre-pesados de acetato de celulosa de 0.45 µm de porosidad. La concentración media en cada sección transversal fue calculada promediando todos los valores obtenidos.

Los aforos se llevaron a cabo convencionalmente por el método de las áreas parciales utilizando micromolinetes de precisión, seleccionando cuatro secciones: dos ubicadas en el tramo alto de la cuenca (S-NW) y las restantes en el tramo bajo (S-SE).

La simbología utilizada en esta contribución tiene el siguiente significado:

- MOP: materia orgánica particulada en agua (fracción superior a 0.45 µm determinada por ascenzación y por dicromato de potasio).
- COM: materia orgánica particulada gruesa en agua (fracción superior a 1 mm, incluyendo hojas, restos vegetales, semillas, flores y frutos).
- MOD: materia orgánica disuelta en agua (determinada por digestión con permanganato de potasio).
- MOT: materia orgánica total, suspendida y disuelta en agua.

- Cs: sólidos suspendidos totales (orgánicos más inorgánicos).

Para los análisis químicos se colectaron muestras de agua de 50 litros empleando bomba eléctrica portátil ubicada en la zona central de cada sección. La conversión de los datos de cantidad de materia orgánica a carbono orgánico total (COT) se realizó mediante el factor de conversión 0.5 (Schlesinger y Melack 1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Flujo de materia orgánica en la cuenca del Tapenagá.

La tabla 1a muestra la superficie de los humedales temporaria o permanentemente anegados, en los subsistemas identificados de la cuenca del Tapenagá y, en la tabla 1b se resumen algunas características de los paisajes más conspicuos de la cuenca.

Bosques, pajonales y cultivos tienen mayor superficie en el tramo bajo debido al encauzamiento del flujo, lo que determina menor frecuencia y duración del anegamiento del suelo. Este patrón de organización determina cambios importantes en la disponibilidad de materia orgánica acumulada en el suelo (Tabla 2), con marcadas diferencias en los primeros 10 cm del perfil, donde se encuentran los horizontes de mayor interacción con el agua de anegamiento en el período lluvioso.

La diferente acumulación de materia orgánica en distintas unidades de paisaje de la cuenca (Tabla 3) está directamente relacionada con el aporte anual de la vegetación (Tabla 4), y a su vez con las condiciones de anegamiento.

En la Tabla 5 se aprecia un incremento constante en la concentración de MOT hacia la desembocadura del Tapenagá. De tal manera, el valor de MOT en la sección D puede duplicar el de la sección A, a pesar que la distancia entre ambas es de sólo 170 km. Ello se explica en función del mayor almacenamiento de materia orgánica en el tramo bajo de la cuenca.

La diferencia estacional en la concentración de MOT es aproximadamente de 2:1 comparando ambos sectores de la cuenca (S-NW y S-SE), con valores máximos en la fase de creciente. Esta diferencia en la concentración de MOT en distintas fases hidrológicas se observó también en los sedimentos del fondo del canal (Tabla 6).

Los valores de MOT en las aguas del Tapenagá son altos (Tabla 6), aunque se encuentran en el rango registrado para los arroyos de clima cálido y húmedo (Meybeck 1981; Richey 1981; Schlesinger y Melack 1981) que desaguan ecosistemas de alta productividad primaria neta, baja transferencia a los consumidores e incompleta mineralización de la materia orgánica.

La MOC fue muy escasa en todas las muestras, lo que se relaciona con el escurrimiento lento del Tapenagá. En cambio la suma de MOP y MOD superó el 50% de la MOT en la mayoría de las muestras, resultando más importante en el tramo bajo de la cuenca donde el escurrimiento adquiere mayor competencia.

La MOD fue más importante cuando el río evacuaba los excedentes del período de lluvias (Tabla 5), cuando se produjo una activa lixiviación y lavado en manto de los suelos de la cuenca (Patiño y Orfeo, 1986).

Sedimentos inorgánicos en la cuenca del Tapenagá

El contenido de arena del material del lecho fue de próximo a 10% en la sección A (cuenca alta) y a 99% en la sección D (cuenca baja) independientemente del valor absoluto de la descarga, por lo tanto la participación de limo y arcilla disminuye aguas abajo (Tabla 6).

El tamaño medio del material de fondo aumenta en la dirección del flujo desde limo muy fino a arena media y la selección granulométrica mejora de *muy pobre* a *bueno* en igual sentido (Tabla 6).

El contenido de arena y el tamaño medio del material del lecho aumentaron a medida que disminuyó la pendiente a pesar de la extensa área de humedales con sedimentos palustres en la cuenca. Considerando la composición granulométrica actual de los sedimentos de fondo de los grandes ríos regionales (Orfeo 1997) y la localización de la cuenca del Tapenagá, sobreimpuesta a la llanura aluvial del río Paraná, se infiere la influencia de paleodepósitos abandonados por dicho sistema fluvial caracterizado por un típico diseño multicanalizado de baja sinuosidad (Orfeo y Stevaux 2002).

El aumento de la fracción arenosa hacia el tramo bajo, el encauzamiento del curso y el ancho del mismo, permiten suponer que los sedimentos del fondo no provienen de los humedales marginales sino de la erosión del cauce fluvial.

	Subsistema NW		Subsistema SE	
	Km ²	%	Km ²	%
Dosque	144	16	248	31
Pastizal inundable	630	70	200	25
Pajonal	0	0	160	20
Cultivos	126	14	192	24
Total	900	100	800	100

Tabla 1a. Distribución superficial de unidades de paisaje identificadas en la cuenca del río Tapenagá.

Profundidad (cm)	Bosque Plurispesficico Nativo	Pastizal Hidrófilo	Pajonal	Cultivo de sorgo
	0 - 5	9.31	7.68	4.37
5 - 10	5.36	6.13	4.16	4.75
10 - 20	4.51	5.79	3.91	1.81
20 - 40	2.96	2.04	3.98	1.47
40 - 60	3.09	1.50	1.06	0.91
60 - 100	2.62	0.85	s.d.	0.96

Tabla 2. Materia orgánica almacenada en suelos (%) de la cuenca del río Tapenagá.

Unidad de paisaje	Subsistema NW (tn/ha/año)	Subsistema SE (tn/ha/año)
Bosque alto cerrado	7.6	9.8
Pastizal inundable	15.2	8.0
Pajonal	1.9	3.2
Cultivos	1.2	1.9

Tabla 3. Aporte de materia orgánica al suelo en distintas unidades de paisaje del río Tapenagá.

Unidad de paisaje	tn ha ⁻¹ año ⁻¹
Bosque	6
Pastizal inundable	4
Pajonal	2
Cultivos	1

Tabla 4. Aportes de materia orgánica en el Chaco Subtropical Húmedo (según Neiff, 1986).

Fecha	Subsistema NW					Subsistema SE				
	Sc	MOC	MOP	MOD	TOM	Sc	MOC	MOP	MOD	TOM
03/03/87	A	n.d	5.21	3.39	8.60	C	n.d	5.74	5.12	10.86
	B	n.d.	5.17	4.03	9.20	D	0.11	6.60	5.00	11.71
10/09/87	A	0.8	7.10	6.06	13.96	C	1.78	8.14	6.28	16.20
	B	n.d	8.03	7.29	15.32	D	2.50	9.92	7.40	19.82
17/05/88	A	0.97	1.05	4.07	6.09	C	0.45	5.13	3.61	8.19
	B	0.05	3.23	4.72	7.00	D	n.d	4.69	6.68	11.37

Tabla 5. Materia orgánica transportada por el río Tapenagá (valores expresados como % de peso seco de la muestra). Referencias: Sc= sección de muestreo (ver Fig.1); MOC= materia orgánica particulada gruesa (fracción superior a 1 mm incluyendo hojas, restos vegetales, etc.); MOP= materia orgánica particulada en agua (fracción superior a 0,45 µm); MOD= materia orgánica disuelta en agua; TOM= materia orgánica total suspendida y disuelta en agua.; n.d. = no determinado.

Al atravesar depósitos abandonados por el Paraná, el Tapenagá incorpora sedimentos arenosos al tramo inferior del curso, cuyo caudal le permite movilizar la totalidad de su carga de fondo incorporando al flujo (como sedimentos suspendidos) a las fracciones más finas de la carga de fondo.

El contenido de materia orgánica en los sedimentos del lecho es baja (Tabla 6) respecto de otros ríos de sabana (Ohye y Furtado 1982), indicando la persistencia de procesos erosivos en el cauce y velocidad de flujo puntualmente alta durante la fase lluviosa, con valores 1.57 m/s, lo que produce el

Sección	Q	Arena %	Limo %	Arcilla %	Mz Ø	Sd Ø	M.O. %
A	2.56	10.04	34.71	55.25	7.32	2.13	n.d.
B	9.87	21.68	32.39	45.93	6.63	2.33	n.d.
C	54.42	35.39	45.14	19.47	5.45	2.1	1,98
D	93.5	99.42	0.58	0	2.4	0.42	n.d.
C	0.36	12.57	60.65	26.78	6.2	1.68	2,17
D	19.4	99.67	0.33	0	1.57	0.43	n.d.
C	7.21	22.14	59.49	18.37	5.62	1.91	2,89
D	30.53	9.61	0.39	0	1.68	0.52	n.d.
C	0.036	10.09	59.83	30.08	6.19	1.93	4,43
D	4.68	98.86	1.14	0	2.04	0.8	n.d.

Tabla 6. Composición textural y contenido de materia orgánica de los sedimentos de fondo del río Tapanagá. Referencias: Q = caudal (m³/s); Mz = tamaño medio; Sd = coeficiente de selección; M.O. = materia orgánica.

Sección	Q (m ³ /s)	Cs (mg/L)	T (ton/día)
A	2.56	20	4.42
B	9.87	49.5	47.2
C	54.42	99.3	466.89
D	93.5	58.83	475.25
C	0.36	643.4	322.42
D	19.4	349.7	586.14
C	7.21	1325.4	825.65
D	30.53	743.7	1961.72
C	0.036	2492	7.75
D	4.68	326	131.81

Tabla 7. Concentración y transporte de sedimentos suspendidos totales en el río Tapanagá. Referencias: Q = caudal; Cs = concentración; T = transporte

arrastre de los sedimentos de fondo durante la época de lluvias intensas.

La Tabla 7 muestra las concentraciones de sedimentos suspendidos obtenidas durante los períodos de aguas bajas y altas. Se aprecia un marcado incremento de la carga sólida hacia el tramo bajo de la cuenca en aguas bajas y altas, reflejando los procesos erosivos que ocurren en el

canal de escurrimiento principalmente por el entallamiento del cauce.

Esta tendencia creciente de la concentración de sedimentos suspendidos aguas abajo, se mantiene a lo largo del curso con excepción del área de muestreo más próxima a la desembocadura (Tabla 7, Sección D), habitualmente influida por la escasa pendiente, el remanso hidrodinámico provocado por el río Paraná y por el aporte de aguas subterráneas que caracteriza este tramo de la cuenca. La relación de concentración sólida inorgánica entre la fase lluviosa y la fase seca fue de 1:3 (Tabla 7).

La concentración de sedimentos

suspendidos (Tabla 7) registró una correlación inversa con el caudal (Fig.2). Este hecho es mencionado en otros ríos de la región estudiada (Orfeo 1999) como también fuera de ella (Meade et al. 1990). Sin embargo la descarga sólida en suspensión mantiene una relación directa con la descarga líquida, aunque en diferentes proporciones. Por lo tanto la exportación de sólidos suspendidos incrementa su valor aguas abajo.

Al comparar el caudal y concentración de sólidos suspendidos en las secciones de muestreo del S-SE (cuenca baja), la correlación es más significativa ($r = -0.57$) que la misma correlación obtenida empleando los valores de todas las secciones analizadas (ambos subsistemas) ($r = -0.39$). Esto implica que la cuenca alta genera una gran dispersión de los resultados debido a la presencia de extensos humedales con escorrentía poco definida. Esta zona se caracteriza por el desarrollo de abundante vegetación acuática, la cual genera importantes modificaciones en los mecanismos de transporte sedimentario.

Las plantas retardan el flujo y disminuyen la capacidad de transporte de la corriente, incrementando la retención de material particulado principalmente entre las raíces (Depettris et al. 1992; Poi de Neiff et al. 1994). Esta vegetación origina una significativa contribución de materia orgánica particulada y disuelta,

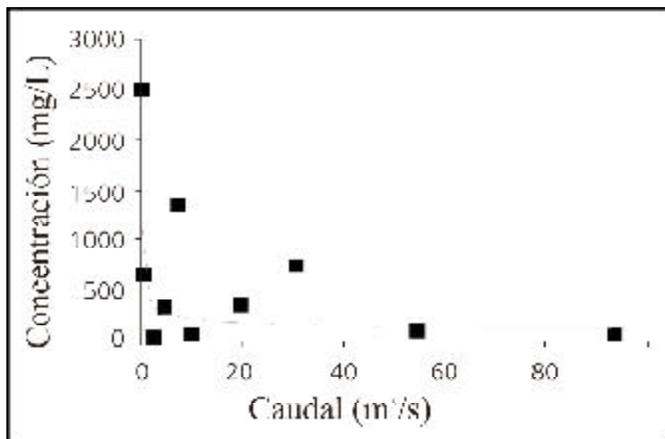


Figura 2. Correlación entre caudal y concentración de sólidos suspendidos del río Tapenagá.

que debe tenerse en cuenta al estimar el transporte de sedimentos inorgánicos (Orfeo 1988).

Estos resultados permiten esquematizar de la dinámica de sólidos suspendidos en ríos de llanura subtropical influidos por humedales, considerando tres etapas principales:

(a) Período de aguas bajas:

El sistema fluvial queda reducido a su mínima expresión, facilitando la sedimentación de material fino ($< 4 \mu\text{m}$) en el canal.

La mayor parte del canal y de las áreas palustres vecinas son rápidamente colonizadas por la vegetación acuática, que aporta abundante materia orgánica a la que debe adicionarse la proveniente de las partes altas de la cuenca. El transporte de sedimentos es bajo por el escaso caudal.

(b) Inicio del período de aguas altas:

Las precipitaciones reactivan la red de escurrimiento, generando el desplazamiento aguas abajo de los materiales orgánicos e inorgánicos laxos depositados sobre el canal y ambientes asociados. La concentración de sólidos suspendidos incrementa su valor junto con la descarga, por lo tanto el transporte sólido es alto en términos absolutos.

(c) Período de aguas altas:

La mayor parte del fondo del canal permanece libre de acumulaciones no cohesivas, las cuales son exportadas del sistema como carga de lavado en flujo acelerado. La descarga alcanza magnitud importante, pero la concentración de sólidos suspendidos es baja por la retención que ejercen los humedales. En la

cuenca alta, el lecho expone una litología compuesta por arcillas cohesivas de baja rugosidad. En cambio el curso inferior está cubierto por sedimentos arenosos libres de materiales finos.

CONCLUSIONES

La exportación de materia orgánica total (MOT) de la cuenca del Tapenagá fue estimada en 49400 tn/año, lo que representa un valor medio de $24.7 \text{ tn (km}^2\text{)}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en el período de estudio. Para comparar los valores de MOT con el transporte de materia orgánica en otros ríos del mundo se estimó la exportación de carbono orgánico total (COT) en 24700 tn/año y la producción por unidad de superficie en $12.35 \text{ tn (km}^2\text{)}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Tales valores de exportación y transporte son comparativamente superiores al promedio de otros ríos de llanuras cálidas del mundo. Esto se explica en dos causas principales: la alta productividad orgánica de la cuenca y el prolongado tiempo de residencia del agua en suelos con elevada cantidad de materia orgánica.

Los sedimentos del lecho del Tapenagá están compuestos fundamentalmente por limos y arcillas cohesivas en la cuenca alta y media, y por arena mediana en proporción cercana al 90% en la cuenca baja. El aporte local de paleodepósitos arenosos acumulados cerca de la desembocadura, explicaría esta aparente anomalía.

La concentración de sólidos suspendidos en el período estudiado varió entre 20 y 2500 mg/L manteniendo una relación inversa con la descarga. La exportación de sólidos suspendidos aumenta hacia la desembocadura, aunque la presencia de humedales genera dispersión de los resultados por la alteración que provoca en el escurrimiento, jugando un rol importante en la dinámica del transporte de materiales tanto orgánicos como inorgánicos.

La concentración de sedimentos inorgánicos suspendidos que transporta el Tapenagá es la tercera parte de la que llevan otros ríos situados en la misma región ecológica. Esta característica se debe a la menor superficie ocupada por humedales en ríos como el Paloneta, Saladito y Amores (Orfeo, 1986).

La densa vegetación de los humedales ejerce varios efectos: reduce la velocidad del flujo, retiene sedimentos transportados desde el tramo superior, evita localmente la erosión, por el efecto de fijación

de las raíces y del mantillo y, por la algunas reacciones químicas asociadas a la elevada concentración de materia orgánica en el agua, produce la sedimentación de la fracción pelítica.

La eliminación de humedales en las cuencas puede tener efectos negativos iguales o mayores que la deforestación en el área estudiada. Cualquier modificación antrópica que altere la dinámica hidrológica y/o la producción de materia orgánica en los humedales, conlleva riesgos que deberían ser previamente estudiados y corregidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberto, J. y E. Bruniard, E. 1987. Atlas geográfico de la provincia del Chaco, I: El medio natural. *Revista Geográfica* 5, Instituto de Geografía, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, 63 pp.

- Bruniard, E. 1978. El gran Chaco argentino. *Revista Geográfica* 4, Instituto de Geografía, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, 259 pp.

- Depettris, C.; O. Orfeo; y J. Neiff. 1992. Atenuación del escurrimiento fluvial por bosques de *Tessaria integrifolia*. *Revista Ambiente Subtropical*, 2: 33-43.

- Fertoni, M y H. Prendes. 1983. Hidrología en área de llanura, aspectos conceptuales, teóricos y metodológicos. *Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras*, UNESCO CONAPHI, Actas I: 119-155.

- Folk, R. y W. Ward. 1957. Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26.

- Friedman, G. y J. Sanders. 1978. Principles of Sedimentology. Wiley, New York, 792 pp.

- Galehouse, J. 1971. Sedimentation analysis. In: Carver, R., (Ed.), *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley Interscience, New York, pp. 69-94.

- Ingram, R. 1971. Sieve analysis. In: Carver, R., (Ed.), *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley Interscience, New York, pp. 49-67.

- Klinge, H.; W.J. Junk and C.J. Revilla, 1990. Status and distribution of forested wetlands in tropical South America. *Forest Ecol. Manag.*, 33134: 81-101.

- Meade, R. 1988. Movement and storage of sediment in river systems. In: Lerman, A., Meybeck, M. (Eds). *Physical and chemical weathering in geochemical Cycles*, Kluwer Academic Publishers, pp. 165-179

- McManus, J. 1988. Grain size determination and interpretation. In: Tucker, M. (Ed.), *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Science, Oxford, pp. 63-85.

- Meade, R.; F. Weibezahn; W. Lewis Jr. y D. Pérez Hernández. 1990. Suspended sediment budget for the Orinoco River. In: Weibezahn, F., Alvarez H., Lewis Jr., W., (Eds.), *The Orinoco River as an ecosystem*. Impresos Rubel CA, Caracas, pp. 55-79.

- Meybeck, M. 1981. River transport of organic carbon to the ocean. En: *Report of the Committee on flux of organic carbon by rivers to the oceans*. Nat. Acad. Sci., National Resources Council: 219-269.

- Morello, J. y J. Adámoli. 1974. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino, II parte. *INTA, Serie Fitogeográfica*, 13: 130 p.

- Neiff, J. 1981. Panorama ecológico de los cuerpos de agua del nordeste argentino. *Actas del Symposia de las VI Jornadas Argentinas de Zoología*, La Plata, Argentina: 115-151.

- Neiff, J. 1986. Sinopsis ecológica y estado actual del Chaco Oriental. *Revista Ambiente Subtropical*, 1, 5-35.

- Neiff, J.J. Neiff, J.J. 1990. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia*, 15(6): 424-441. Venezuela.

- Neiff, J.J. 1996a. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26: 167-180. Alemania.

- Neiff, J.J. 1996b. Ecosistemas de América Latina y sus potencialidades de producción. Simposio Sobre Ecosistemas Naturais do Mercosul. Univ. Fed. de Sta. María, Brasil, 1: 12 p. Santa Maria, Brasil,

- Neiff, J. 2001a. Diversity in some tropical wetland systems of South America. In: Gopal, B., Junk, W., Davis, J., (Eds.), *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation, Volume 2*, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 157-186.

- Neiff, J.J. 2001b. Humedales de la Argentina: sinopsis, problemas y perspectivas futuras. En: Cirelli, A.F. (Ed.): *El Agua en Iberoamérica. Funciones de los humedales, calidad de vida y agua segura*. Pp. 83-112. Publ. CYTED-ISBN 987-43-3591-2. 212p.

- Orfeo, O. 1988. Dinámica hidrosedimentológica del río Tapenagá. *Segunda Reunión Argentina de Sedimentología*, Buenos Aires, Actas, 199-201.

- Neiff, J.; M. Iriondo y R. Carignan. 1994. Large tropical South American wetlands: an overview. In: Link, G., Naiman, R., (Eds.), *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*. University of Washington, Seattle, pp. 154-165.
- Orfeo, O. 1997. Comparación sedimentológica y geomorfológica de los ríos Paraná y Paraguay en el área de su confluencia. *I Congreso Latinoamericano de Sedimentología*, Porlamar, Venezuela, Actas, Tomo 2, 129-133.
- Orfeo, O. 1999. Sedimentological characteristics of small rivers with loessic headwaters in the Chaco, South America. *Quaternary International*, 62: 69-74.
- Orfeo, O. y J. Stevaux, J. 2002. Hydraulic and morphologic characteristics of middle and upper reaches of the Paraná River (Argentina and Brazil). *Geomorphology*, 44, 309-322.
- Ohye, H. y J. Furtado, J. 1982. The limnology of lowland streams in West Malasya. *Tropical Ecology*, 23 (1): 86-97.
- Orfeo, O. 1986. Estudio sedimentológico de ambientes fluviales del Chaco Oriental. *Ambiente Subtropical*, 1: 60-72. Corrientes, Argentina.
- Poi de Neiff, A.; J. Neiff; O. Orfeo, y R. Carignan. 1994. Quantitative importance of particulate matter retention by the roots of *Eichhornia crassipes* in the Paraná floodplain. *Aquatic Botany*, 47, 213-223.
- Patiño, C. y O. Orfeo. 1986. Aproximación al conocimiento del proceso de erosión del suelo en el Chaco Oriental. *Revista Ambiente Subtropical*, 1, 47-59.
- Reid, I. y L. Frostick. 1994. Fluvial sediment transport and deposition. In: Pye, K. (Ed.), *Sediment transport and depositional processes*, Blackwell Science Publications, Oxford, pp. 89-155.
- Richey, J. 1981. Fluxes of organic matter in rivers relative to the global carbon cycle. In: *Report of the Committee on flux of organic carbon by rivers to the ocean*. Nat. Acad. Sci., Natural Resources Council: 270-293.
- Schlesinger, W. y J. Melack. 1981. Transport of organic carbon in the world's rivers. *Tellus*, 33 (2): 172-187.
- Sioli, H. 1975. Tropical rivers as expressions for their terrestrial environments. pp. 275-288. In: Golley, F.B. y Medina, E. (Editors.) *Tropical Ecological Systems. Trends in terrestrial and aquatic research*. Springer-Verlag, New York.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO PARA LOS HUMEDALES DE LA BAHÍA DE BLUEFIELDS, NICARAGUA: BÚSQUEDA DEL MANEJO SOSTENIBLE EN ÁREAS MARINO-COSTERAS, NICARAGUA

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A HANDLING IN A BLUEFIELDS BAY COASTAL/MARINE
WETLAND SYSTEM, NICARAGUA: SEARCH OF THE SUSTAINABLE MANAGEMENT.

Milton Saúl Castrillo López
miltoncastrillo@hotmail.com

RESUMEN

El sistema de humedales de la Bahía de Bluefields se ubica en la Costa Caribe nicaragüense, con una extensión de 1.000 km². Estudios de evaluación global de su situación indican que sus procesos ecológicos conectan y garantizan la permanencia de ciclos biológicos de muchas especies silvestres, algunas de las cuales sustentan procesos culturales y socioeconómicos de importantes grupos étnicos, entre ellos, el último remanente de la cultura indígena Rama. En la búsqueda de opciones de manejo sostenible del sistema, PROCODEFOR (Proyecto de Conservación y Desarrollo Forestal) desarrolló una estrategia de intervención contemplando tres niveles: 1. un proceso para lograr su declaración como sitio Ramsar; 2. el apoyo a la alcaldía de la ciudad de Bluefields para elaborar un plan de acción ambiental que norme el uso del sistema y 3; la elaboración de un plan piloto en un área del sistema (20% del total del área) con el fin de encontrar una metodología viable, que garantice acciones ejecutables por actores locales y que posteriormente pueda replicarse en el resto del sistema. En la actualidad se tiene como principales resultados,

las acciones 1 y 2 en proceso y un plan de manejo para el área de humedales de Mahogany, elaborado con la máxima participación de los actores claves en el área (pobladores, usuarios externos e instituciones con competencia legal en el área) y con pasos metodológicos que se consideran novedosos. Dicho plan está en proceso de legalización.

Palabras claves: zonas marino-costeras, humedales, planificación, participación, metodología. Nicaragua.

SUMMARY

The Bluefields Bay wetlands system, with an extension of 1.000 km², is located on the Caribbean Coast of Nicaragua. Overall evaluation studies of the wetlands situation indicate that its ecological process connect and secure the biological cycle of many wild species, some of which maintain the cultural and socioeconomic process of important ethnic groups, among these, the last remnant of the indigenous Rama culture. In search for a sustainable management of the system, Procodefor has developed an involvement strategy that contemplates three phases: 1) a process to inscribe the system as a Ramsar site, 2) the support

from the Major's office in Bluefields city to elaborate an environmental action plan to norm the use of the system, and 3) the elaboration of a pilot plan within the system area (20% of the total area), to find a practical methodology to assure the actions executed by local people, with the idea of later on applying the pilot plan to the rest of the system. Currently, the outstanding results are that phases one and two are in process, and there is a management plan for the Mahogany wetlands developed with the participation of the local people (community members, external users and institutions with legal competency in the area), and with methodologies that are considered innovative. The management plan is in the process of legalization.

Key works: coastal zones, wetlands, planning, participation, methodology, Nicaragua.

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Humedales de la Bahía de Bluefields está conformado por diversos ecosistemas desde salados, salobres a dulceacuícolas, distribuidos en el entorno de la Bahía, la que en realidad es una laguna costera, este tiene un área de un poco más de 1000 km². Las cuencas que drenan sobre el sistema son las del Río Escondido y la del río Kukra, teniendo ambas en conjunto un área total de 12,700 km² (Castrillo et al. 2000). Los aportes de aguas oceánicas se producen a través de dos bocas, el Bluff y Hone Sound. Las principales formaciones vegetales presentes son: las llanuras de inundación, los bosques pantanosos y los manglares, estas proveen áreas para reproducción, crianza y dispersión a fauna acuática y terrestre. En el área se asienta una población multiétnica (Creoles, Rama y mestizos principalmente). Los principales procesos naturales que se dan en el sistema sustentan pesquerías artesanales (peces, camarones, langostas, ostras, cangrejos, otros), que son la base económica y cultural de los grupos étnicos, especialmente del grupo Rama. La mayor parte del sistema se encuentra dentro del área reconocida como Reserva Natural Cerro Silva y está regenerando después de ser devastado por un huracán en 1988. En la actualidad, la zona tiene problemas con contaminación y los efectos del aumento poblacional, principalmente por incendios frecuentes y deforestación (Castrillo 1998). Estos han afectado de manera drástica sus funciones y atributos.

Descripción del proceso de intervención en el área

En el sistema de humedales de la Bahía de Bluefields se reconocen los problemas inherentes a la viabilidad de ejecución de planes de manejo, comunes en países del tercer mundo, por la poca capacidad estatal (presupuestaria, técnica, política) y local (capacidad técnica y económica principalmente), este problema se trató de abordar desde tres ángulos (Castrillo, 1997; 1998):

1. Garantizar la posibilidad de acceso a recursos financieros externos con la declaración del sistema como sitio Ramsar.

2. Creando, con un actor clave, las condiciones básicas de control del uso del área a través de la elaboración de un plan de acción ambiental regido por la municipalidad de la ciudad de Bluefields. Dicho plan entra dentro de la planificación estratégica de esta municipalidad.

3. La búsqueda de una metodología de planificación del uso y manejo del área que, a diferencia de otras experiencias llevara dentro de sí la posibilidad de permanecer en el tiempo sin mayor apoyo externo.

Los dos primeros pasos intentan crear el marco legal y normativo que facilita la ejecución de acciones en el territorio y el acceso a recursos financieros. Se consideró como la fase más crítica en el proceso, el encontrar una procedimiento para elaboración de planes de manejo que garantizara la participación real de los diferentes actores locales, sus conocimientos, competencias e intereses; conjugando estos con los requerimientos científicos de calidad y profundidad de los datos requeridos para la ejecución de acciones de manejo.

Elaboración de un plan piloto: los trabajos iniciales incluyeron la realización de una serie de sondeos para tener un primer acercamiento a la realidad del territorio, ya que la información secundaria existente no servía, dado el cambio drástico que toda la zona experimentó debido al paso de huracán Juana en 1988.

Se identificó una parte del sistema de humedales de la Bahía de Bluefields que podía ser considerada una unidad en sí por sus características físicas (se ubican en el sector más alejado del mar y presentan procesos naturales que permiten diferenciarla del resto del sistema), estos fueron los humedales asociados a los ríos Mahogany y Caño Negro (Castrillo, 1997).

Principios considerados en el proceso

Participación: Se consideró, desde un inicio, que la participación de los usuarios y dueños de los recursos, era un factor primordial, para mantener en el tiempo las acciones de manejo. Los procesos a implementarse debían ser conocidos por los usuarios de los recursos del humedal, y en todos ellos debían ser partícipes.

La información técnica debía ser presentada y discutida con la población usuaria de los recursos, así como las instituciones con presencia y autoridad en la zona. De manera que los productos de los diferentes trabajos a implementarse, fueran el resultado de la suma de los procesos técnicos, más el conocimiento empírico de los que históricamente han usado el recurso.

La información técnica como soporte de equivalencia entre los actores: Se considera que la participación es óptima cuando cada uno de los actores cuenta con el mismo nivel de información “comprendida”, sobre cualquier tópico de discusión. En este sentido, siempre orientados a garantizar niveles equivalentes de participación entre los actores, se consideró la producción de información técnica sobre los recursos, su posterior traducción a lenguaje llano y la entrega a cada uno de los actores.

La consideración de toda población usuaria en la toma de decisiones sobre el área: La realidad de la zona indica que sobre los recursos de los humedales de Mahogany/Caño Negro, existen dos grupos que ejercen presión y se deben considerar como usuarios (agentes externos y los pobladores asentados en las áreas).

Desarrollo y ejecución de un plan sobre la marcha: Se propuso, el desarrollo paulatino del proceso para la elaboración de un plan de manejo, este consideró: En primer lugar, la participación de las comunidades en la planificación de sus territorios y en la administración de las medidas que se implementarían. En segundo lugar, el respeto a los tiempos normales de acción de los usuarios, por sobre los tiempos de los técnicos que acompañan el proceso. En tercer lugar, la ejecución de acciones de manejo identificadas como urgentes y acordadas con los actores clave, utilizando como insumos, los elementos que aportan los estudios técnicos básicos. Desde este concepto el plan de manejo se elabora y se ejecuta sobre la marcha.

Esta concepción de elaboración de planes de manejo, retarda la elaboración y presentación de un documento, pero acelera la ejecución de las acciones del plan, asegurando altos niveles de participación local por los compromisos adquiridos en el proceso por los diferentes actores.

Fases de Ejecución: Primera fase: recopilación de información básica sobre la situación de elementos claves de los ecosistemas y de los niveles de presión humana sobre estos. Segunda fase: Comparación de información y conocimiento local con la información técnica. Tercera fase: Elaboración de una propuesta de plan transitorio, en conjunto con la comunidad y las instituciones. Toma de decisiones perentorias de manejo del área. Cuarta fase: Identificación de áreas críticas. Quinta fase: Elaboración de una propuesta de pre-plan (Castrillo, 1998 y 2000).

Inicio de discusiones entre usuarios y autoridades con competencia en el área. Elaboración técnica de una propuesta de pre-zonificación. En este momento es indispensable la presencia de las diversas autoridades e instituciones clave para proseguir el desarrollo del proceso. Esta etapa posibilita la toma de compromisos por las autoridades con competencia en el área y la llegada a consenso con las diversas representaciones de organizaciones locales. Sexta fase: Elaboración de una propuesta final de documento. Seguimiento de los procesos legales del país para la presentación y aprobación legal de un plan de manejo de un área protegida. **Resultados:** En la actualidad se tienen como principales resultados, los siguientes.

1. Acciones de manejo aplicándose en el área, sobre la marcha del proceso de elaboración del plan de manejo.
2. Resolución municipal apoyando las acciones de manejo decididas por los usuarios del área.
3. Delimitación y zonificación del área.
4. Grupo de guardaparques comunitarios (sin devengar salarios) conformados y operando con el reconocimiento legal de las autoridades.
5. Establecidas alianzas Inter-comunales, ejecutando acciones para el desarrollo de sus territorios.
6. Alcaldías con competencia en el área coordinadas para la presentación de plan de manejo.
7. Una propuesta de normativa municipal declarando la zona como “Parque Ecológico

Municipal” mientras el plan es aprobado por los niveles nacionales y es reconocida una categoría más idónea.

8. Documento de plan de manejo presentado por un grupo de actores claves y en proceso de aprobación legal en el ámbito nacional.

9. Ficha Ramsar de la bahía elaborada y siendo presentada por el gobierno de Nicaragua ante la convención en Ginebra.

10. Plan de acción Municipal de la Alcaldía de Bluefields en proceso de aprobación.

En general se considera que por el nivel y calidad de la participación garantizada por el método comentado, éste puede ser utilizado como modelo para ser reproducido en el resto del sistema de humedales de la Bahía de Bluefields y, quizás en sistemas análogos.

BIBLIOGRAFÍA

- Castrillo, M. 1997. Metodología de Evaluaciones Globales de Ecosistemas en el Area de Cerro Silva. PROCODEFOR. Bluefields, Nicaragua.

- Castrillo, M. 1998. Propuesta de Elaboración de un Plan de Manejo para los Humedales de Mahogany/ Caño Negro. PROCODEFOR. Bluefields Nicaragua.

- Castrillo, M. 2000. Plan de Manejo de los Humedales de Mahogany: primera propuesta de zonificación. Revista Trimestral Humedales de la RAAS, Año 2, No. 3. PROCODEFOR. Bluefields, RAAS, Nicaragua.

- Castrillo, M.; Z. Ramos y J. Karremans. 2000. Ficha Técnica Ramsar, del Sistema de Humedales de la Bahía de Bluefields, PROCODEFOR Bluefields Nicaragua.

¿SON LAS PLANICIES FLUVIALES DE LA CUENCA DEL PLATA, CORREDORES DE BIODIVERSIDAD? LOS VERTEBRADOS AMNIOTAS COMO EJEMPLO

ARE THE FLOOD PLAIN RIVERS OF THE PLATA BASIN BIODIVERSITY CORRIDORS?
THE AMNIOTA VERTEBRATES AS EXAMPLE

Alejandro Raúl Giraudo
Investigador del CONICET
alegiraudo@arnet.com.ar

Vanesa Arzamendia
Becaria del CONICET. Instituto Nacional de Limnología (CONICET-UNL),
José Macía 1933, (3016) Santo Tomé, Santa Fé, Argentina

RESUMEN

Se analizó la función de los ríos de la cuenca del Plata como corredores de biodiversidad, estudiándose las especies de vertebrados amniotas tropicales y subtropicales que aumentan su distribución meridional a lo largo de estos ríos. Se comparó la hipótesis sobre la función diferencial del eje Paraguay-Paraná y de los ríos Uruguay y Alto Paraná que funcionarían como corredores para especies Amazónicas o Atlánticas respectivamente. Se analizaron los patrones de distribución de las especies mediante 208 campañas a lo largo de los principales ríos de la cuenca en Argentina, y algunos sectores de Paraguay, el Pantanal y sudeste del Brasil y este de Bolivia. Se cuantificó la distancia que avanzan las especies a lo largo de los ríos desde los bordes de su distribución general, establecida mediante datos propios y la literatura. Un total de 176 taxones aumentan su distribución entre 100 y 1800 km ($\bar{x} = 483 \pm 277$ km) por los ríos de la cuenca. La mayoría de ellos tiene una distribución tropical amplia (77), Atlántica (53), Pantanal-Chaco (16), Amazónica (4) y Sudamazónica-Sudamérica Central (4). El 75% de las Atlánticas alcanzan latitudes

mayores a lo largo del río Uruguay y Alto Paraná faltando en el Paraná Medio. Un 88% de los tres últimos patrones de distribución mencionados, alcanzan latitudes más meridionales por el eje Paraguay-Paraná, y están ausentes en el Alto Paraná y el Uruguay. Estos patrones son discutidos desde una perspectiva ecológica, geográfica e histórica. Varias de las poblaciones meridionales que se registran a lo largo de estos ríos se han diferenciado morfológicamente respecto a las poblaciones fuente y han sido descritas como subespecies o especies nuevas, mostrando la importancia de este proceso en la evolución y diversificación de las biotas regionales y neotropicales. A pesar de ello las selvas en galería de estos ríos han sido poco consideradas en políticas de conservación globales y regionales, presentando serias deficiencias de áreas protegidas y un incremento en las tasas de fragmentación y deforestación.

Palabras claves: biodiversidad, vertebrados, ríos, corredores, patrones de distribución, conservación.

SUMMARY

We analyzed the function as biodiversity corridors of the Plata basin rivers, surveying tropical and

subtropical amniotas vertebrates that increase their southern distributions throughout these rivers. We compared the hypothesis about differential function between the Paraguay-Paraná axis and the Uruguay and Alto Paraná rivers, that may be corridors for Amazonian and Atlantic taxa respectively. We analyzed taxa distribution patterns by mean of 208 field sampling throughout main rivers of the basin in Argentina, and some areas in Paraguay, Pantanal and southeast of Brazil and east of Bolivia. We quantified the distance that advance the taxa throughout the rivers from their general distribution border, established by mean of own data and literature. A total of 176 taxa increase their distribution between 100 and 1,800 km ($\bar{x} = 483 \pm 277$ km) by the basin rivers. Majority of their have a wide tropical (77), Atlantic (53), Pantanal-Chaco (16), Amazonic (4) and Sudamazonic-Central South America (4) distribution patterns. A 75% of the Atlantic species reach higher latitudes throughout Uruguay and Alto Paraná rivers lacking in the Middle Paraná river. A 88% of the last three mentioned patterns reach higher latitudes throughout Paraguay-Paraná axis lacking in the Alto Paraná and Uruguay rivers. These patterns are discussed from an ecological, geographic and historical perspective. Several southern populations that are recorded throughout these rivers have differenced respect to the populations source and their have been described as new species or subspecieses, showing the importance of this process in the evolution and diversification of the regional and neotropical biota. Despite of this, the gallery forest of these rivers have been poorly considered in conservation policies, showing serious deficiencies on protected areas and an increment in its fragmentation and deforestation rate.

Key words: biodiversity, vertebrates, rivers, corridors, distributional patterns, conservation.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Plata es el segundo mayor sistema fluvial de Sudamérica, formado por tres grandes ríos colectores, el Paraná, el Paraguay y el Uruguay que se desplazan predominantemente en sentido norte-sur desde latitudes intertropicales (15° 30' S el Paraná) hasta latitudes templadas (37° S) (Bonetto, 1986; Soldano, 1947). Esto determina que estos ríos funcionen como activos corredores de biodiversidad

siendo vías efectivas para la migración activa o pasiva de fauna y flora de linajes tropicales (Giraudó y Scrocchi, 2000; José de Paggi, 1990; Menalled y Adámoli, 1995; Neiff, 2001). Esto genera la coexistencia de flora y fauna de diferentes orígenes biogeográficos lo que convierte a la cuenca en unas de las regiones con mayor biodiversidad regional y global (Arzamendia y Giraudó, 2002; Cabrera, 1976; Giraudó, 2001; Rabinovich y Rapoport 1975).

Se ha postulado que la presencia de formaciones florísticas tropicales o subtropicales en regiones templadas del delta del Paraná se debe al efecto climático compensatorio de los grandes ríos y su rol como corredor de especies e incluso se han postulado diferencias faunísticas y florísticas entre los ríos Paraná y Uruguay, e incluso entre distintos tramos del río Paraná, presentaron diferencias en la composición de especies (Bonetto y Drago, 1968; Giraudó, 2001; Menalled y Adámoli, 1995).

En estos momentos en que se plantean numerosas obras sobre estos ríos resulta fundamental conocer el rol que cumplen como corredores hacia latitudes meridionales. Las represas impiden el flujo de camalotales y embalsados aguas abajo, siendo estas islas flotantes un medio de dispersión muy importante para la fauna. Por ejemplo, Achaval et al. (1979) registraron varios cientos de serpientes y anfibios arrastrados por camalotales hasta el río De La Plata y varias de las especies nunca habían sido registradas en Uruguay. Además, los bosques fluviales y en galería y otros hábitat naturales son eliminados y fragmentados, por las crecientes actividades del hombre.

En este aporte se analiza la función de los grandes ríos de la cuenca del Plata como corredores para los reptiles, aves y grandes mamíferos, focalizando en aquellas especies tropicales y subtropicales que aumentan su distribución hacia el sur a lo largo de estos ríos. Además, se analiza la hipótesis sobre la función diferencial del eje Paraguay-Paraná respecto al Uruguay-Alto Paraná que actuarían como corredores para especies Amazónicas o de la Mata Atlántica-Serra Geral (Atlánticas) respectivamente (Giraudó, 2001). Adicionalmente, se analizan las implicancias de estos patrones en estrategias de conservación.

MÉTODOS

Area de estudio

La cuenca del Plata con 3.100.000 km² se extiende desde el centro, sur y sudeste de Brasil, parte de Bolivia, abarcando todo el Paraguay y el norte y centro-este de Argentina. Presenta cuatro grandes ríos colectores el Paraná, el Paraguay, el Uruguay y el río de La Plata (Fig. 1). El río Paraná, con 4000 km, es el segundo más largo de Sudamérica y sus nacientes se encuentran en la Serra dos Pereneos (15° 30' S) en Brasil y desemboca (34° 16' S) en el río de La Plata (Bonetto, 1986). Fue zonificado en la Argentina (Fig.1) en relación con sus características geomorfológicas e hidrológicas en los siguientes tramos (Bonetto, 1986; Menalled y Adámoli, 1995; Soldano, 1947): Alto Paraná: desde la confluencia del Paraná e Iguazú, hasta el área de Santa Ana-Posadas, constituyendo un río con un cauce estrecho que recorre el cañón del Guairá, una falla abierta en la masa basáltica que conforman el límite de la formación de la Serra Geral. Paraná Superior: al oeste de Posadas hasta la confluencia con el Paraguay en Paso de la Patria (Corrientes), conformando allí un río de llanura con una importante cantidad de islas. Paraná Medio: desde Paso de la Patria hasta la ciudad de Diamante (Entre Ríos), donde el cauce va ensanchándose aguas abajo y presenta numerosas islas y un amplio valle de inundación. Delta superior: desde Diamante hasta aproximadamente Puerto Ibicuy (Entre Ríos). Delta inferior desde Puerto Ibicuy hasta el río De La Plata superior.

El río Paraguay nace a los 14° 20' S sur en la meseta Campos dos Parecys, Mato Grosso central (Brasil), donde se reúnen las cabeceras de las dos grandes hoyas del Plata y del Amazonas. En la estación de grandes y prolongadas lluvias, las aguas se confunden, estableciéndose una comunicación hidrográfica entre ambas cuencas (Soldano, 1947). Su desembocadura en el Paraná ocurre en el límite de Argentina y Paraguay (27° 17' S).

El Río Uruguay nace en la Serra do Mar y Serra Geral en el sur de Brasil (28° 10' S), recorre 1838 km hasta encontrarse con el río Paraná en el estuario del río De La Plata (37° 08' S). Según sus características hidrológicas (Di Persia y Neiff, 1986; Soldano, 1947) puede diferenciarse tres tramos en Argentina: Alto Uruguay: desde los saltos de Moconá a Concordia,

con un cauce estrecho, profundo excavado en rocas basálticas. Uruguay Medio: entre Concordia y Concepción del Uruguay. Uruguay Inferior: entre Concepción y su desembocadura en Nueva Palmira (Uruguay) donde el río es más ancho (Soldano, 1947), con fondo de barro o arena (Fig. 1).

La existencia de un microclima sobre las riberas de los ríos y arroyos facilita la supervivencia de especies florísticas tropicales que descienden bordeando los dos grandes ríos Paraguay, Paraná y Uruguay. Las selvas en galería o fluviales van simplificando su estructura, a medida que aumenta la latitud. El límite austral de esta selva higrófila se ubica en Punta Lara, cerca de La Plata en Buenos Aires (Cabrera, 1976). Al norte de la provincia de Corrientes y Santa Fe estas selvas se confunden con los bosques de *Schinopsis balansae* de la región fitogeográfica del Chaco, donde se mezclan selvas higrófilas, bosques xerófilos, esteros, lagunas y palmares. En el centro de la provincia de Santa Fe y Entre Ríos, las selvas marginales limitan con el Espinal, área dominada por algarrobos (*Prosopis*) y aromos (*Acacia*). El sur de la provincia de Entre Ríos, Santa Fe y nordeste de Buenos Aires, las selvas hidrófilas contactan con pastizales de la región Pampeana.

Métodos

Los datos de distribución de las especies se basan en 208 campañas, desde 1989 hasta el 2003, en la cuenca del Plata, incluyendo todo el recorrido de los ríos Paraná, Uruguay y Paraguay y varios afluentes principales en Argentina y algunos sectores de Paraguay, el Pantanal y sudeste de Brasil y el este de Bolivia. Estas campañas incluyeron el recorrido de 16000 km a velocidades bajas por caminos costeros de día y de noche, método efectivo para detectar reptiles y grandes mamíferos (Campbell y Christman, 1982; Wilson et al., 1996); la navegación de 2000 km en canoas a remo para observar fauna; y la búsqueda activa mediante recorridos a pie en diferentes hábitat y refugios (Campbell y Christman, 1982).

Los datos fueron mas detallados en reptiles y aves. Se cuenta con un banco de datos de 8000 ejemplares de serpientes de la región y se revisaron exhaustivamente las colecciones de museos, además de contarse con el análisis crítico y detallado de la

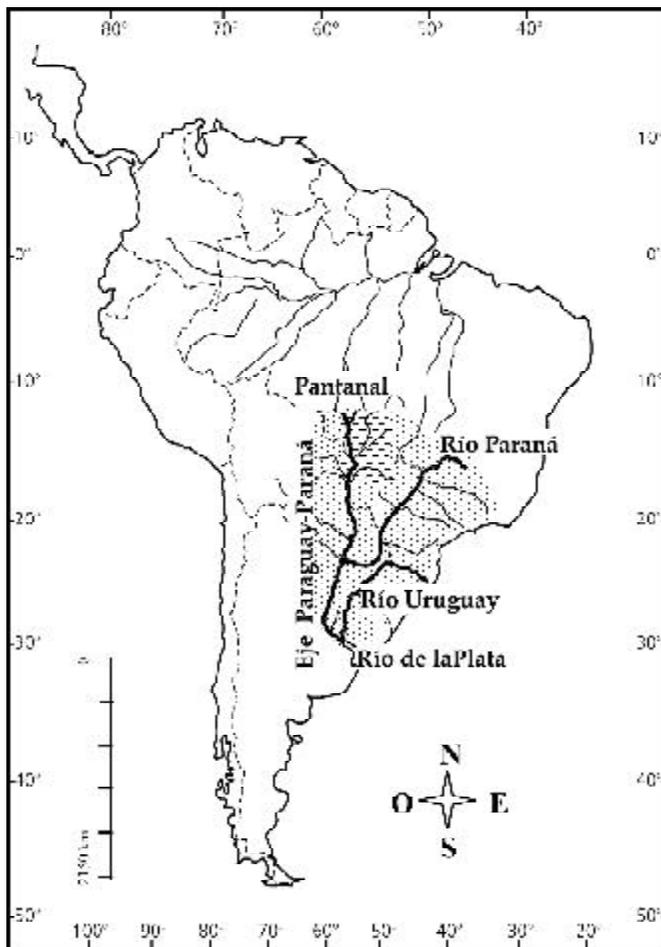


Figura 1. Principales ríos de la Cuenca del Plata en Sudamérica (izquierda). Ríos Paraná, Uruguay y Paraguay inferior, indicando los distintos tramos de Argentina (derecha).

literatura (ver Arzamendia y Giraudo, 2002; Giraudo, 2001; Giraudo y Scrocchi, 2002). En aves se posee más de 100000 registros. Sólo son analizados los grandes mamíferos de los cuales se obtuvieron registros visuales o se colectaron restos (pieles, huesos o animales muertos).

Se cuantificó la distancia que avanzan las especies a través de los ríos de la cuenca desde los bordes de su distribución general (e.g. Fig. 2 y 3), establecida con datos propios y de la literatura de síntesis (e.g. Cabrera, 1998; del Hoyo et al., 1992, 1994, 1996, 1997, 1999, 2001; Emmons, 1999; Giraudo y Scrocchi, 2002; Short, 1975; Stotz et al., 1996 y bibliografía citada en estos trabajos). En Argentina los mapas fueron realizados con datos propios y literatura específica regional (e.g. Achaval, 2001; Alvarez et al., 2002; Arzamendia y Giraudo, 2002; Dixon, 1989;

Giraudo, 2001; Massoia, 1976; Narosky y Di Giacomo, 1993; Parera, 2002; Redford y Eisenberg, 1992).

Criterios biogeográficos y hábitat: La distribución general de los taxones se indica mediante las principales divisiones y subdivisiones biogeográficas que ocupan. Se siguieron los criterios de Cabrera y Willink (1980) y Stotz et al. (1996), con algunos cambios, para establecer los siguientes patrones de distribución: Tropical Amplia: especies de amplia distribución Neotropical que ocupan varias regiones biogeográficas alcanzando generalmente el norte de Sudamérica, a veces América Central e incluso el sur de América del Norte. Amazónica: ocupan principalmente selvas y ríos de toda la cuenca del Amazonas. Sudamazónica: ocupan las selvas y ríos ubicados al sur del río Amazonas. Sudamérica Central: Incluye la Caatinga (NE de Brasil), el Cerrado, el Pantanal y el Chaco

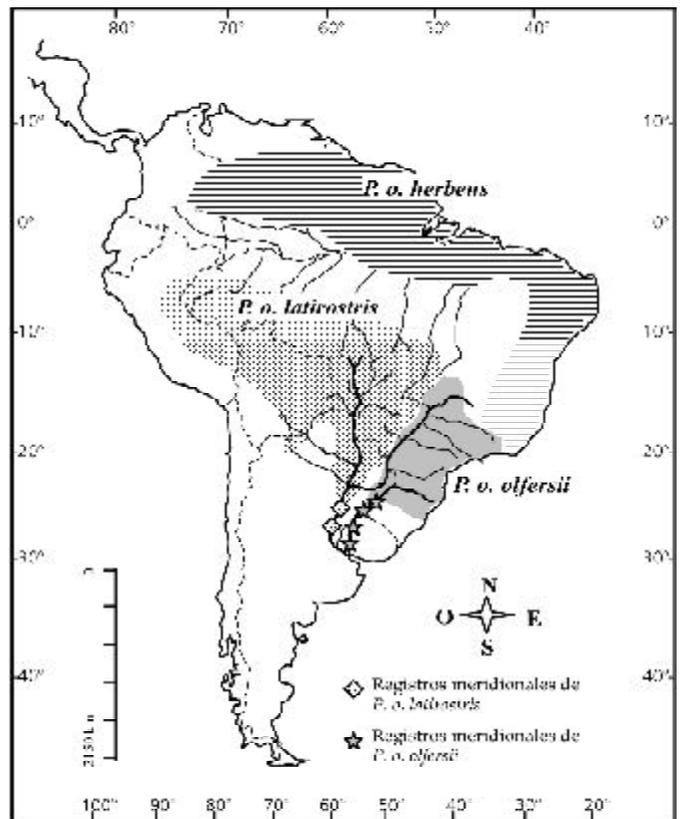
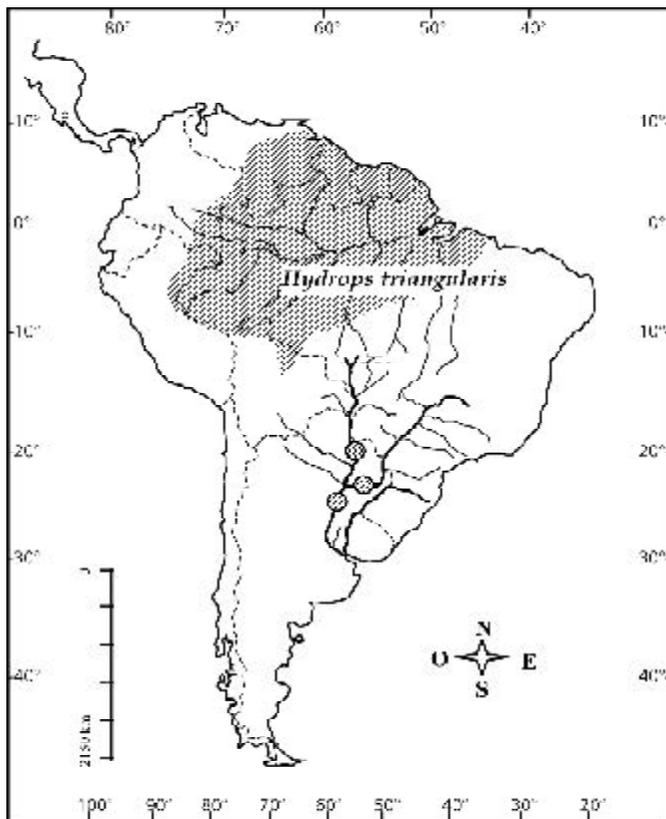
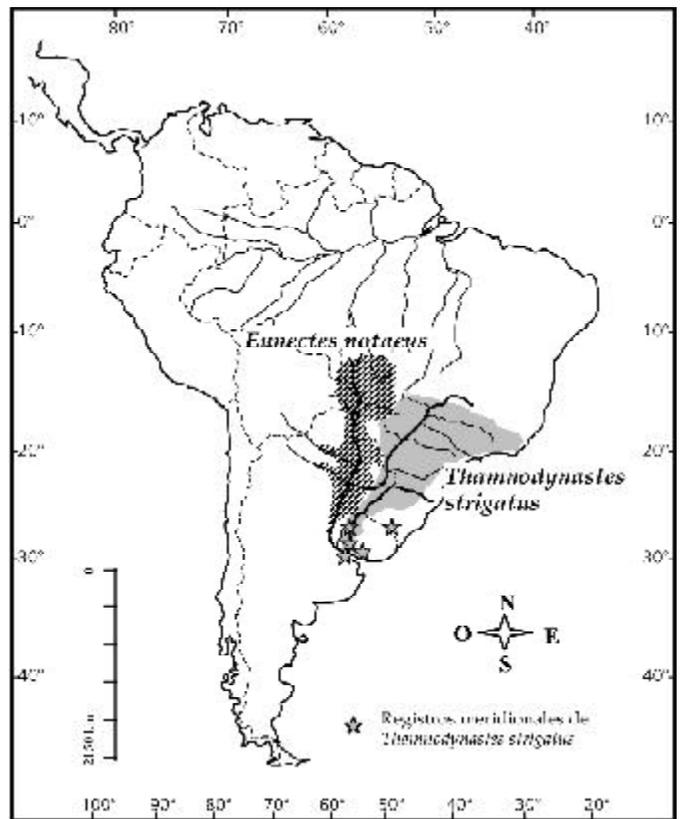
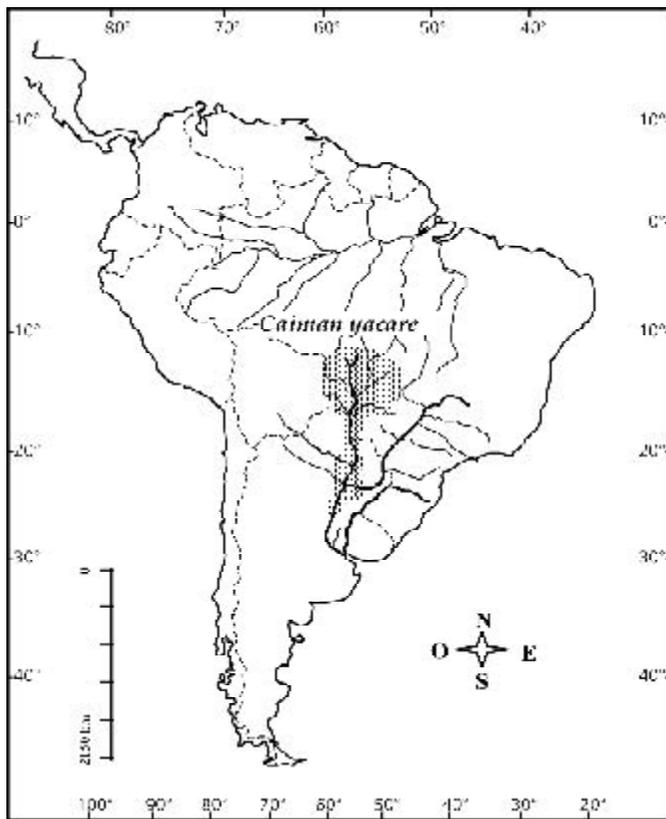


Figura 2. Distribución geográfica de *Caiman yacare* (arriba izquierda); *Eunectes notaeus* y *Thamnodynastes strigatus* (arriba derecha); *Hydrops triangularis* (abajo izquierda); *Philodryas offersii* (abajo derecha).

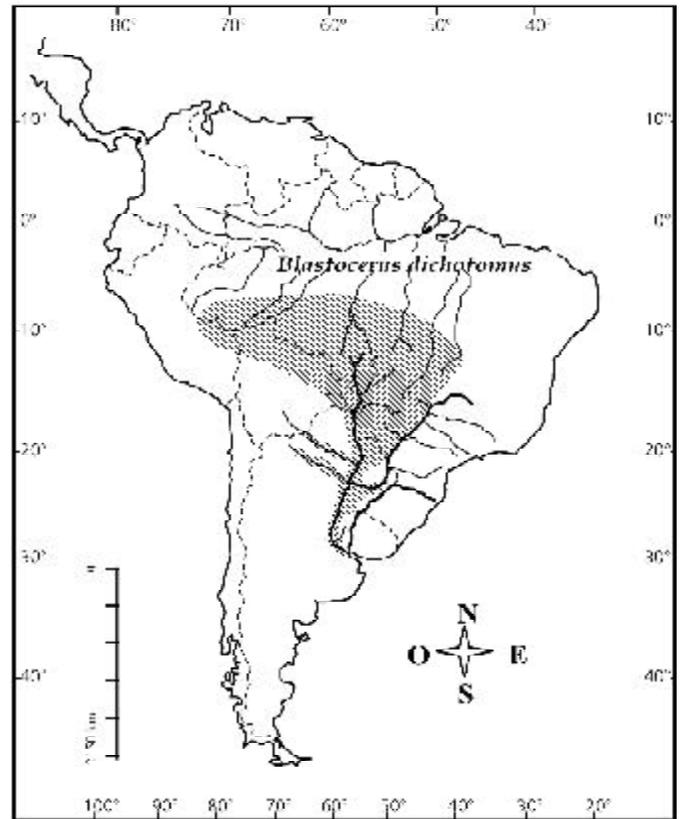
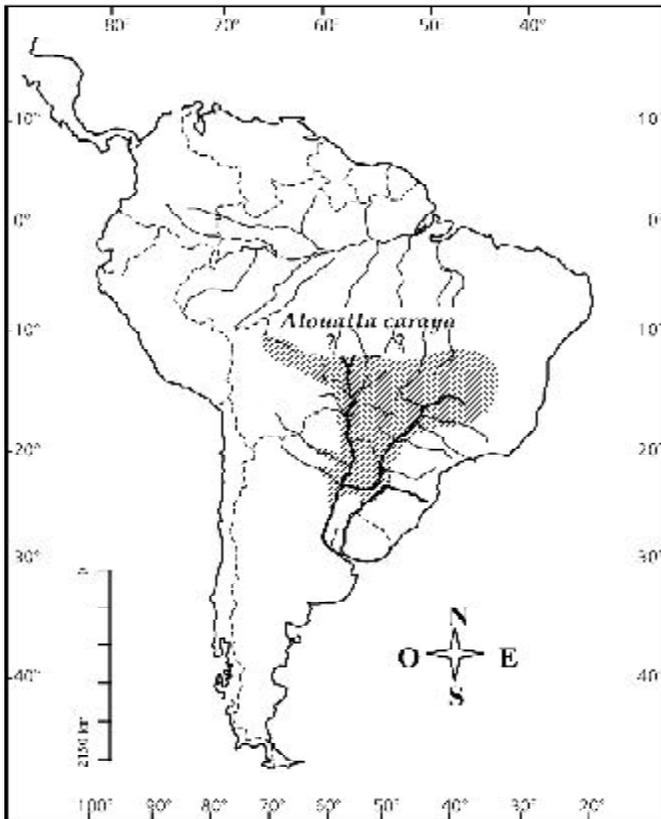
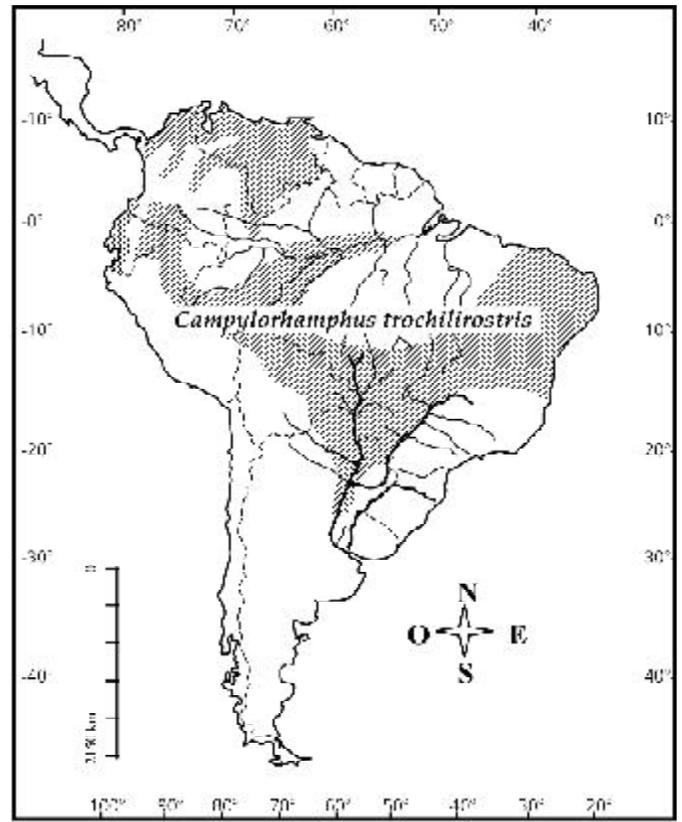
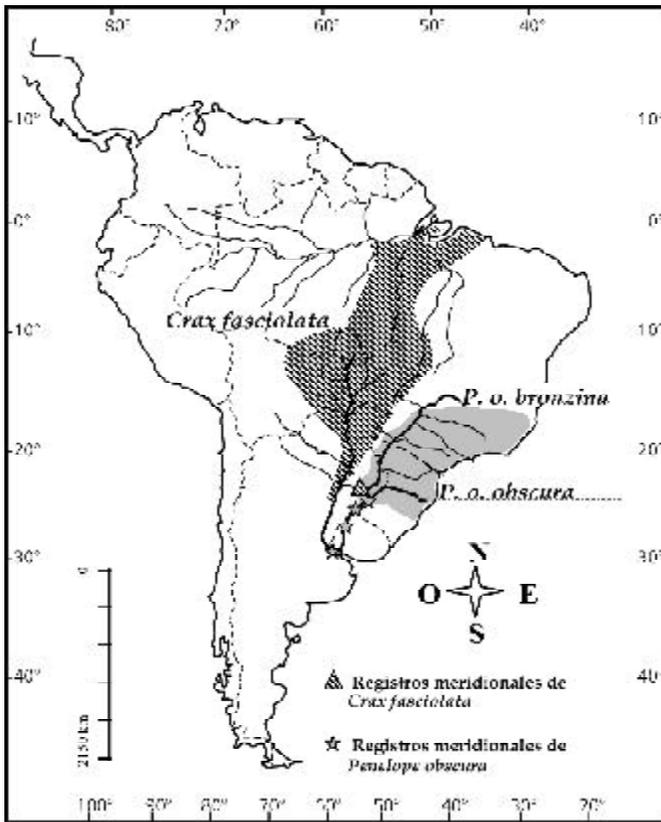


Figura 3. Distribución geográfica de *Penelope obscura* y *Crax fasciolata* (arriba izquierda); *Campylorhamphus trochillostris* (arriba derecha); *Alouatta caraya* (abajo izquierda); *Blastocercus dichotomus* (abajo derecha).

biogeográfico (diagonal árida de Sudamérica), constituidos por ambientes abiertos (sabanas) y bosques xerófilos y semixerófilos, además de diversos humedales y palmares, entre otros hábitat.

Algunas especies habitan en toda la formación, mientras que otras en algunas de sus subdivisiones (e.g. Caatingas y el Chaco o en el Cerrado y el Chaco solamente), aunque fueron indicadas dentro de este patrón general. Atlántica: incluye las selvas y ríos del sudeste de Brasil, este de Bolivia, este de Paraguay y nordeste de Argentina, comprendiendo la Provincia Atlántica y Paranaense de Cabrera y Willink (1980); se indica Sur, para algunos taxones que ocupan sólo el sector meridional de esta eco-región.

Cerrado: eco-región del Brasil central y límites de Paraguay y Bolivia compleja y caracterizada por áreas abiertas (sabanas), palmares y bosques semixerófilos, además de selvas en galería por ríos y arroyos. Chaco: llanura que ocupa desde el sur de Bolivia a través del oeste del Paraguay hasta el centro de Argentina, caracterizada por la presencia de bosques xerófilos y semixerófilos de *Schinopsis*, sabanas, palmares y diversos humedales. Se divide en Chaco Húmedo al este por tener mayor cantidad de precipitaciones y humedales, y Chaco Seco al oeste dominado por bosques xerófilos. Pantanal: se ubica en las nacientes del río Paraguay entre el límite de Bolivia, Brasil y Paraguay (Fig. 1) constituido por un macrosistema complejo de humedales, selvas en galería y en isletas, palmares, sabanas inundables y bosques con influencia del Cerrado, el Chaco, la Amazonia y la región Atlántica. Andes Centrales: Región de montañas y valles asociados desde el valle del Marañón en Perú hasta Tucumán y Catamarca en Argentina, sus principales hábitat son las selvas y bosques montanos. En general, se indican las principales regiones biogeográficas donde se distribuyen los taxones, aunque en algunos casos pueden ocupar marginalmente otras regiones no mencionadas en este aporte. Por ejemplo es frecuente que especies de la selva Atlántica penetren al Cerrado por las selvas en galería y viceversa.

Los hábitat propios de los taxones analizados son considerados a nivel general: Bosques (Bo): formación dominada por árboles distribuidos en varios estratos, los principales tipos de bosques son selvas, selvas en

galería, bosques fluviales y bosques semixerófilos y xerófilos. Acuáticos (Ac): hábitat utilizados por especies de vertebrados de vida anfibia (e.g. *Caiman*, *Cairina*, *Lontra*), que incluyen los principales cuerpos de agua lóticos o lénticos de la región. Palustre (Pa): incluye los hábitat en donde predominan pajonales, pastizales, juncuales y totorales higrófilos como los esteros, bañados y bordes de lagunas. Sabanas (Sa): hábitat abiertos dominados por pastizales y pajonales, generalmente no inundables, pueden tener árboles, palmeras y arbustos aunque no dominan el paisaje. Matorrales (Ma): formación dominada por arbustos. Fosoriales (Fo): especies que viven principalmente bajo tierra en cavidades cavadas o preexistentes (e.g. algunas familias de reptiles: *Amphisbaena*, *Anomalepididae*, *Elapidae*). Generalistas (Ge): especies que habitan indistintamente en tres o más hábitat, sin dependencia estricta con ninguno de ellos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 176 especies y subespecies de vertebrados amniotas, 48 reptiles, 107 aves y 21 mamíferos grandes (Tablas 1 y 2), se distribuyen hacia latitudes más meridionales a través de los ríos de la cuenca del Plata entre 100 y 1800 km ($\bar{x} = 483 \pm 277$ km). Debido a que no se incluyeron los roedores, marsupiales y murciélagos, grupos con la mayor cantidad de especies dentro de los mamíferos, este número es aún mayor como se puede observar en la distribución de Murciélagos (Barquez et al., 1983).

Los rangos y promedio de distancias para cada grupo fueron significativamente diferentes (Prueba de Kruskal-Wallis, $KW = 6.722$, $P = 0.035$), con promedio y rangos mayores para los reptiles ($n = 48$, rango 100-1800 km, $\bar{x} = 514 \pm 352$), que para las aves ($n = 107$, rango 200-1300 km, $\bar{x} = 491 \pm 235$), y menores para los mamíferos grandes ($n = 21$, 200-1200, $\bar{x} = 374 \pm 252$). Las diferencias fueron extremadamente significativas entre las aves y los mamíferos (Mann-Whitney, $U = 720$, $P = 0.0095$), y significativa entre los reptiles y los mamíferos (Mann-Whitney, $U = 347.5$, $P = 0.042$). No se observaron diferencias en las medianas de la distancia entre los reptiles y las aves (Mann-Whitney, $U = 2406.5$, $P = 0.533$). Esto tendría relación posiblemente con diferencias en la bioecología

Especies	Hábitat	Patrones de distribución	Aumento de distribución por los ríos	Especies	Hábitat	Patrones de distribución	Aumento de distribución por los ríos
REPTILES				REPTILES			
			km				km
<i>Hydromedusa tectifera</i>	Ac	AT(S)	250	<i>Liophis nubiarius semiaureus</i>	Ac	PA-CH-EPP	800
<i>Phrynops hilarii</i>	Ac	PA-CH-EPP	300	<i>Mastigodryas bifossatus</i>	Bo-Ac	TRA	200
<i>Phrynops williamsi</i>	Ac-Bo	AT(S)	400	<i>Oxyrhops guibei</i>	Bo	AT	330
<i>Batrachemys vanderhaegei</i>	Ac	PA-CH-EPP	400	<i>Philodryas maitogrossensis</i>	Bo	PA-CH-EPP	500
<i>Caiman latirostris</i>	Ac	AT-CH	200	<i>Philodryas olfersii latirostris</i>	Bo	SAM-SAC	400
<i>Caiman vacare</i>	Ac	PA-CH-EPP	200	<i>Philodryas o. olfersii</i>	Bo	AT	500
<i>Anisolepis undulatus</i>	Bo	AT(S)	430	<i>Pseudoeryx p. plicatus</i>	Ac	AM	950
<i>Anisolepis longicauda</i>	Pa	CHH	200	<i>Sibynomorphus turgidus</i>	Ge	PA-CH-EPP	500
<i>Ophiodes</i> sp. Nov.	Bo	AT	430	<i>Sibynomorphus ventrinaculatus</i>	Ge	AT	100
<i>Tropidurus torquatus</i>	Ru-Bo	SAC-AT	670	<i>Spilotes pullatus</i>	Bo	TRA	300
<i>Amphisbaena mertensi</i>	Fo-Bo	AT	300	<i>Thamnodynastes hypocoenia</i>	Ac	PA-CH-EPP	900
<i>Amphisbaena p. Prunicolor</i>	Fo	AT	200	<i>Thamnodynastes strigatus</i>	Ac	AT	750
<i>Liotophlops ternetzii</i>	Fo	SAM-SAC	450	<i>Bothrops mooieni</i>	Bo-Sa	CE	200
<i>Epicrates cenchria crassus</i>	Bo	AT	200	MAMIFEROS			
<i>Eunectes notaeus</i>	Ac	PA-CH-EPP	300	<i>Alouatta caraya</i>	Bo	PA-CH-EPP	300
<i>Micrurus altirostris</i>	Fo-Bo	AT	500	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Bo-Su	TRA	200
<i>Micrurus lemniscatus</i>	Fo	TRA	500	<i>Dasybus novemcinctus</i>	Bo-Sa	TRA	250
<i>Atractus reticulatus</i>	Fo	AT	680	<i>Cerdocyon thous</i>	Ge	TRA	400
<i>Atractus snethlageae</i>	Fo-Bo	AM	1800	<i>Procyon cancrivorus</i>	Ac-Bo-Sa	TRA	400
<i>Atractus taenatus</i>	Fo-Bo	AT	500	<i>Nasua nasua</i>	Bo	TRA	200
<i>Clelia quimi</i>	Bo	AT	880	<i>Eira barbara</i>		TRA	200
<i>Chironius bicarinatus</i>	Bo	AT	700	<i>Pteronura brasiliensis</i>	Ac	AM	500
<i>Dipsas indica bicephala</i>	Bo	A-P	220	<i>Lontra longicaudis</i>	Ac	TRA	500
<i>Erythrolamprus aesculapii venustissimus</i>	Bo	AT	280	<i>Leopardus pardalis</i>	Bo	TRA	600
<i>Helicops infrataeniatus</i>	Ac	AT	900	<i>Leopardus tigrinus</i>	Bo	TRA	500
<i>Helicops leopardinus</i>	Ac	PA-CH-EPP	500	<i>Leopardus wiedii</i>	Bo	TRA	200
<i>Hydrodynastes gigas</i>	Ac	PA-CH-EPP	580	<i>Tapirus terrestris</i> +	Bo	TRA	200
<i>Hydronis triangularis</i>	Ac	AM	1800	<i>Blastocercus dichotomus</i>	Pa	PA-CH-EPP	800
<i>Imantodes cenchoa</i>	Bo	TRA	900	<i>Mazama nana</i>	Bo	AT	200
<i>Leptophis albae hulla marginatus</i>	Bo-Sa	PA-CH-EPP	400	<i>Mazama americana</i>	Bo	TRA	200
<i>Liophis almadensis</i>	Sa	SAC-AT	330	<i>Sciurus aestuans</i>	Bo	AT	200
<i>Liophis dilepis</i>	Sa	SAC	600	<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>	Ac-Pa	TRA	1200
<i>Liophis flavifrenatus</i>	Sa	AT	420	<i>Dasyprocta azarae</i>	Bo	AT	300
<i>Liophis frenatus</i>	Ac-Bo	AT(S)	200	<i>Azouli naca</i>	Bo	TRA	300
<i>Liophis jaegeri coralliventris</i>	Ge	PA-CH-EPP	600	<i>Sphiggurus spinosus</i>	Bo	AT	200

Tabla 1. Reptiles y mamíferos grandes que aumentan su distribución meridional por los ríos de la cuenca del Plata. Referencias: Hábitat: Ac: Acuáticos, Bo: bosques, Fo: Fosoriales, Ge: Generalistas, Pa: Palustres, Ru: rupícola. Patrones de distribución: AM: Amazónica, ANC: Andes Centrales, AT: Atlántica, CE: Cerrado, CH: Chaco, CHH: Chaco Húmedo, EPP: Eje Paraguay-Paraná. PA: Pantanal, S: Sur, SAC: Sudamérica Central, SAM: Sudamazónica, TRA: Tropical Amplia. La taxonomía sigue a Ceí (1993), Giraudo y Scrocchi (2002) y Redford y Eisenberg (1992).

Especies	Hábitat	Patrones de distribución	Aumento de distribución por los ríos	Especies	Hábitat	Patrones de distribución	Aumento de distribución por los ríos
<i>Harpipyrus caeruleus</i>	Ac	PA-CH-EPP	950	<i>Syndactyla rufosuperciliata</i>	Bo	AT	700
<i>Jabiru mycteria</i>	Ac	TRA	600	<i>Lochnias nematura</i>	Ac-Bo	AT	500
<i>Cairina moschata</i>	Ac-Bo	TRA	900	<i>Hypodulcus guttatus</i>	Bo	AT	200
<i>Cathartes burrovianus</i>	Sa	TRA	200	<i>Ticamophilus ruficapillus</i>	Ma-Pa	AT	900
<i>Norcoramphus papa</i>	Bo	TRA	800	<i>Myiopagis caniceps</i>	Bo	TRA	200
<i>Accipiter bicolor</i>	Bo	TRA	350	<i>Myiopagis viridicata</i>	Bo	TRA	400
<i>Geranoospiza caeruleus</i>	Bo	TRA	600	<i>Elaenia spectabilis</i>	Sa	TRA	500
<i>Bateogallus arabilinga</i>	Bo-Sa	TRA	700	<i>Phylloscartes ventralis</i>	Bo	AT-ANC	800
<i>Herpetotheres cachinans</i>	Bo-Sa	TRA	300	<i>Todirostrum cinereum</i>	Bo	TRA	200
<i>Micraxther semitorquatus</i>	Bo	TRA	200	<i>Tolmomyias sulphureus</i>	Bo	TRA	300
<i>Penelope obscura obscura</i>	Bo-Sa	AT(S)	670	<i>Lathrotriccus eulori</i>	Bo	TRA	800
<i>Abarria javutlingu</i>	Bo	AT(S)	200	<i>Cnemidocoma fuscatus</i>	Bo	TRA	400
<i>Crax fasciolata</i>	Bo-Sa	SAM-SAC	550	<i>Knipolegus cyanirostris</i>	Bo	AT	700
<i>Lateralus exilis</i>	Pa	TRA	1000	<i>Flavicola albiventer</i>	Pa	TRA	500
<i>Aramides cajaneus</i>	Bo	TRA	600	<i>Arundinicola leucocephala</i>	Pa	TRA	400
<i>Aramides ypecaha</i>	Pa-Sa	SAC	550	<i>Myiarchus ferus</i>	Bo	TRA	900
<i>Porzana albicollis albicollis</i>	Pa	AT-PA-CH-EPP	600	<i>Megarhynchus pitangua</i>	Bo	TRA	400
<i>Porphyryula martinica</i>	Pa	TRA	400	<i>Pachyrhamphus viridis</i>	Bo	TRA	500
<i>Heliornis fulica</i>	Ac	TRA	200	<i>Pachyrhamphus polychropterus</i>	Bo	TRA	500
<i>Columba spectosa</i>	Bo-Sa	TRA	800	<i>Pachyrhamphus validus</i>	Bo	TRA	400
<i>Columba cayennensis</i>	Bo-Sa	TRA	300	<i>Manacus manacus</i>	Bo	TRA	300
<i>Columbina talpacoti</i>	Ge	TRA	800	<i>Pipra fuscescens</i>	Bo-Flu	SAM-SAC-AT	400
<i>Claravis pretiosa</i>	Bo	TRA	200	<i>Tachycineta albiventer</i>	Ac-Lo	TRA	600
<i>Areolaga aurea</i>	Bo-Sa	AM-SAC-AT	400	<i>Cyanocorax caeruleus</i>	Bo	AT	250
<i>Aratinga leucophthalmus</i>	Bo	TRA	350	<i>Cyanocorax cyanomelas</i>	Bo	SAM-SAC	300
<i>Phyrhura frontalis</i>	Bo	AT	370	<i>Cyanocorax chrysops</i>	Bo	SAM-SAC-AT	400
<i>Farpus crassirostris</i>	Bo	AM-SAC-AT	300	<i>Turdus leucomelas</i>	Bo	TRA	300
<i>Brotogeris chiriri</i>	Bo-Sa	SAC	300	<i>Turdus albicollis</i>	Bo	TRA	300
<i>Pionopsitta pileata</i>	Bo	AT	350	<i>Vireo olivaceus</i>	Bo	TRA	500
<i>Phonias macmillani</i>	Bo	SAC-AT	400	<i>Hytophilus poicilotis poicilotis</i>	Bo	AT	300
<i>Praya cayana</i>	Bo	TRA	600	<i>Basileuterus culicivorus</i>	Bo	TRA	600
<i>Dromococcyx phasianellus</i>	Bo	TRA	200	<i>Basileuterus leucoblepharus</i>	Bo	AT	600
<i>Dromococcyx pavoninus</i>	Bo	TRA	200	<i>Pipraeidea melanonota</i>	Bo	TRA	900
<i>Crotophaga major</i>	Bo-Flu	TRA	1500	<i>Tangara preciosa</i>	Bo	AT	900
<i>Asio clamator</i>	Bo	TRA	500	<i>Tangara rayana</i>	Bo	TRA	500
<i>Anthracoceros nigricollis</i>	Bo-Sa	TRA	700	<i>Stephanophorus diadematus</i>	Bo	AT	900
<i>Polytmus guatemalensis</i>	Pa-Sa	CE	900	<i>Tachyphonus coronatus</i>	Bo	AT	300
<i>Leucocochloris albicollis</i>	Bo-Sa	AT	1000	<i>Trichothraupis melanocephala</i>	Bo	A-P-CE-ANC	300
<i>Trogon surrucura</i>	Bo	AT	250	<i>Nemosia pileata</i>	Bo	TRA	400
<i>Pteroglossus castaneus</i>	Bo	AM-SAC-AT	200	<i>Hemithraupis guara</i>	Bo	TRA	300
<i>Baillonioides bailloni</i>	Bo	AT	200	<i>Tilytospiza sordida</i>	Bo	TRA	300
<i>Ramphastos toco</i>	Bo-Sa	TRA	250	<i>Cissopis leveriana major</i>	Bo	AT	200
<i>Picumnus cirratus</i>	Bo-Sa	CH	400	<i>Saltator coerulescens</i>	Bo-Sa	TRA	500
<i>Melanerpes candidus</i>	Bo-Sa	SAM-SAC-AT	350	<i>Saltator similis</i>	Bo	SAC-AT	500
<i>Ventilornis spilogaster</i>	Bo	AT	700	<i>Cyanoloxia glaucocerulea</i>	Bo-Sa	AT	500
<i>Picus aculeatus</i>	Bo	AT	200	<i>Arremon flavirostris</i>	Bo	SAC-AT	300
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Bo	TRA	500	<i>Sporophila leucoptera</i>	Pa	TRA	500
<i>Dendrocolaptes platyrostris</i>	Bo	AT	350	<i>Pooecetes lateralis</i>	Bo-Ma	AT	900
<i>Campylorhamphus trochilirostris</i>	Bo	TRA	450	<i>Scaphidura oryzivora</i>	Bo	TRA	400
<i>Synallaxis ruficapilla</i>	Bo	AT	200	<i>Psorocolinus decumanus</i>	Bo-Sa	TRA	500
<i>Synallaxis spizi</i>	Ge	AT	900	<i>Cacicus haemorrhous</i>	Bo	TRA	400
<i>Synallaxis cinerascens</i>	Bo	AT	500	<i>Cacicus cheysopterus</i>	Bo	SAC-AT-ANC	500
<i>Phacellodomus ruber</i>	Bo-Sa	PA-CH-EPP	350	<i>Cacicus solitarius</i>	Bo	TRA	800

Tabla 2: Aves que aumentan su distribución meridional por los ríos de la cuenca del Plata. Referencias: Hábitat: Ac: Acuáticos, Bo: bosques, Flu: Fluviales, Fo: Fosoriales, Ge: Generalistas, Pa: Palustres, Ru: Rupícola. Patrones de distribución: AM: Amazónica, ANC: Andes Centrales, AT: Atlántica, CE: Cerrado, CH: Chaco, CHH: Chaco Húmedo, EPP: Eje Paraguay-Paraná. PA: Pantanal, S: Sur, SAC: Sudamérica Central, SAM: Sudamazónica, TRA: Tropical Amplia. La taxonomía sigue a Stotz et al. (1996).

y capacidad de dispersión de estos grupos, siendo las aves las más favorecidas en este último aspecto por su capacidad de vuelo.

La menor distancia promedio a través de los ríos observada en los mamíferos podría deberse a un sesgo generado en la elección de los grandes mamíferos, ya que los roedores, marsupiales y murciélagos fueron excluidos de este análisis por la falta de información y muestreos propios.

La distribución de algunos grandes mamíferos se ha retraído debido a su desaparición de zonas ampliamente pobladas por la cacería y destrucción del hábitat, siendo la cuenca baja del Plata una de las áreas con mayor densidad poblacional incluso históricamente. No obstante, se consideró la distribución histórica para especies que han desaparecido regionalmente como *Pteronura brasiliensis* y *Tapirus terrestris*, aunque tales distribuciones podrían estar sesgadas.

Estructura de los patrones de distribución

Los principales patrones de distribución de las especies se indican en las Tablas 1 y 2. Setenta y siete taxones presentan una amplia distribución tropical, y estas especies en general alcanzan latitudes más meridionales a través de la mayoría de los principales ríos colectores de la cuenca.

Cincuenta y tres especies tienen una distribución Atlántica, y un 75% de ellas alcanzan latitudes mayores a través del río Uruguay, mientras que sólo se encuentran en el Alto Paraná o Paraná Superior y generalmente no se distribuyen en el eje Paraguay-Paraná, alcanzando el delta del Paraná a través del río Uruguay. Son ejemplos claros de este patrón *Penelope obscura obscura*, *Philodryas olfersii olfersii* y *Thamnodynastes strigatus* (Figs. 2 y 3), entre otras especies (Tablas 1 y 2). Dieciséis especies se distribuyen en el Pantanal y el Chaco (principalmente el Chaco húmedo, aunque algunas habitan en el Chaco seco), y al igual que las especies de distribución Amazónica (4) y Sudamazónicas-Sudamérica Central (4), un 88% de estos taxones alcanzan latitudes más meridionales a través del eje Paraguay-Paraná, y muchas de ellas están ausentes en el Alto Paraná y el río Uruguay.

Con este patrón se puede mencionar a *Caiman yacare*, *Eunectes notaeus*, *Hydrops triangularis*, *Philodryas olfersii latirostris*, *Crax fasciolata*, *Allouata caraya* y *Blastocerus dichotomus* (Figuras 2 y 3), entre otras (Tablas 1 y 2). Estos patrones pueden ser explicados desde una perspectiva ecológica, geográfica e histórica. Desde un punto de vista ecológico los bosques y ríos Amazónicos, al igual que el eje Paraná-Paraguay son ecosistemas con amplias llanuras de inundación y con mayor similitud entre sí que respecto al Alto Paraná y el Uruguay.

Estos dos últimos ríos que corren por formaciones serranas basálticas, con valles de inundación más estrechos, más correntosos y con aguas más claras, presentan una mayor similitud ecológica en cuanto a oferta de hábitat a los ríos de la Serra do Mar y la Serra Geral. Desde un punto de vista geográfico, por su ubicación la cabecera y afluentes superiores del río Paraguay se encuentra muy cercanos a las cabeceras de afluentes sureños del Amazonas, e incluso en épocas de grandes lluvias se establece una comunicación hidrográfica entre ambas cuencas (Soldano, 1947).

Los nacientes y principales afluentes de los ríos Paraná y Uruguay se ubican principalmente en la Serras do Mar y Geral, en la eco-región de la selva Atlántica. Se destaca que, a pesar que el Alto Paraná se conecta, a través del Paraná Superior con el eje Paraguay-Paraná medio, la mayoría de las especies Atlánticas-Paranaenses no habitan en el Paraná Medio, por lo que las conexiones geográficas de estos ríos no pueden explicar exclusivamente estos patrones. Desde una perspectiva histórica se debe destacar la hipótesis que postula que el Alto Paraná, luego de la última ingresión marina terciaria, se desplazó repetidas veces (Castellanos, 1965: 63-84). En un principio conectándose con el Alto Uruguay y desaguando al mar en la Laguna dos Patos (Brasil), mientras que el Río Paraguay y sus afluentes eran tributarios de la cuenca amazónica. Posteriormente el Alto Paraná cambió varias veces su curso hasta que tomó la cuenca de los esteros del Iberá (Argentina) y del Ñeembucú (Paraguay).

El río Paraguay habría dejado de ser afluente del Amazonas cuando se produce la falla tectónica Paraguay-Paraná (principios del Pleistoceno), y la falla del Uruguay Inferior captura el Uruguay Superior que cambia de rumbo hacia su situación actual. El Alto

Paraná comienza a desaguar en el eje Paraguay-Paraná por los esteros Carambola y río Corriente (Corrientes) para luego alcanzar el río Yabebiry (Paraguay) donde comenzó a tomar su cauce actual del Paraná Superior (Fig. 1) para desaguar en el eje Paraguay-Paraná a la altura de Paso de la Patria (Corrientes).

La función diferencial del eje Paraguay-Paraná, Alto Paraná y Uruguay como corredor para las especies, podría ser el resultado de la interacción compleja de los factores ecológicos, geográficos e históricos mencionados.

Una análisis de similitud usando el coeficiente de Jaccard para todas las serpientes (95 taxones), comparando los tramos de los ríos de la Fig. 1 mostró que el Alto Paraná y el Uruguay Superior forman un agrupamiento con mayor similitud entre sí que respecto a los demás tramos del Paraná y del Uruguay; mientras que el Paraguay Inferior, el Paraná Superior y el Paraná Medio se agrupan entre sí con mayor similitud faunística en relación con los demás tramos.

Especies y hábitat

Un 68% de las especies (125) habitan exclusiva o facultativamente en bosques, principalmente tropicales, subtropicales, en galería o fluviales, mientras que un 15%, 27 especies, son propias de hábitat acuáticos. Esto brinda un panorama de la importancia de los bosques en galería y fluviales para las fauna que utiliza los corredores ribereños. Porcentajes menores (5%) incluyen especies generalistas (3 o más hábitat), fosoriales (todos reptiles), de sabanas y una única especie rupícola, el lagarto *Tropidurus torquatus*, que también habita bordes de bosques.

Dispersión por los ríos y diferenciación

Se ha postulado que poblaciones de especies tropicales que se distribuyen a través de los ríos o selvas en galería hasta latitudes “extratropicales”, alejadas o marginales a los trópicos, contienen especies de linajes tropicales con variedades más resistentes a condiciones climáticas más extremas (Brown et al., 1993), lo que refuerza el valor genético de estas poblaciones. Existe una alta probabilidad de que las poblaciones de áreas marginales a los trópicos tengan diferencias genéticas respecto a las centrales debido a que permanecen parcial o totalmente aisladas durante

los cambios climáticos como los ocurridos en el Pleistoceno (Laurence et al., 1997).

Surge como pregunta clave: ¿las poblaciones meridionales que se registran en los ríos de la cuenca del Plata se han diferenciado respecto a las poblaciones centrales o «fuente»??. Estudios propios sobre las serpientes muestran que muchas especies se han diferenciado morfológicamente en diversos caracteres respecto a las poblaciones tropicales, lo que ha determinado que muchos de estos taxones luego de revisiones taxonómicas hayan sido descriptos como subespecies o especies diferentes.

Algunos ejemplos son: las poblaciones del eje Paraguay-Paraná y Uruguay inferior de *Liophis miliaris*, una especie de amplia distribución tropical, han sido descriptas como una subespecie diferente *Liophis m. semiaureus* (Dixon, 1983), y nuestros estudios indican que es una especie válida (Giraudó, 2001; Giraudó y Arzamendia, datos no publicados). Las poblaciones registradas en el río Paraguay, Paraná Medio y Superior de *Hydrops triangularis*, una especie conocida en la Amazonia (Fig. 2), presenta notables diferencias de coloración y otros caracteres respecto a las subespecies descriptas hasta el presente (Giraudó, 2001), y será propuesta como una nueva especie del género (Scrocchi y Giraudó, datos no publicados).

Otras serpientes como *Helicops infrataeniatus*, *Liophis jaegeri jaegeri*, *L. j. coralliventris*, *Philodryas olfersii olfersii*, *P. o. latirostris* presentan diferencias morfológicas entre poblaciones septentrionales y meridionales, o entre diferentes tramos de los ríos de la cuenca (Giraudó, 2001). El lagarto *Anisolepis undulatus*, presentan diferencias de coloración constantes entre las poblaciones de las selvas en galería del río Uruguay y del río de La Plata respecto a las del sur de Brasil, y en su historia taxonómica fueron tratadas como especies diferentes, aunque en la actualidad han sido propuetas como posibles subespecies, *A. u. bruchii* y *A. u. undulatus* respectivamente (Ceí, 1993).

Entre las aves existen numerosos ejemplos (del Hoyo et al., 1992, 1994, 1996, 1997, 1999, 2001; Ridgely y Tudor, 1989, 1994 y Short 1975) y se destaca que las poblaciones de *Penelope obscura* de la selva Atlántica presentan una subespecie norteña *P. o. bronzina* y otra meridional que se distribuye por Río

Grande do Sul y nordeste de Corrientes y a través del río Uruguay hasta el delta del Paraná, *P. o. obscura*. Entre los mamíferos se menciona a *Hydrochaeris hydrochaeris dabbenei* e *H. h. uruguayensis* (Massoia, 1976). La dispersión y posterior vicarianza de las poblaciones tropicales por estos grandes ríos puede haber sido un mecanismo importante de evolución y diversificación de las biotas regionales y neotropicales.

Los ríos como corredores de biodiversidad e implicancias para su conservación

Los grandes ríos de la cuenca del Plata han sido las primeras vías para la colonización española luego del descubrimiento de América, y numerosas ciudades han sido fundadas en sus riberas. La provisión de agua dulce y la facilidad de transporte de recursos naturales, manufacturas e insumos a través de estos ríos ha favorecido el crecimiento e instauración de centros urbanos. Esto sumado a las represas (por ejemplo, Yacyretá) y a actividades agrícolas y de extracción maderera, fue en detrimento de la conservación y continuidad de los bosques marginales y otros hábitats fluviales.

No obstante, los ciclos de crecientes y bajantes de estos grandes ríos han limitado las posibilidades asentamiento y desarrollo en los valles de inundación y sus humedales, y generalmente en el contexto regional, estos grandes ríos tienen aún importantes superficies de ecosistemas naturales y seminaturales, respecto a tierras productivas no inundables. Datos actualizados (Mateucci et al., en prensa) muestran que en el Pediplano del Alto Paraná de Argentina-Paraguay (330 km de río desde Iguazú-Ciudad del Este hasta Posadas-Encarnación) existen un 25% (343781 ha) de ecosistemas naturales y seminaturales; 69% (941543 ha) de tierras con usos agrícolas y 16% (82353 ha) de usos urbanos y periurbanos. En ambos países, la franja de la pediplanicie es predominantemente agrícola; 44% en Argentina y 65% en Paraguay, están convertidas a cultivos. Esto deja sólo 36 y 19% de los mosaicos cubiertos de ecosistemas naturales, respectivamente. Sin embargo, es un territorio diseñado por el hombre sobre una matriz de selvas, sabanas y humedales de las que todavía quedan fragmentos importantes (Mateucci et al., en prensa).

Es importante destacar aquí dos aspectos desarrollados en este aporte: 1- La mayoría de las especies tropicales que avanzan por los ríos son de bosques y/o selvas, siendo clave por lo tanto la conservación de la selva marginal y bosques fluviales con la mayor superficie y continuidad posible. 2- El Alto Paraná, el río Uruguay y el eje Paraguay-Paraná presentan diferencias importantes en cuanto a la fauna que los utiliza como corredores.

El río Uruguay y el Alto Paraná, han sido excluidos u olvidados en estrategias de conservación en Argentina (Giraud et al., 2003), aunque es un efectivo corredor para especies Atlánticas, a pesar de ello el estado de conservación de las selvas en galería del Uruguay y el Alto Paraná es bastante crítico y necesita de acciones urgentes como la instauración de áreas protegidas, legislación y control sobre la conservación de bosques protectores.

Es probable que muchas de las poblaciones de especies tropicales que alcanzan latitudes meridionales por estos ríos funcionen mediante un modelo fuente-sumidero, en donde las poblaciones meridionales son en parte mantenidas por la afluencia de individuos de las áreas “fuentes”. Sin dudas que el flujo de individuos puede estar siendo reducido por la deforestación y fragmentación de los bosques y por las represas que impiden el paso de los embalsados de camalotes que pueden transportar cientos de ejemplares de varias especies de fauna y flora (e, g. Achaval et al., 1979).

La mayoría de las estrategias y esfuerzos globales y nacionales de conservación están orientados a proteger las especies tropicales y sus bosques en áreas centrales de su distribución donde existen superficies importantes de hábitat naturales (por ejemplo en la Amazonia y en la Serra do Mar) y tradicionalmente se ha descuidado a los bosques marginales, periféricos, extratropicales, en galería y transicionales que generalmente tienen superficies menores (Giraud, 2001; Giraud et al., 2003).

En muchos casos las especies amenazadas de extinción, subsisten en la periferia de sus distribuciones (Lomolino y Channel, 1991), y no en el centro como sería esperable por presentar mayor densidad y menos variación (Brown, 1984). Entonces la periferia de la distribución puede representar refugios críticos de muchas especies en peligro.

Estos patrones de supervivencia podrían deberse a las fuerzas naturales de declinación y las características demográficas, ecológicas y genéticas de las poblaciones periféricas y otras poblaciones aisladas, por lo tanto, la presunción de que las poblaciones de hábitat pequeños, aislados o periféricos están destinadas a la extinción debería ser reevaluada (Lomolino y Channel, 1991).

Por estas razones los grandes ríos de la cuenca del Plata y sus ecosistemas fluviales deberían tener una mayor prioridad en estrategias de conservación y manejo sostenible de la biodiversidad en la región neotropical y en el ámbito de los países y las provincias implicadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, B.B.; R.H. Aguirre; J.A. Cespedez; A.B. Hernando y M.E. Tedesco. 2002. *Atlas de Anfibios y Reptiles de las provincias de Corrientes, Chaco y Formosa*. Eudene. Corrientes, Argentina. 156 p.
- Achaval, F. 2001. Actualización Sistemática y Mapas de Distribución de los Reptiles del Uruguay. *Smithsonian Herpetological Information Service* (129):1-37.
- Achaval, F.; J.G. González; D.M. Meneghel y A.R. Melgarejo. 1979. Lista comentada del material recogido en costas uruguayas, transportado por camalotes desde el Río Paraná. *Acta Zool. Lilloana*, 35 (1): 195-200.
- Arzamendia, V. y A. Giraud. 2002. Lista y distribución de los ofidios (Reptilia: Serpentes) de Santa Fe, Argentina. *Cuad. Herp.*, 16 (1):15-32.
- Barquez, R.M.; N.P. Giannini y M.A. Mares. 1993. *Guía de los murciélagos de Argentina*. Oklahoma Mus. Nat. Hist. Univ. Oklahoma. 119 p.
- Bonetto, A.A. 1986. The Paraná River system. Cap. 11. Pp. 541-555. En: B.R. Davis y K.F. Walker (eds.): *The Ecology of River Systems*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Bonetto, A.A. y E. Drago. 1968. Consideraciones faunística en torno a la delimitación de los tramos superiores del río Paraná. *Physis*, 27 (75): 427-444.
- Brown, J.H. 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *Am. Nat.*, 124: 255-279.
- Brown, A.D.; G.L. Placci y N.R. Grau. 1993. Ecología y diversidad de las Selvas Subtropicales de la Argentina. Cap. 14, Pp: 215-222. En: Goin F. y R. Goñi (eds.): *Elementos de Política Ambiental*. Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Bs. As., La Plata, Argentina.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Encicl. Arg. Agric. Jard.*, 2 (1): 1-85.
- Cabrera, A.L. y A. Willink. 1980. *Biogeografía de América Latina*. OEA, Ser. Biol., Monog. (13): 1-122.
- Cabrera, M.R. 1998. *Las Tortugas continentales de Sudamérica Austral*. Edición del autor, Córdoba, Argentina. 108 p.
- Campbell, H.W. y S.P. Cristman. 1982. Field techniques for herpetofaunal community analysis. Pp. 193-200. En: N.J. Jr. Scott, (ed): *Herpetological Communities*: U.S. Depart. Int. Fish Wild. Serv. Wild. Reserarch Report 13.
- Castellanos, A. 1965. Estudio fisiográfico de la provincia de Corrientes. 49. *Public. Inst. Fisiog. Geol. Rosario*. 222 p.
- Cej, J.M. 1993. *Reptiles del noroeste, nordeste y este de la Argentina*. *Herpetofauna de las Selvas subtropicales, Puna y Pampas*. Mus. Reg. Sc. Nat. Torino, Monogr. 14. 949 p.
- del Hoyo J.; A. Elliott y J. Sargatal (eds.). 1992. *Handbook of the Birds of the World. Ostrich to Ducks*. Vol. 1. Lynx, Barcelona. 696 p.
- del Hoyo J.; A. Elliott y J. Sargatal (eds.). 1994. *Handbook of the Birds of the World. New World Vultures to Guineafowl*. Vol. 2. Lynx, Barcelona. 638 p.
- del Hoyo J.; A. Elliott y J. Sargatal (eds.). 1996. *Handbook of the Birds of the World. Hoatzin to Auks*. Vol. 3. Lynx, Barcelona. 821 p.
- del Hoyo J.; A. Elliott y J. Sargatal (eds.). 1997. *Handbook of the Birds of the World. Sandgrouse to Cuckoos*. Vol. 4. Lynx, Barcelona. 679 p.
- del Hoyo J.; A. Elliott y J. Sargatal (eds.). 1999. *Handbook of the Birds of the World. Barn-owls to Hummingbirds*. Vol. 5. Lynx, Barcelona. 759 p.
- del Hoyo J.; A. Elliott y J. Sargatal (eds.). 2001. *Handbook of the Birds of the World. Mousebirds to Hornbills*. Vol. 6. Lynx, Barcelona. 589 p.
- Di Persia D.H. Y J.J. Neiff. 1986. The Uruguay system. Cap. 12. Pp. 541-555. En: B.R. Davis y K.F. Walker (eds.): *The ecology of River Systems*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

- Dixon, J.R. 1983. Taxonomic status of the South American snakes *Liophis miliaris*, *L. amazonicus*, *L. chrysostomus*, *L. mossoroensis* and *L. purpurans*. *Copeia*, (3): 791-802.
- Dixon, J.R.. 1989 A key and checklist to the Neotropical snake genus *Liophis* with country lists and maps. *Smithsonian Herpetological Information Service*, (79): 1-40.
- Emmons, L.H. 1999. *Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical*. F.A.N., Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 298 p.
- Giraudó, A.R. 2001. *La diversidad de serpientes de la Selva Paranaense y del Chaco Húmedo: Taxonomía, biogeografía y conservación*. Editorial Literature of Latin América, Buenos Aires, 309 p.
- Giraudó, A.R.; E. Krauczuk; V. Arzamendia y H. Povedano. 2003. Critical analysis of protected areas in the Atlantic Forest of Argentina. Cap. 21. Pp. 245-261. En: I.G. Câmara y C. Galindo-Leal (eds): *Atlantic Forest of the South America. Biodiversity status, threats, and outlook*. Island Press, Washington, Covelo and London.
- Giraudó, A.R. y G.J. Scrocchi. 2000. The genus *Atractus* (Serpentes: Colubridae) in north-eastern Argentina. *Herpetol. Journal*, 10 (3): 81-90.
- Giraudó, A.R. y G.J. Scrocchi. 2002. Argentinean Snakes: An Annotated Checklist. *Smithsonian Herpetological Information Service* (132):1-70.
- Jose De Paggi, S. 1990. Ecological and biogeographical remarks on the rotifer fauna of Argentina. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 23: 297-311.
- Laurence, W.F.; R.O.Jr. Bierregard; C. Gascon; R.K. Didham; A.P. Smith et al., 1997. Tropical forest fragmentation: Synthesis of a diverse and dynamic discipline. Cap. 32. Pp. 502-514. In: W.F. Laurence y O. Jr. Bierregard (eds.): *Tropical forest remnants. Ecology, management, and Conservation of fragmented communities*. The University Chicago Press, Chicago y London.
- Lomolino, M.V. y R. Channel. 1991. Splendid isolation: Patterns of geographic collapse in endangered mammals. *J. Mammalogy*, 76 (2): 335-347.
- Massoia, E. 1976. *Mammalia*. Fauna de Agua Dulce de la República Argentina. FECIC. Buenos Aires. 128 p.
- Matteucci, S.D.; J. Morello; A. Rodríguez y N. Mendoza. En prensa. *Mosaicos de paisaje y conservación regional: El Alto Paraná Encajonado Argentino-Paraguayo*. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires. 90 p.
- Menalled, F.D. y J.M. Adamoli. 1995. A quantitative phytogeographic analysis of species richness in forest communities of the Paraná River Delta, Argentina. *Vegetatio*, 120: 81-90.
- Narosky, T. y A.G. Di Giacomo. 1993. *Las aves de la provincia de Buenos Aires. Distribución y estatus*. Asoc. Ornit. Plata, Vazques Mazzini y Lola, Buenos Aires, 127 p.
- Neiff, J.J. 2001. Diversity in some tropical wetland systems of South América. En: Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation, Vol II. B.Gopal, W. Junk and J.Davis (Eds.). Pp. 157-186. Backhuys Publish., The Netherlands.
- Parera, A. 2002. *Los mamíferos de la Argentina y la región austral de Sudamérica*. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina. 454 p.
- Rabinovich, J.E. y E.H. Rapoport. 1975. Geographical variation of diversity in Argentina passerine birds. *J. Biogeography*, 2: 141-157.
- Redford, K.H. y J.F. Eisenberg. 1992. *Mammals of the neotropics. Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay*. Vol. 2. University of Chicago Press. 429 p.
- Ridgely, R.S. y G. Tudor. 1989. *The birds of south America. The oscine passerines*. Vol. 1. University of Texas Press, Austin.
- Ridgely, R.S. y G. Tudor. 1994. *The birds of south America. The suboscine passerines*. Vol. 2. University of Texas Press, Austin. 814 p.
- Short, L.L. 1975. A Zoogeographic analysis of the south American Chaco Avifauna. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 154 (3):163-352.
- Soldano, F.A. 1947. *Régimen y Aprovechamiento de la Red Fluvial Argentina. El Río Paraná y sus tributarios*. Vol. 1. Cimera. Buenos Aires. 277 p.
- Stotz, D.F.; J.W. Fitzpatrick; T.A. Parker III y D.F. Moskovits. 1996. *Neotropical birds. Ecology and conservation*. The University Chicago Press, Chicago and London. 478 p.
- Wilson, D.E.; F. Russell; J.D. Nichols; R. Rudran y M. Foster (eds). 1996. *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington. 409 p.

EL USO DEL OTOLITO SAGITTA COMO BIOINDICADOR DE LA CALIDAD DE AMBIENTES ACUÁTICOS COSTEROS

THE USE OF SAGITTA OTOLITH AS BIOINDICATORS OF THE COAST AQUATIC ENVIROMENT QUALITY

Alejandra Vanina Volpedo
Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, FVET,
Universidad de Buenos Aires, Av. Chorroaín 280, Ciudad de Buenos Aires (C1427CWO),
Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, FCEyN,
Universidad de Buenos Aires.

Alicia Fernández Cirelli
Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, FCEyN,
Universidad de Buenos Aires.
Coordinadora Internacional del Subprograma XVII, CYTED.

RESUMEN

La calidad del agua de los ambientes acuáticos es un factor fundamental para mantener la biodiversidad y riqueza específica. Los peces junto a otros organismos han sido utilizados como bioindicadores. En el oído interno de los peces óseos están los otolitos que son estructuras de carbonato de calcio relacionados con la función del equilibrio. En este trabajo se plantea el uso de los otolitos *sagittae* como bioindicadores de la calidad del ambiente a través del análisis de las sagittae de *Micropogonias furnieri* (*corvina rubia*) procedentes de dos áreas protegidas bonaerenses (Bahía Samborombón y San Blas). Estas zonas costeras se encuentran cercanas a grandes centros urbanos (Ciudad de Buenos Aires y Bahía Blanca) y presentan diferencias oceanográficas (temperatura, salinidad, sustratos).

Palabras clave: bioindicadores, otolitos, elementos traza, ambiente acuático.

SUMMARY

The water quality of an aquatic environment is a fundamental factor to maintain the biodiversity and

specific richness. Fish as well as other organisms have been used as bioindicators. Otoliths are found in the internal ear of fish; these calcareous structures are related to the equilibrium function. The aim of this paper is the use of sagittae otoliths as bioindicators of environmental quality, through the analysis of the sagittae of *Micropogonias furnieri* (*croaker drum*) from two protected Buenos Aires areas (Bahía Samborombón and San Blas). These coastal areas are near big urban centers (Buenos Aires and Bahía Blanca) and present oceanographic differences (temperature, salinity, substrate).

Key Words: bioindicators, otolith, trace elements, aquatic environment.

Las zonas costeras marinas cuya profundidad en marea no excede los seis metros, son consideradas por la Convención Ramsar como humedales, junto con los pantanos, marismas, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estacionadas o corrientes, dulces, salobres o saladas. Los ambientes acuáticos costeros bonaerenses son numerosos y extensos, van desde el Río de La Plata,

Bahía Samborombón (los cangrejales y Punta Rasa), el litoral marítimo (albúfera de Mar Chiquita, Cabo Corrientes), Bahía Blanca (rías), hasta Bahía Anegada (Isla Jabalí y San Blás) (Fig. 1). Muchos de estos ambientes son sitios relevantes en la conservación de especies (Canevari et al. 1998), además de ser linderos a importantes centros urbanos.

El uso de organismos indicadores de la calidad ambiental ha sido propuesto desde la década del 70, y desde los años 90 se ha implementado su utilización en diferentes ambientes. Los compuestos orgánicos e inorgánicos pueden concentrarse en los organismos acuáticos que habitan en los ambientes degradados (Ravera 2001).

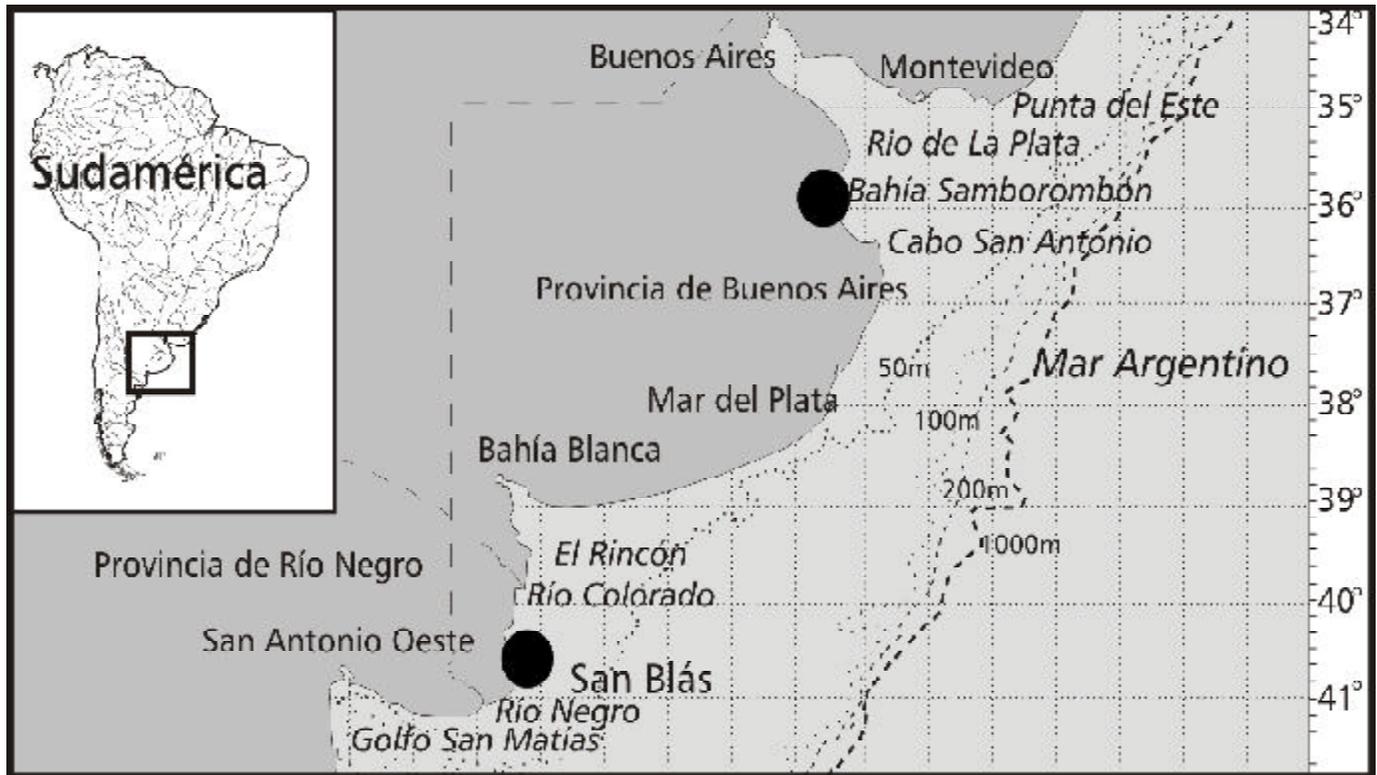


Figura 1

La calidad del agua de los ambientes acuáticos es un factor fundamental para mantener la biodiversidad y la riqueza específica. La calidad ambiental de los mismos puede ser evaluada a través de indicadores físicos, químicos y biológicos. En los humedales, debido a su complejidad y dinamismo y a las numerosas interrelaciones presentes, entre la biota y el medio abiótico, la aplicación de los indicadores de calidad ambiental clásicos utilizados en la limnología, en muchas ocasiones no son totalmente adecuados para reflejar las condiciones del ambiente, ya que sólo consideran los procesos físico-químicos que ocurren en el ambiente, sin considerar la influencia en la dinámica de estos ambientes producida por los organismos acuáticos.

Estos bioindicadores pueden ser representantes de muchos taxones zoológicos como ser poliquetos, pelecípodos, gasterópodos, decápodos, peces, anfibios, aves y mamíferos, entre otros (Bolger 1990; Gilbertson 1990; Croonquist y Brooks 1991; Guzmán Díez et al. 2000). Los teleóteos son unos de los grupos de vertebrados con alta sensibilidad a las variaciones de la calidad del agua, ya que dependen totalmente de la calidad del ambiente para vivir.

Las poblaciones de peces que viven en áreas costeras están sujetas a cambios superficiales en el hábitat como el drenaje de las aguas dulces continentales, la distribución de temperatura, salinidad, corrientes y nutrientes (Ekman 1953) y la contaminación antrópica, entre otros. Los metales pesados que llegan al cuerpo de agua tienen su origen

en centros industriales como las industrias petroquímicas, las curtiembres y las metalúrgicas.

Las diferentes especies de peces de las áreas costeras, son explotadas como recursos económicos, cuyo destino final generalmente es el consumo humano. En el oído de los peces óseos se encuentran los tres pares de otolitos (*sagittae*, *asteriscus* y *lapis*). Son complejos cuerpos policristalinos (Gauldie 1993) de carbonato de calcio precipitado en forma de aragonita y pequeñas cantidades de otros minerales, inmersos dentro de una matriz orgánica (Dove 1998).

Los movimientos de la cabeza del pez hacen variar la posición de los otolitos, que presionan a las máculas (receptores nerviosos) informándole al animal sobre la posición en la que se encuentra. Los otolitos son sensibles a las vibraciones sonoras y a la gravedad (Popper y Zhongmin, 2000). El agregado de calcio en los otolitos es un proceso extracelular que se encontraría regulado hormonalmente e influenciado por variaciones en la temperatura ambiental (Morales-Nin 1998). La forma y estructura de los otolitos son específicas para cada especie (Hecht 1987; Volpedo y Echeverría, 1997a, 2000a; Tombari et al. 2000).

Los otolitos son utilizados como herramientas en estudios que abarcan diversos aspectos como: paleoecología (Nolf 1995), paleobiogeografía (Elder et al. 1996), filogenia (Nolf 1985; Sasaki 1989; Assis 1998), identificación de especies en estudios de ecología trófica (Goodall y Cameron 1980; Bordino et al. 1999), edad y crecimiento (Sadovy y Severin 1992; Volpedo y Thompson 1996), determinación de stocks pesqueros (Campana y Casselman 1993; Levi et al. 1994; Lepesevich 1998), migraciones verticales y horizontales de peces (Linkowski 1998) y monitoreo ambiental (Kalish 1990; Gauldie 1990; Radtke y Shafer 1992). Con respecto a este último tipo de estudios, dichos autores han reportado que distintos elementos pueden depositarse irreversiblemente en el *otolito sagittae* durante la vida del pez, por lo que ésta actuaría como un reservorio de información de las variaciones ambientales y de la historia completa de vida del pez, manifestándose en la microestructura de las *sagittae* (Ralston 1995; Severin et al. 1995; Nolf 1995).

La presencia y acumulación de elementos traza en las *sagittae* depende de numerosos factores (Wright 1991), incluyendo la concentración de los mismos en

el ambiente, la biodisponibilidad, el estado fisiológico del pez, los diferentes mecanismos que utiliza la especie para intentar “desintoxicarse” y su eficiencia, la tasa de crecimiento y la afinidad del carbonato del calcio por los elementos traza (Geffen et al. 1998).

En general, los elementos traza se incorporan a los organismos porque sustituyen al calcio. El mecanismo de incorporación y acumulación en la *sagittae* de dichos elementos, no está aún bien descrito. El calcio llega a los otolitos a través del plasma (Wright 1991) y esa misma ruta seguirían los elementos traza (Romanek y Gauldie 1996; Geffen et al. 1998). La precipitación de los elementos traza sobre la superficie del otolito es homogénea (Volpedo 2001).

En Argentina el análisis de los elementos traza de las *sagittae de sciaenidos* marinos fueron iniciados por Volpedo y Echeverría (2000b), Volpedo et al. (2001) y Volpedo (2001). Estos trabajos permitieron evaluar el uso de los otolitos como bioindicadores ecotoxicológicos de contaminación marina mediante dispersión de energía de rayos X (EDAX) y espectrometría de fluorescencia de rayos X (EFRX).

El análisis de las *sagittae de Micropogonias furnieri (corvina rubia)* de distintas localidades bonaerenses permitió establecer diferencias significativas entre la concentración de elementos traza y el tipo de elemento entre el interior y el exterior de las *sagittae*, sugiriendo que dicha variación posiblemente se deba a los diferentes hábitat que frecuentan los juveniles con respecto a los adultos (Volpedo y Echeverría 2000b; Volpedo 2001). Otro factor que influenciaría la concentración de elementos trazas en las *sagittae* es la posición que ocupan los peces en la columna de agua (Volpedo et al. 2001).

Este tipo de estudio permitiría evaluar las condiciones en que se encuentra el ambiente costero y estimar, mediante el conocimiento previo de las interrelaciones ecológicas entre los peces, los posibles eslabones tróficos de acumulación de metales traza.

En este sentido, se iniciaron estudios para a los *otolitos sagittae* como bioindicadores de la calidad ambiental de zonas costeras del Río de la Plata y el litoral bonaerense. Las especies de peces consideradas para realizar este trabajo son especies comerciales dulceacuícolas, estuariales

y marinas bonaerenses de distintas áreas (Río de la Plata y costa atlántica bonaerense) que frecuentan diferentes no haya sufrido una degradación y el recurso ictícola sea apto para el consumo humano.

Los resultados preliminares del análisis de elementos traza en 17 *sagittae* de *Micropogonias*

Nombre Vulgar	Especie
Bagre amarillo	<i>Pimelodus maculatus</i>
Bagre blanco	<i>Pimelodus albicans</i>
Boga	<i>Leporinus obtusidens</i>
Dorado	<i>Salminus maxillosus</i>
Pejerrey	<i>Odontesthes bonariensis</i>
Sábado	<i>Prochilodus lineatus</i>
Corvina rubia	<i>Micropogonias furnieri</i>
Pescadilla de red	<i>Cynoscion guatupuca</i>
Pescadilla real	<i>Macrodon ancylodon</i>
Brage de Mar	<i>Netuma barbuis</i>

Tabla 1. Especies comerciales seleccionadas, frecuentadoras de diferentes niveles de la columna de agua de Río de La Plata y la costa marina bonaerense.

furnieri, cuyas tallas están entre los 55 y 700 mm, procedentes de dos áreas protegidas Bahía Samborombón (35°20' S – 36°21' S) y de Bahía San Blas (40° 40' S) muestran la presencia de Fe, Zn, Mn, Sr y Mg, estando los demás elementos debajo del límite de detección. Estos registros se obtuvieron utilizando un espectrómetro de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP) que es un método muy eficiente y preciso, ya que permite leer todos los elementos químicos presentes en una muestra (mayoritarios y trazas) en una misma corrida. Estos resultados se correlacionarán con la concentración de metales pesados en la columna de agua.

La utilización de los otolitos *sagittae* como bioindicadores de la calidad en ambientes costeros es una posibilidad que permite registrar en la biota la influencia antrópica, además de brindar una herramienta para la gestión y el manejo de las pesquerías comerciales.

BIBLIOGRAFÍA

- Assis, C. A. 1998. Fish phylogeny and systematic using otoliths, asterisci and lapilli, the neglected pairs. *En: 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application*. Radisson SAS Royal Bryggen, Bergen, 20 – 25 June 1998. Contribution 15: 43.
- Bolger, P. 1990. Indicators and assessment of the state of fisheries. Rapporteur's report of work group. *Environmental Monitor. Assess.* 15:295-296.
- Bordino P., G. A. Thompson y M. Iñiguez, 1999. Ecology and behavior of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in Bahía Anegada, Argentina. *J. Cetacean Res. Mange.* 1 (2): 213-222.
- Campana, S. E. y J. M. Casselman, 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1062-1083.
- Canevari, P., D. E. Blanco, E. Bucher, G. Castro e I. Davidson, 1999. Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación. *Wetlands International, Publi. N°46*, 208 pp.
- Croonquist, M. y R. Brooks. 1991. Use of avian and mammalian guilds as indicators of cumulative impacts in riparian wetland areas. *Environmental Management* 15(5): 701-714.
- Dove, S. G. 1998. Understanding the black box: otoliths as environmental monitors. *En: 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application* Radisson SAS Royal Bryggen, Bergen, 20 – 25 June: 46.
- Ekman, S. 1953. *Zoogeography of the sea*. Sidraick y Jackson (Eds.), London, 147 pp.
- Elder, k. L., G. A. Jones y G. Bolz, 1996. Distribution of otoliths in superficial sediment of the US. Atlantic continental shelf and slope and potential for reconstructing Holocene fish stocks. *Paleoceanography* 11 (3): 359- 367.
- Gauldie, R. W. 1990. A measure of metabolism in fish otoliths. *Comp. Biochem. Physiol.* 97 A (4): 475-480.
- Geffen , A. J., N. J. G. Perace y W. T. Perkins, 1998. Metal concentrations in fish otoliths in relation to body composition after laboratory exposure to mercury and lead. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 165: 335 – 245.
- Gilbertson, M. 1990. Freshwater avian and mammalian predators as indicators of environmental quality. *EnvironmentalMonitor. Assess.* 15(3):219-224.

- Goodall, R. N. P. y I. S. Cameron, 1980. Exploitation of small cetacean off southern south America. Rep. Int. Whaling. Comm. 30: 445 - 500.
- Guzmán Diez M., M. Soto, L. Cantón, M. C. Vaquero y J. Marigómez, 2002. Hediste (Neris) diversicolor as bioindicator of metal and organic chemical bioavailability: a field study. Ecotoxicology and Environmental Restoration 3(1): 7-15.
- Hecht, T. 1987. A guide to the otoliths of Southern Ocean fishes. South African Journal of Antarctic Research. 17 (1): 2-86.
- Kalish, J. M. 1990. Use of otolith microchemistry to distinguish the progeny of sympatric anadromous and non-anadromous salmonids. Fishery Bulletin, 88: 657-666.
- Lepesevich, N. A. 1998. Identification of cod grouping by otolith structure. En: 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application Radisson SAS Royal Bryggen, Bergen, 20 – 25 june,: 70.
- Levi, D., M. G. Andreoli, E. Ameri, G. Giannetti y P. Rizzo, 1994. Otolith reading as tool for stock identification. Fish. Res., 20: 97 – 107.
- Linkowski, T. B. 1998. Otolith microstructure of vertically migrating US non-migratory mesopelagic fishes. En: 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application Radisson SAS Royal Bryggen, Bergen, 20 – 25 june, contribution 35.
- Morales - Nin, B. Y. O. 1998. Daily increments in otoliths: endogenous and exogenous growth regulation. 2nd International Symposium on Fish Otolith Research and Application Radisson SAS Royal Bryggen, Bergen, 20 – 25 june,: 77.
- Nolf, D., 1985. Otolith piscium. 1- 145. En: Handbook of paleoichthyology H. P. Schultze (Ed.), Fisher, Stuttgart, Nueva York.
- Nolf, D. 1995. Studies on fossil otoliths. 513-544. En: Recent Developments in Fish otolith research, (De), Secor, D; J. M. Dean y S. E Campana, University of South Carolina Press, 735 pp
- Popper, A. N. y L. Zhongmin, 2000. Structure-function relationship in fish otolith organs. Fish. Res. 46: 15-25.
- Radtke, R. L. y D. J. Shafer, 1992. Environmental sensitivity of fish otolith microchemistry. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 43: 935-951
- Ralston, S. 1995. The influence of oceanographic variables on time series of otolith growth in pelagic young-of-the-year rockfish, *Sebastes* sp. 97-118. En: Recent Developments in Fish otolith research, (De), Secor, D; J. M. Dean y S. E Campana, University of South Carolina Press, 735 pp.
- Ravera, O. 2001. Monitoring of the aquatic environment by species accumulator of pollutants: a review. J. Limnol. 60(1): 63-78.
- Romanek, C. R. y R. W. Gauldie, 1996. A predictive model of otolith growth in fish based on the chemistry of the endolymph. Comp. Biochem. Physiol., 114: 71-79.
- Sadovy, Y. y K. P. Severin, 1992. Trace elements in biogenic aragonite: correlation of body growth rate and strontium levels in the otoliths of the white grunt *Haemulon plumieri* (Pisces: Haemulidae). Bull. Mar. Sci. 50: 237-257.
- Sasaki, K. 1989. Phylogeny of the family *Sciaenidae*, with notes on its zoogeography (*Teleostei, Perciformes*). Reprinted from Memoirs of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, 36 (1/2): 1-137.
- Severin, K. P.; J.L. Carroll y B. L. Norcross, 1995. Electron microprobe analysis of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, otoliths from Alaska: a plot stock separation study. Environmental Biology of Fishes 43: 269-283
- Tombari, A., Volpedo A.V. y D.D. Echeverría, 2000. Patrones morfológicos en la *sagittae* de peces (Atherinidae: *Odonthestes*) de Argentina. Revista de Ciencias del Mar THALASSAS 16: 11-19.
- Volpedo, A. V. y D. D. Echeverría, 1997 a. Morfología de las *sagittae* de lenguados del Mar Argentino (*Bothidae, Paralichthyidae y Achiropsettidae*). Thalassas, 13: 113 -126.
- Volpedo, A. V. y D. D. Echeverría, 2000 a. Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino. 1. Peces de importancia comercial. Editorial Dunken, 90 pp.
- Volpedo, A. y D. D. Echeverría, 2000 b. Detection and analysis of trace elements in the *sagitta* of *Micropogonias furnieri* (Sciaenidae) from Buenos Aires province. 80 th Annual Meeting of Ichthyologists and Herpetologists, Baja California Sur, México, 126-127.

- Volpedo, A. V. 2001. Estudio de la morfometría de las *sagittae* en poblaciones de *sciaenidos* marinos de aguas cálidas del Perú y aguas templado-frías de Argentina. Tesis Doctoral de la Facultad de Ciencias exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 244 pp.
- Volpedo, A.V., V. I. Mascitti y D. D. Echeverría, 2001. Strontium concentration in the *sagitta* otolith and its relationship with marine fish ecotypes. XIth International Symposium on Bioindicators "Problems of Today Bioindication and biomonitoring", Syktyvkar, COMÍ Republic, Russia.
- Volpedo, A.V. y G. A. Thompson, G.A. 1996. Diferencias en el crecimiento de las *sagittae* de *Prionotus nudigula* Ginsburg, 1950 (*Piscis: Triglidae*) en relación al sexo. Boletín del Instituto Español de Oceanográfico, 12(1): 3-16
- Wrigth, P.J. 1991. Calcium binding by soluble matrix of the otolith of atlantic salmon *Salmo salar*. L. J. Fish. Biol., 38: 625 – 627.

BIOMAGNIFICACIÓN DE MERCURIO EN ECOSISTEMAS DE AGUA DULCE DEL NORTE DE COLOMBIA

MERCURY BIOMAGNIFICATION IN FRESHWATER ECOSYSTEMS FROM THE NORTH OF COLOMBIA

Boris Johnson Restrepo y Jesús Olivero Verbel
Grupo de Química Ambiental y Computacional - Universidad de Cartagena
Cartagena de Indias A.A 6100- Colombia (Sudamérica)
boris_johnson@yahoo.es

RESUMEN

La minería artesanal del oro es la principal fuente de contaminación por mercurio en Colombia. Una de las zonas de mayor importancia de extracción, el Sur de Bolívar, constituye al mismo tiempo una dispensa de alimentos para los habitantes del Norte de Colombia. Un programa de monitoreo de Hg ha sido desarrollado a lo largo de los ríos Magdalena y Cauca desde la zona minera hasta el océano Atlántico durante 1997 y 1998. Un total de 411 muestras de pescado pertenecientes a 13 especies fueron analizadas para mercurio total (HgT) usando espectroscopía de absorción atómica por vapor frío. Las concentraciones más altas de HgT en pescado fueron detectadas en la ciénaga Grande de Achí (8°19'-8°23'N y 74°28'-74°36'E), esta es una ciénaga localizado sobre el río Caribona, afluente del río Cauca. En este cuerpo de agua las especies fitoplanctónicas tales como el *Prochilodus magdalenae* (Bocachico) posee las concentraciones de mercurio total más bajas (<0,23 µg Hg/g), mientras que las especies carnívoras, tales como *Hoplias malabaricus* (moncholo), *Petenia kraussi* (mojarra amarilla), y *Ageneiosus caucanus* (doncella) poseen concentraciones de HgT superiores

a 0,50 µg Hg/g. Las especies *Detritívoras Triportheus magdalenae* (arenca) y *Curimata magdalenae* (pincho) buscan su alimento en el sedimento y por ello poseen niveles intermedios de HgT. La distribución de este metal en la cadena trófica sugiere que tanto procesos de bioconcentración como de la biomagnificación están ocurriendo en dichos ecosistemas de agua dulce. Río abajo al área de la minería del oro, las concentraciones de mercurio en pescados de las ciénagas decrece con la distancia pero inesperadamente incrementa cerca de la Bahía de Cartagena, un estuario contaminado con Hg de una extinta planta de cloro-alkali, 300 km de distancia de la zona de minería aurífera. Frente a la extinta planta, los niveles Hg en sedimentos son aproximadamente 160 veces mayores que los niveles encontrados en áreas no contaminadas.

Palabras claves: Pescado, Mercurio, Colombia, Río, Ciénaga.

SUMMARY

Artisanal gold mining is the main source of mercury pollution in Colombia. One of the most important extraction zones, the south of Bolivar, is at the same

time a dispense of food for people from the north of the country. A mercury pollution monitoring program has been conducted along the Magdalena and Cauca rivers from the gold mining area to Atlantic ocean during 1997-1998. A total of 411 fish specimens from 13 species were analyzed for total mercury (HgT) using cold vapor atomic absorption Spectroscopy. The greatest HgT concentrations in fish were found in the "ciénaga Grande de Achi" (8°19'-8°23'N and 74°28'-74°36'E), this is a marsh located on the Caribona river that eventually joins the Cauca river. In this waterbody the phytoplanktonic fish species such as *Prochilodus magdalenae* (bocachico) have the lowest HgT concentrations (<0,23 µg Hg/g), whereas the carnivorous species such as *Hoplias malabaricus* (moncholo), *Petenia kraussi* (mojarra amarilla), and *Ageneiosus caucanus* (doncella) have HgT concentrations greater than 0,50 µg Hg/g. The detritivorous species *Triporthus magdalenae* (arenca) and *Carimata magdalenae* (pincho) search their food on the sediment and have intermediate HgT levels. This metal distribution in the food chain suggest that both bioconcentration and biomagnification processes are taking place in these fresh water ecosystems. Down stream the gold mining area HgT concentration in fish from marshes decrease with distance but suddenly increase near Cartagena Bay, an estuary contaminated with Hg from an extinct chlor-alkaly plant, located 300 km far from the gold extraction zone. In front of the extinct plant, Hg levels in sediments are approximately 160 fold greater than background levels.

Key Words: Fish, Mercury, Colombia, River, Marsh.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del bajo Magdalena está localizada en el sur del departamento de Bolívar (7°7'N, 73°43'E hasta 9°18'N, 74°48'E). La principal actividad económica de esta región es la agricultura, la pesca y la minería artesanal en pequeña escala. Esta zona tropical cuenta con abundantes recursos hídricos tales como ríos de gran dimensión y ciénagas de lado a lado que le sirven como cubetas de derrame. Además, también posee una alta diversidad en fauna y vegetación. Sin embargo las personas de esta región mantienen un bajo nivel de vida y es una de las zonas en el país donde se presentan continuamente disturbios de orden público y el Estado

no cuenta con recursos para mejorar la calidad de vida de las personas de la región.

La principal zona de minería en Colombia está localizada entre el norte del departamento de Antioquia y el sur del departamento de Bolívar, existiendo más de 12.400 minas en explotación que ofrecen empleos directos e indirectos a un número superior a 50.000 personas. La producción anual de oro en esta región es de aproximadamente 18.8 toneladas (UPME, 2001; Ceder, 1994). Este metal precioso es obtenido principalmente por amalgamación con mercurio. Es decir, la piedra mineral triturada es mezclada con mercurio en estado líquido y posteriormente separada la amalgama, la cual es calentada para vaporizar el mercurio y dejar el oro libre.

Durante este proceso, gran cantidad del mercurio es transferido a la atmósfera o directamente a los cuerpos de agua, contaminando los cuerpos de agua como ciénagas, quebradas y ríos. La cantidad total de mercurio liberada al medio ambiente, aun no se ha calculado, pero se estima que sobrepasa las 100 toneladas al año (Ceder, 1994). Una vez en el medio ambiente acuático, el mercurio puede ser metilado por diferentes especies de bacterias presentes en los sedimentos a su forma orgánica, metilmercurio (CH₃Hg⁺). Este compuesto es biodisponible a los organismos bentónicos desde donde es biomagnificado a través de la cadena alimenticia hasta llegar al hombre (Lebel, 1977; WHO, 1989).

Este echo ha sido reportado para esta zona por Olivero et al. (1995). De acuerdo con dicho estudio los niveles de mercurio en cabello de pescadores que viven en la cuenca del bajo Magdalena presentan niveles de mercurio significativamente más altos que mineros y otras personas dedicadas a actividades económicas diferentes. Por otro lado el mercurio contenido en peces en trabajos preliminares en algunos sitios de esta misma región, se ha obtenido con valores mayores de 0,5 µg Hg/g en peso húmedo, este valor es considerado como un estándar internacional y no debe ser excedido en los peces para consumo humano (WHO, 1989). Esto nos motivó a monitorear los niveles de mercurio en peces en los cuerpos de aguas más significativas de toda la región de la cuenca del bajo Magdalena correspondiente a las aguas que bañan el departamento de Bolívar, con el propósito de

identificar el impacto que produce la minería de oro en el ecosistema de de esta región.

SITIO Y MÉTODOS

Área de Estudio

El bajo Magdalena es una zona plana en el Caribe Colombiano, donde los ríos Cauca, San Jorge y Cesar afluentes del río Magdalena, generan aproximadamente 325.000 hectáreas de humedales. Cada río posee un sistema hídrico complejo interconectado con ciénagas de lado a lado, los cuales sirven como reservorios y funcionan como cubetas de derrame para el control natural de las inundaciones en época de invierno. Estos ecosistemas son considerados ambientalmente frágiles y han sido afectados por el mal manejo de los recursos naturales disponibles.

El río Magdalena, una vez que ha recibido las aguas de sus afluentes, desemboca al mar Caribe en el departamento de Bolívar a través del Canal del Dique. Este cuerpo de agua comunica al Magdalena con la

Bahía de Cartagena en un tramo de 114,5 km de longitud con profundidad de 2,5 m, como se esquematiza en la figura 1.

Colecta

Los peces fueron obtenidos durante dos campañas de muestreo. La primera fue realizada durante la época de lluvias (agosto-noviembre de 1997) y la segunda en la época seca o de verano (diciembre 1997 a abril de 1998). Los muestreos fueron realizados en compañía de pescadores de la región. Una vez obtenidos los especímenes, fueron preliminarmente identificados por los pescadores. La asignación de los nombres científicos fue realizada con la ayuda de los expertos del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) de Cartagena, Colombia (Mercado, 1999).

Cada pescado fue pesado y se midió su longitud, luego fue desviscerado, almacenado en bolsas de polietileno, rotulado, refrigerado y transportado al

laboratorio. Aproximadamente 10 g de músculo dorsal sin piel fue seleccionado de cada espécimen, cortado en pequeños pedazos utilizando cuchillos plásticos, colocado individualmente en frascos de polietileno y congelados a -20°C hasta el momento del análisis (UNEP/FAO/IAEA/IOC, 1982). Las especies de pescado muestreados en este estudio pertenecen a diferentes niveles tróficos (tabla 1).

Los sitios de colecta correspondientes a las ciénagas a lado y lado de los ríos Cauca, Magdalena y las comprendida en el Canal del Dique, fueron escogidas por su tamaño e importancia pesquera, como se muestra en la gráfica 1 y la clasificación por cuenca hidrográfica (figura 1 y tabla 2).

Nivel Trófico	Nombre Científico	Nombre Común
Fitoplanctónicos	<i>Prochilodus magdalenae</i>	Bocachico
	<i>Curimata mivartii</i>	Vizcaina
Detritívoros	<i>Triportheus magdalenae</i>	Arenca
	<i>Curimata magdalenae</i>	Pincho
	y <i>Rhamdia sebac</i>	Barbudo
Carnívoros	<i>Petenia kraussi</i>	Mojarra amarilla
	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Bagre pintado
	<i>Sorubim lima</i>	Bagre blanquillo
	<i>Plasgioscion surinamensis</i>	Pacora
	<i>Hoplias malabaricus</i>	Moncholo
	<i>Ageneiosus caucanus</i>	Doncella
	<i>Pimelodus grosskopffi</i>	Comelón
	<i>Leporinus muyscorum</i>	Capaz
	<i>Saroterodon niloticus</i>	Mojarra lora

Tabla 1. Especímenes procesados.

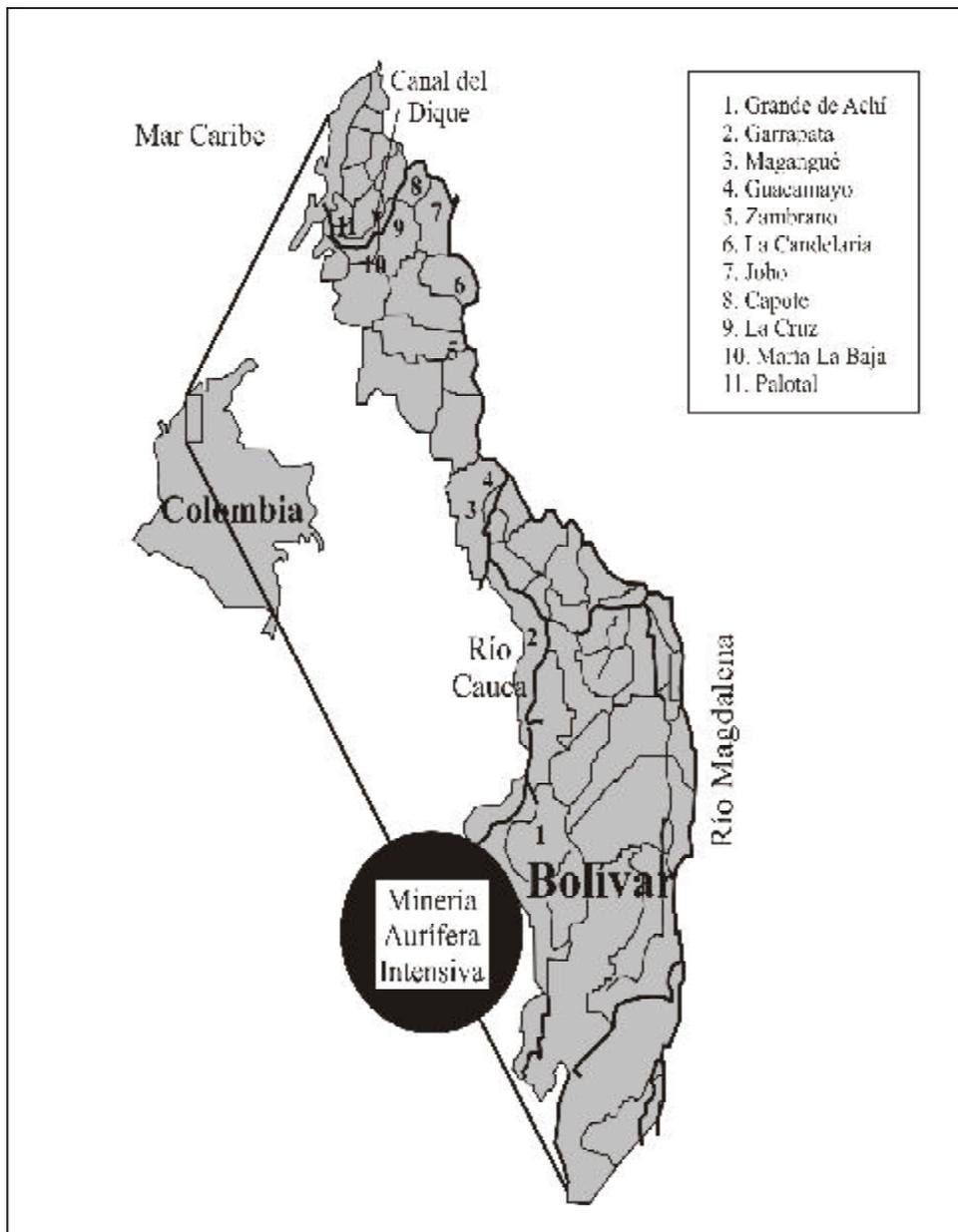


Figura 1. Localización de las ciénagas de muestreo sobre las cuencas del Bajo Cauca, Bajo Magdalena y Canal del Dique.

Análisis de Mercurio Total

El análisis de mercurio total (HgT) fue realizado en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Cartagena, en la ciudad de Cartagena. Para tal efecto fue empleado un espectrofotómetro de Absorción Atómica UNICAN modelo Solar 969, acoplado a un kit para vapor frío. Las muestras fueron digeridas con una mezcla ácida de H_2SO_4/HNO_3 por 3 horas a 100-110°C, de acuerdo con el método descrito por Sadiq et. al., (1991). Para

el control de calidad del análisis fue evaluado el nivel de HgT a la muestra certificada Dorm-2, adquirida en el NRCC (National Research Council of Canada). El valor obtenido fue de $0,447 \pm 38 \text{ } \mu\text{g Hg/g}$ (n = 6), frente al reportado como certificado de $0,464 \pm 26 \text{ } \mu\text{g Hg/g}$. Al comparar dichas medias mediante una prueba t, no fueron detectadas diferencias significativas para un nivel de significancia $P = 0,05$ y 5 grados de libertad, lo cual sugiere que el método utilizado tiene la exactitud requerida. La precisión de los resultados fue examinada mediante el cálculo de la repetibilidad a submuestras por duplicados en cada determinación. El límite de detección, fue definido como la concentración asociada con la lectura del blanco más tres veces la desviación estándar, para el cual se obtuvo un valor de $0,024 \text{ } \mu\text{g Hg/g}$.

Análisis Estadístico

Todos los datos reportados aparecen como media \pm error estándar de los valores medios de una determinación realizada por duplicado. Con el objeto de evitar pérdida de datos, para aquellas muestras que presentaban valores por debajo del límite de detección ($0,024 \text{ } \mu\text{g Hg/g}$), fueron tomados los valores correspondientes a la mitad del límite de detección para el análisis estadístico (Batzevich, 1995). La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis fue utilizada para comparar las concentraciones de HgT para diferentes especies o ciénagas. Para todos los análisis estadísticos, el criterio de significancia fue de $P < 0,05$.

Cuenca	Ciénaga	Distancia (km)	Distancia acumulativa (km)
Río Cauca	Grande de Achi	0,0	-
	Garrapata	54,7	54,7
Río Magdalena	Grande de Magangué	49,9	104,6
	Guacamayo	17,9	122,5
	Zambrano	45,6	168,1
	Candelaria	24,2	192,3
Canal del Dique	Jobo	43,4	235,7
	Capote	12,8	248,5
	La Cruz	33,2	281,7
	María la Baja	5,4	287,1
	Palotal	16,8	303,9

Todas estas especies son de interés comercial y consumidas por la población local.

La distribución de mercurio en peces tanto en la época seca como de lluvia estuvo ligado al nivel trófico al cual pertenece. Por consiguiente, bajas concentraciones de mercurio fueron detectadas en fitoplanctónicos a niveles de 0,015-0,110 $\mu\text{g Hg/g}$ (promedio 0,045 $\mu\text{g Hg/g}$), seguido por los peces detritívoros 0,013-0,55 $\mu\text{g Hg/g}$ (promedio 0,12 $\mu\text{g Hg/g}$), mientras que las

Tabla 2. Área de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las figuras 2, 3 y 4 muestran los datos de las concentraciones de mercurio total ($\mu\text{g Hg/g}$) analizadas en músculo dorsal de 412 especímenes pertenecientes a 11 géneros contenidos en tres diferente niveles tróficos para 11 ciénagas de la cuenca del Magdalena.

concentraciones más altas fueron observadas en los peces carnívoros 0,03-1,06 $\mu\text{g Hg/g}$ (promedio, 0,24 $\mu\text{g Hg/g}$). Por otro lado, algunas especies detritívoras y carnívoras exceden el límite de 0,5 $\mu\text{g Hg/g}$ internacionalmente aceptado para consumo humano (WHO, 1990). Además, especies pertenecientes a

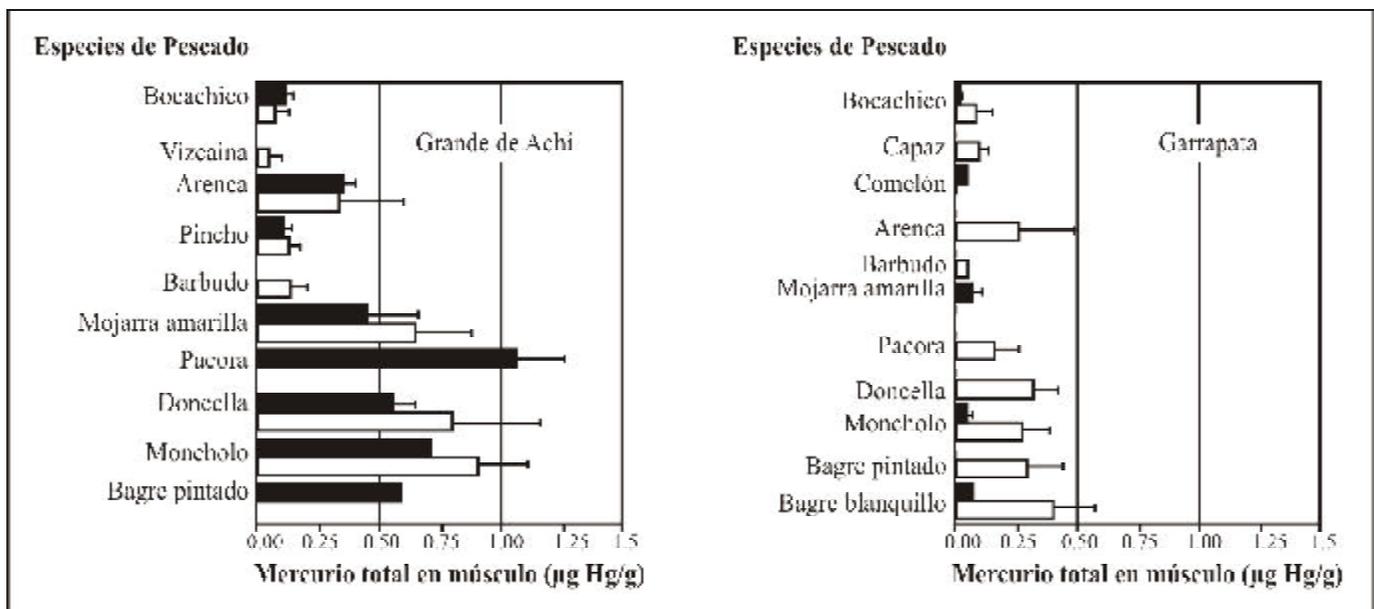


Figura 2. Mercurio total en pescados de humedales del Bajo Cauca, Sur de Bolívar, Colombia.

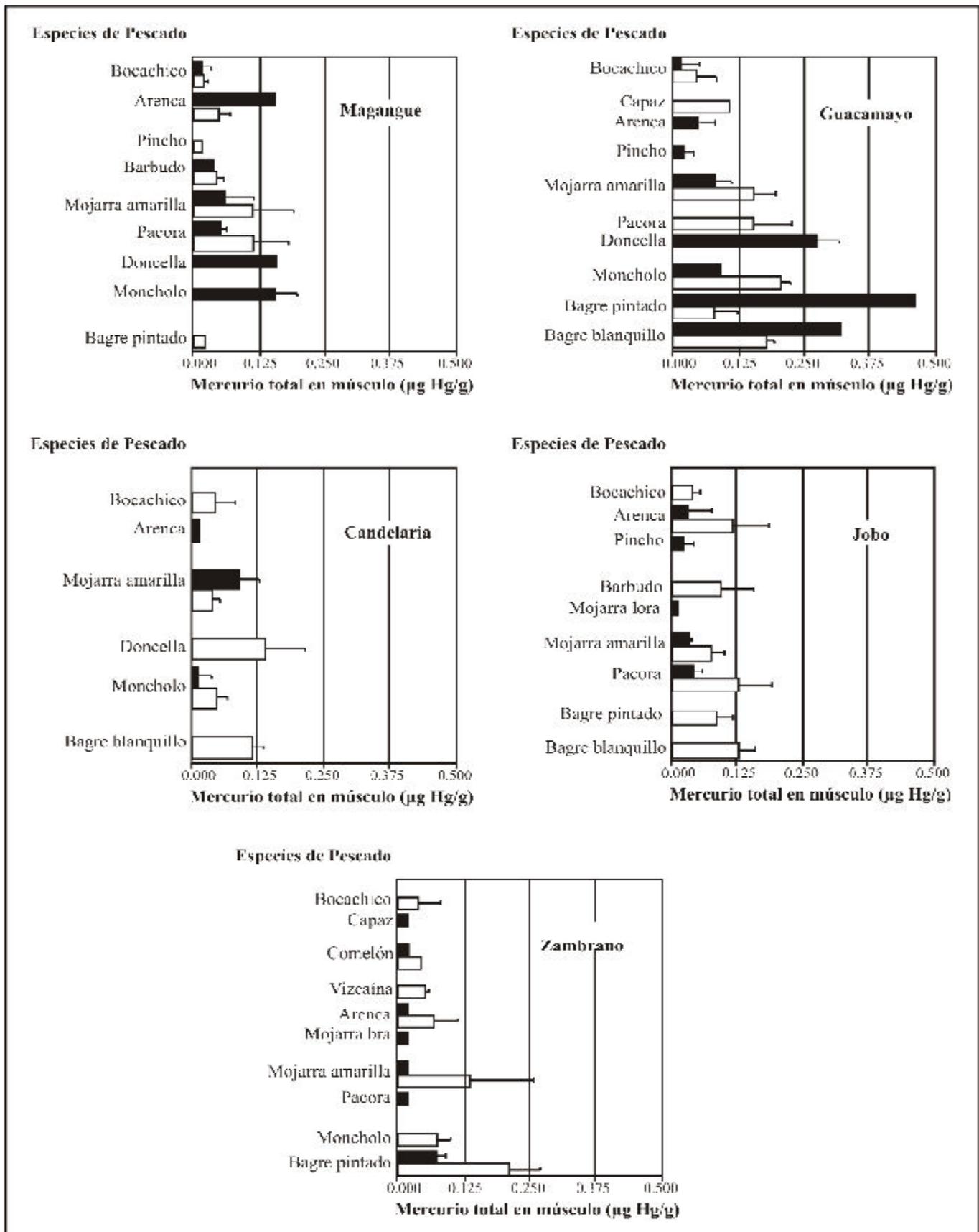


Figura 3. Mercurio total en pescados de humedales del Bajo Magdalena, Colombia.

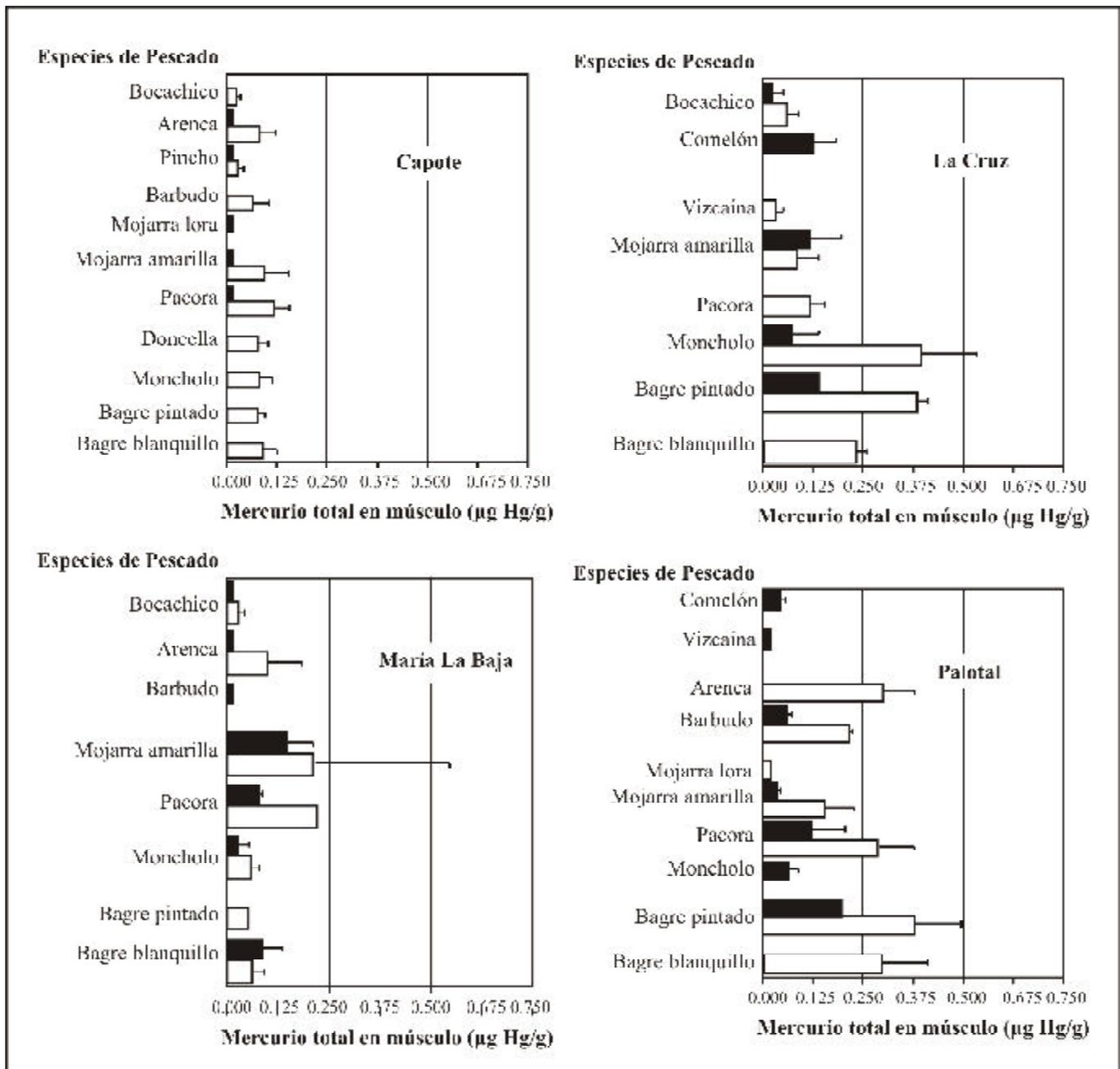


Figura 4. Mercurio total en pescados de humedales del Canal del Dique, Río Magdalena, Colombia.

diferentes niveles trópicos muestran diferencias significativamente estadísticas ($p < 0.001$).

Mercurio total en pescados de humedales del Bajo Cauca

Las ciénagas Grande de Achí y Garrapata, corresponden a la región hidrográfica del bajo Cauca. Entre las once especies analizadas en la ciénaga Grande Achí en las dos épocas climáticas muestreadas: época

de lluvia y época seca, seis especies carnívoras (mojarra amarilla, bagre pintado, pacora, moncholo, doncella y comelón) presentan concentraciones de mercurio superiores a $0,5 \mu\text{g Hg/g}$. Los niveles de mercurio encontrados para las especies de esta ciénaga muestran diferencias estadísticamente significativas para $P = 0,05$, y valores que incrementan con el nivel de las especies en la cadena trófica de la siguiente manera: fitoplanctónicas < detritívoras < carnívoras. Estos

datos sugieren claramente que esta ciénaga experimenta un proceso marcado de biomagnificación del mercurio en la cadena alimenticia. En esta ciénaga, el metilmercurio (CH_3Hg^+) formado por los microorganismos a partir del mercurio metálico depositado en el sedimento, es transferido al plancton y de allí tomado directamente por los peces fitoplanctónicos tales como el bocachico y la vizcaína. De hecho estas especies presentan los valores más bajos encontrados ($0,0461-0,0711 \mu\text{g Hg/g}$). En el siguiente nivel aparecen las especies detritívoras y omnívoras tales como la arenca, el pincho y el barbudo, con valores de mercurio significativamente mayores que los anteriores ($0,107-0,331 \mu\text{g Hg/g}$). Por último, los peces carnívoros aparecen en el nivel más alto de la cadena trófica con concentraciones muy altas ($0,445-1,06 \mu\text{g Hg/g}$), particularmente en especies tales como mojarra amarilla, bagre pintado, bagre blanquillo, pacora, moncholo y doncella, las cuales basan su dieta en el consumo de otros peces de menor tamaño.

La concentración media de HgT encontrada en especies carnívoras y que han sido reportados en este trabajo, confirmaron resultados previamente publicados para esta misma ciénaga por Olivero *et al.* en 1998. Igualmente, estos niveles son similares a los hallados en zonas tropicales de los ríos de la región amazónica en Brasil, donde la extracción artesanal del oro alcanza grandes proporciones (Maurice-Bourgoin, 2000; Bildone *et al.*, 1997; Malm *et al.*, 1995; Cordeiro *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2002).

La ciénaga Grande de Achí se encuentra ubicada en el centro de confluencias entre el río Caribona y el río Cauca, formando un reservorio de la sedimentación de la contaminación mercurial proveniente de la actividad minera artesanal que se desarrolla en el sur del departamento de Bolívar y en el norte del departamento de Antioquia, los cuales conjuntamente generan la mayor producción de oro en Colombia (UPME, 2001). Los altos niveles de mercurio encontrados en su ictio-fauna sugiere que los procesos de bioconcentración y biomagnificación que se desarrollan en esta ciénaga son importantes. Es esencial recalcar que el mercurio presente en esta ciénaga puede tener su origen no sólo en el transporte acuático asociado con sedimentos y materia orgánica,

sino también en la deposición atmosférica del mercurio generado en las minas.

Por otro lado, la ciénaga de Garrapata, aunque localizada a 54,7 km de distancia de la ciénaga Grande de Achí y su comunicación con el río Cauca ocurre esporádicamente en época de invierno, presenta altos niveles de mercurio, particularmente en las especies carnívoras, aunque el nivel máximo encontrado de $0,406 \pm 0,1639 \mu\text{g Hg/g}$, no sobrepasa el nivel internacionalmente considerado como seguro.

Mercurio total en pescados de humedales del Bajo Magdalena

Tomando como punto de partida la ciénaga Grande de Achí como depósito de la contaminación mercurial, esta estará afectando al resto de ciénagas ubicadas corriente abajo. Según la dinámica hidrológica de la región, el río Cauca entrega todas sus aguas al río Magdalena y este último baña las ciénaga Grande de Magangue, Guacamayo, Zambrano y Candelaria. Estas ciénagas que se encuentran alejadas del depósito mercurial de la ciénaga Grande Achí, como es de esperar, presentan niveles de HgT considerados como bajos, aunque también son comunes procesos de biomagnificación en los que las especies carnívoras poseen concentraciones superiores a las fitoplanctónicas.

Mercurio total en pescados de humedales del Canal del Dique

Los pescados capturados en las ciénagas de Palotal y la Cruz ubicadas en el Canal del Dique presentan valores relativamente altos aunque están bastante alejadas del foco de contaminación de la explotación minera, como fue señalado anteriormente. Esto hace pensar que muy posiblemente debe existir otra fuente de contaminación de mercurio cercano a estos cuerpos de agua. Una hipótesis razonable está asociada con la deposición atmosférica de mercurio proveniente de la bahía de Cartagena, en particular de los sedimentos altamente contaminados con mercurio proveniente de la extinta planta de álcalis de Colombia (Alonso *et al.*, 2000), forma volátil de este metal dispuesto como residuo durante el funcionamiento de esta planta varios años atrás.

Influencia del régimen de lluvias en el contenido de mercurio

Los resultados muestran que hay diferencias significativas entre las épocas de lluvia y de seca para una especie determinada. La época de lluvias está asociada con un incremento de la materia orgánica y sólidos suspendidos en el medio acuático debido a las escorrentías y a la perturbación de los sedimentos. Varios autores han mostrado una relación entre la biodisponibilidad de mercurio y la materia orgánica en el agua y la concentración de mercurio en el agua con la concentración de sólidos suspendidos (Bildone *et al*, 1997). Cuando los sólidos suspendidos en las ciénagas aumentan por las lluvias (tormentas **mayores de 120 mm**) el **metilmercurio** ($C_5H_9Hg^+$) que se forma en los sedimentos puede estar más disponible para los peces.

La ciénaga Grande de Achí, posee pH de 6.1 y conductibilidad de 50 mS/cm. El pH no es suficientemente bajo ni la conductibilidad alta para favorecer la formación de metilmercurio, esto sugiere que las altas concentraciones de mercurio encontradas en los peces carnívoros se deben a los procesos de bioacumulación en la cadena alimenticia (Level *et al*. 1977; Maurice-Bourgoin, 2000).

Riesgo en la salud humana asociado con el consumo de pescado contaminado con mercurio.

Desde el punto de vista sanitario es de vital importancia determinar el índice de riesgo toxicológico (H) para los habitantes del norte de Colombia, por el mercurio presente en los alimentos, particularmente pescados.

Este índice es definido como la relación entre la dosis diaria de consumo del químico (D) y la cantidad diaria que un químico puede ser ingerido sin que aparezcan riesgos de intoxicación a lo largo de la vida, conocida como “Dosis de Referencia” (RfD). La dosis diaria de consumo puede ser calculada empleando la fórmula: $D = C \times I / (W \times 1000)$, donde C es la concentración promedio de mercurio en pescado, W es el peso promedio de un adulto normal (70 kg), e I es el consumo diario de pescado (gramos/día). Si el valor de H es menor de 1, entonces no ocurrirían efectos toxicológicos con el consumo de pescado. Por el contrario, si es superior a 1, la población

consumidora puede empezar a experimentar síntomas de contaminación mercurial.

Para realizar este ejercicio son tomados tres posibles consumos diarios de pescado: 50, 100 y 250 gramos y tomando los valores máximo, promedio y bajo de mercurio encontrado en peces de las ciénagas del bajo Magdalena. El valor de RfD en los Estados Unidos es 0,0003 mg de mercurio por kilogramo de peso corporal por consumo de pescado por día (EPA, 1989). Los resultados de este estudio se presentan en la tabla 3.

De acuerdo con la tabla 3, el consumo de 50 y 100 gramos diarios de pescado para las especies planctíboras (incluye bocachico y vizcaína) no ofrece un riesgo toxicológico por consumo de mercurio. No obstante, altos consumos de estas especies, alrededor de 250 g, en los sitios donde se han encontrado con las más altas concentraciones como en la ciénaga Grande de Achí, hay un evidente riesgo toxicológico.

El consumo de 100 y 250 gramos de un pescado carnívoro, por ejemplo moncholo, bagre, blanquillo, pacora, mojarra amarilla o doncella, constituye un riesgo de intoxicación por el metal tanto para sitios que tengan concentraciones de mercurio en peces igual al promedio, como en sitios altamente contaminados como son la Ciénaga Grande Achí, Garrapata y Palotal. En una sola comida con pescado se consumen dos a cuatro peces de tamaño pequeño (15-20 cm de longitud), cada uno de los cuales pesa en promedio alrededor de 100 gramos. Es evidente que el consumo de pescado proveniente de las ciénagas en el bajo Magdalena y Cauca constituye un riesgo de intoxicación por mercurio. Los consumidores pueden sufrir los síntomas neurológicos de la Enfermedad de Minamata por intoxicación con este metal.

El riesgo toxicológico mostrado anteriormente asociado con el consumo de pescado es coherente con las conclusiones reportadas por Olivero *et al* en 1998, en un estudio preliminar, donde los habitantes del Sur de Bolívar presentan síntomas de intoxicación mercurial tales como temblores en las manos, alteraciones neurológicas y problemas de visión, entre otros.

En las ciénagas consideradas en este estudio, las concentraciones de mercurio total de los peces bocachico fueron las más bajas que en las demás especies y, con valores muy por debajo del límite de 0,5 $\mu\text{g Hg/g}$, por lo que los peces de esta especie son

Indice de Riesgo Toxicológico (H)			
Consumo de Pescado (g/día)	Basado en la concentración de mercurio más baja encontrada en pescado	Basado en la concentración de mercurio promedio encontrada en pescado	Basado en la concentración de mercurio más alta encontrada en pescado
Especies Fitoplanctónicas			
	(0,015 µg Hg/g)	(0,045 µg Hg/g)	(0,110 µg Hg/g)
50	0,04	0,11	0,26
100	0,07	0,21	0,52
250	0,18	0,54	1,31
Especies Detritívoras			
	(0,013 µg Hg/g)	(0,120 µg Hg/g)	(0,55 µg Hg/g)
50	0,03	0,29	1,31
100	0,06	0,57	2,62
250	0,15	1,43	6,55
Especies Carnívoras			
	(0,030 µg Hg/g)	(0,240 µg Hg/g)	(1,060 µg Hg/g)
50	0,07	0,57	2,52
100	0,14	1,14	5,05
250	0,36	2,86	12,62

Tabla 3. Índice de Riesgo Toxicológico (H) para la ingestión de pescado contaminado con mercurio en las ciénagas del bajo Magdalena (Departamento de Bolívar).

menos peligrosos de contaminación por mercurio, para el consumo humano.

El bocachico es el pescado de mayor consumo en toda la región, también es cierto que en algunas ocasiones los pescadores deben recurrir a cualquier especie para poder satisfacer la demanda de proteína de sus familias, lo que aumenta el riesgo de ingestión mercurial con los riesgos asociados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de la Gobernación de Bolívar y Cormagdalena. A Claudia

Mendoza, Beatriz Solano, Rafael Olivero, Hector Rocha y Yovani Montero por su colaboración en el muestreo y análisis de las muestras. A Eduardo Arguello, Ricardo Vivas, Ricardo Fábregas, Hilario Bermúdez, Federico Ochoa, Arturo Vásquez y Guillermo Ariza por su gestión administrativa para la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, D.; P. Pineda; J. Olivero; H. González y N. Campos, 2000. Mercury levels in muscle of tow fish species and sediments from the Cartagena Bay

- and the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Environ. Pollution.*, 109: 157-163.
- Batzevich, V., 1995. Hair trace element analysis in human ecology studies. *Sci. Total. Environ.*, 164: 89-98.
 - Bidone, E.; Z. Castilhos; T. Cid de Souza y L. Lacerda, 1997. Fish contamination and human exposure to mercury in the Tapajos River Basin, Pará State, Amazon, Brazil: A screening approach. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 59: 194-201.
 - Ceder (Centro de Estudios de Desarrollo Regional), 1994. Plan de Desarrollo Minero del Sur de Bolívar. Universidad de Cartagena.
 - Cordeiro, R.C.; B. Turcq; M.G. Ribeiro; L.D. Lacerda; J. Capitane; A.O. da Silva; A. Sifeddine y P.M. Turcq, 2002. Forest fire indicators and mercury deposition in an intense land use change region in the Brazilian Amazon (Alta Floresta, MT). *Sci Total Environ.*, 293: 247-56.
 - EPA-Environmental Protection Agency, 1989, Risk Assessment Guidance for Superfund. vol 1. Chap. 7, pp. 1-20.
 - Lebel, J.; M. Roulet; D. Mergler; M. Lucotte y F. Larribe, 1977. Fish diet and mercury exposure in a riparian Amazonian population. *Water, Air, and Soil Pollut.*, 97, 31-44.
 - Malm, O.; F. Branches; H. Akagi; M. Castro; W. Pfeiffer; M. Harada; W. Bastos y H. Kato, 1995. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajos river basin, Brazil. *Sci. Total Environ.*, 175: 141-150.
 - Maurice-Bourgoin, L.; I. Quiroga; J. Chincheros y P. Courau, 2000. Mercury distribution in waters and fishes of the upper Madeira rivers and mercury exposure in riparian Amazonian populations. *Sci Total Environ.*, 260:73-86.
 - Mercado, J., 1999. Cartagena, Colombia. Comunicación personal.
 - Olivero, J.; B. Solano e I. Acosta, 1998. Total mercury in muscle of fish from marshes in goldfields, Colombia. *Bull. Environ. Toxicol.*, 61: 182-187.
 - Olivero, J.; C. Mendoza y J. Mestre, 1995. Hair mercury levels in people from the gold mining zone in Colombia. *Rev. Saúde Publica.*, 29: 376-379.
 - Santos, E.C.; V.M. Camara; I.M. Jesus; E.S. Brabo; E.C. Loureiro; A.F. Mascarenhas; K.F. Fayal; G.C. Sa Filho; F.E. Sagica; M.O. Lima; H. Higuchi e I. Silveira, 2002. A contribution to the establishment of reference values for total mercury levels in hair and fish in amazonia. *Environ Res.*, 90: 6-11.
 - Sadiq, M.; T. Zaidi y H. Al-Mohana, 1991. Sample Weight and digestion temperatures critical factors in mercury determination in fish. *Bull Environ Contam Toxicol.*, 47: 355-341.
 - UNEP/FAO/IAEA/IOC, 1982. Sampling of selected marine organisms and sample preparation for trace metal analysis. *References methods for marina pollution studies N° 7 Rev. 2.*
 - UPME (Unidad de Planeación Minera Energética), 2001. Estadísticas minero energéticas. Edición No. 13. Bogotá.
 - WHO, 1989. *Environmental Health Criteria 86. Mercury Environmental.* World Health Organization International Program on Chemical Safety, Geneva.
 - WHO, 1990. *Environmental Health Criteria 101. Methylmercury.* World Health Organization International Program on Chemical Safety, Geneva.

PROCESOS GEOQUÍMICOS EN UN ACUÍFERO COSTERO EN CONTACTO CON UN HUMEDAL

GEOCHEMICAL PROCESSES IN A COASTAL KARSTIC AQUIFER CONNECTED WITH A SWAMP

Juan Reyniero Fagundo Castillo reyniero@infomed.sld.cu
Patricia González Hernández patricia@fctn.isctn.cu
Margaret Suárez Muñoz patricia@fctn.isctn.cu
Joel Fagundo Sierra reyniero@infomed.sld.cu
Clara Melián Rodríguez patricia@fctn.isctn.cu
Centro Nacional de Termalismo Víctor Santamarina
Ave. 43 No. 19815, Fontanar, Boyeros, C.P. 19500, C. Habana, Cuba.

Silfrido Jiménez - GEOCUBA

Arsenio González - Universidad de Huelva (España):arsenio@uhu.es
Emilio Romero - Universidad de Huelva (España). romaci@uhu.es
Diego Orihuela - Universidad de Huelva (España). orihuela@uhu.es

RESUMEN

Mediante un sistemático programa de muestreo y análisis químico de campo y de laboratorio, se identificaron los principales procesos geoquímicos que controlan la composición química de las aguas en las diferentes zonas hidrogeológicas del acuífero kárstico costero Güira-Quivicán de la Cuenca Sur de La Habana. Entre estos procesos se destacan: oxidación de sulfuros y de la materia orgánica, fundamentalmente en la zona no saturada del acuífero; reducción anaeróbica de sulfatos, especialmente en las zonas media y profunda de los pozos cercanos a la zona cenagosa; disolución y precipitación de calcita y dolomita en la zona de mezcla; intercambio iónico, tanto de carácter directo como inverso, así como otros procesos inherentes a la mezcla. En la zona de difusión estos procesos modifican significativamente la composición química, lo cual se pone de manifiesto al comparar con la composición que debía esperarse de la simple mezcla conservativa. Además de los factores hidrogeológicos y climáticos, el fuerte impacto de la actividad humana (explotación, vertido de residuales, construcción de obras hidrotécnicas) influye de manera

destacada en la calidad del agua que se utiliza en la región con fines agrícolas y de abasto a la población.

Palabras claves: procesos geoquímicos, acuíferos kársticos costeros, humedales, calidad de agua.

SUMMARY

The geochemical processes, which determine the chemical composition of water from different hydrogeological regions at the karstic aquifer of Güira-Quivicán (Havana Southern Basin), were identified by means of a systematic field and laboratory sampling program. Among others, the main processes were: sulfide and organic matter oxidation at the unsaturated area of the aquifer; sulfate anaerobic reduction, especially at the middle and deep level of the walls located near of the swamp; dissolution and precipitation of calcite and dolomite, direct and inverse ion exchange, as well as other processes connected with the fresh-sea water mixture. In this area, these processes modify significantly the chemical composition, which is demonstrated by comparing this data with the preserved mixture results. Besides the hydrogeological and climatic factors, human activity

(aquifer overexploitation, hydrotechnical constructions, wastewater discharge) has a significant impact on the water quality supplied to the population and used for agricultural purposes.

Key words: geochemical processes, coastal karstic aquifers, swamp, water quality. Cuba.

INTRODUCCIÓN

Back y Hanshaw (1981) han señalado que los acuíferos carbonatados son sistemas geoquímicos dinámicos en los cuales ocurren interacciones agua-roca en forma continua, siendo la parte más activa del sistema la zona de mezcla dispersiva cercana a la interfase de agua salada. En esos acuíferos se producen procesos de disolución y precipitación de minerales en una gran variedad de escalas de tiempo y espacio. Según estos investigadores, en los mismos prima un ambiente geoquímico extraordinariamente sensible en el cual, sutiles cambios en los parámetros químicos o físicos dan lugar o evitan la formación de ciertos procesos en diferentes sitios del mismo medio geoquímico regional. Asimismo, plantean que la zona de alta porosidad secundaria y permeabilidad de los acuíferos carbonatados de las llanuras cársicas costeras está asociada a los procesos de disolución ocurridos como resultado de las oscilaciones del nivel del mar durante el Pleistoceno.

Los procesos geoquímicos que tienen lugar en las zonas costeras kársticas son muy complejos, debido a que se producen mezclas entre el agua dulce procedente del acuífero y el agua de mar, cuyas propiedades químicas y físicas son muy diferentes y van acompañadas de procesos modificadores de la composición química que debía esperarse por la simple mezcla entre agua dulce y agua de mar (Wigley y Plummer, 1976; Hanshaw y Back, 1979; Back et al., 1986; 1996; Giménez, 1994; Fagundo, 1996; Morell et al., 1997; Ferrera, 1999). En general, mediante mezcla de aguas de diferente naturaleza hidrogeológica, se producen reacciones químicas que pueden dar lugar a la disolución o precipitación de minerales. Estos procesos se producen porque dichas aguas presentan diferencias en sus presiones de CO₂, los potenciales de oxidación-reducción, el pH, etc.

Entre los cambios más significativos que se originan cuando se mezclan aguas diferentes se pueden citar

los siguientes: disolución incongruente de minerales por efecto de ion común, precipitación de minerales de hierro (férrico) por formación de una mezcla más oxidada, aumento o disminución de la solubilidad por cambios de pH, incremento de la solubilidad por efecto salino o de fuerza iónica (Fagundo y González, 1999), incremento de la corrosión de las calizas debido al denominado efecto de mezcla de agua (mixing-corrosion). En las zonas cársicas litorales se producen además, precipitaciones de dolomita (dolomitización), oxidación de sulfuros en las zonas más someras y reducción de sulfatos en condiciones anaeróbicas a mayor profundidad, así como procesos de adsorción e intercambio iónico (Appelo y Postma, 1993; González et al., 1999).

En terrenos kársticos contiguos a un humedal, el suministro de materia orgánica produce procesos de tipo biogeoquímicos de reducción de sulfato acompañados de producción de dióxido de carbono lo cual intensifica aún más la disolución de las calizas.

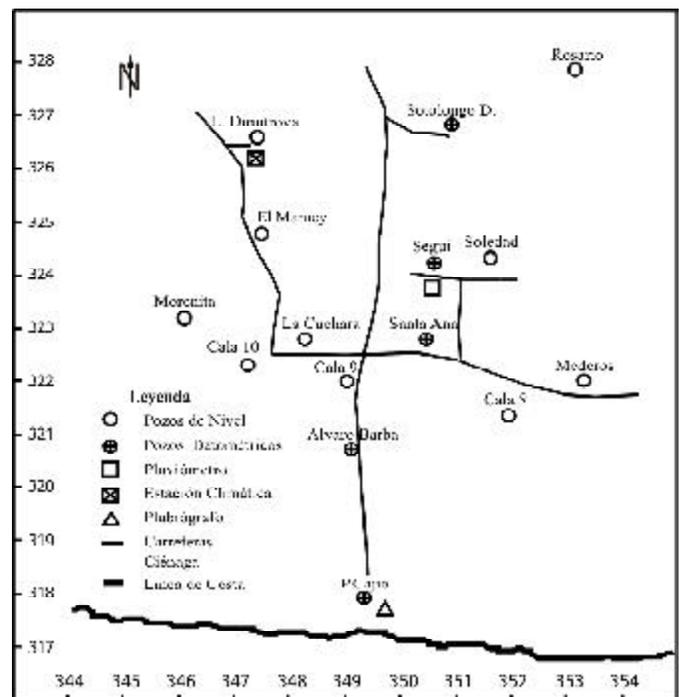


Figura 1. Área de estudio, ubicación de la red de muestreo.

En este trabajo se muestran los resultados de un estudio detallado de carácter geoquímico llevado a cabo entre 1997 y 1998 en el sector hidrogeológico Güira-Quivicán de la Cuenca Sur de La Habana (Fig. 1),

el cual se encuentra ubicado contiguo a una región constituida por marismas y pantanos. El área fue seleccionada por ser representativa de un karst sometido a una intensa explotación debido a la demanda de agua para el consumo de la ciudad de La Habana y las necesidades agrícolas de la región.

El objetivo del trabajo es estudiar el efecto que ejerce el humedal sobre los procesos geoquímicos que se producen en los acuíferos kársticos costeros que originan la calidad del agua, conjuntamente con los otros efectos inherentes a esta zona, tales como la recarga natural del acuífero y la intrusión marina.

Marco geográfico, geológico e hidrogeológico

El área seleccionada pertenece al sector hidrogeológico Güira-Quivicán de la Cuenca Sur de La Habana, ubicado entre las coordenadas N 320-345 y E 340-370. Dicha área posee una superficie de unos 50 km² y sus cotas absolutas varían entre 1 y 2 m sobre el nivel de mar. La región está constituida por rocas carbonatadas muy karstificadas de edad Neógeno, pertenecientes a las formaciones Jaruco, Husillo, Cojimar y Güines. Estas rocas son muy acuíferas, su trasmisividad varía entre 5000 y 50000 m²/d, mientras el coeficiente de almacenamiento alcanza valores desde 0,15 en condiciones de acuífero libre, hasta 0,005 en condiciones de semiconfinamiento (González, 1997).

En esta región se desarrolla un relieve típico de llanura erosiva denudativa, caracterizada por la presencia de diversas formas de tipo exo y endocársicas, tales como lapies o “diente de perro”, ponores, dolinas, uvalas, simas, cuevas, casimbas o cenotes, caletas, etc. El drenaje superficial es muy pobre predominando el escurrimiento subterráneo.

Los sedimentos de cobertura están representados por tres tipos: aluvial-preluvial, constituido por suelos gravosos, arenosos y arcillas, que alcanzan entre 1 y 3 m; eluvial, el más abundante, constituido por arcillas con espesores entre 3 y 10 m, y palustre, compuesto por arcillas lacustres, arenas y turbas de espesores entre 3 y 4 m (López, en: Jiménez et al., 1997).

Desde el punto de vista estructural, se destaca en la región un grupo de fracturas principales orientadas a 60° y 150° y otro grupo con menor desarrollo entre 30° y 40°, las cuales regulan el drenaje de los flujos a través de conductos preferenciales (Rocamora et al.,

1997). En sentido vertical, existe un desarrollo del cavernamiento asociado a las fluctuaciones glacioeustáticas ocurridas durante el Pleistoceno. Los niveles de cavernamiento se agrupan principalmente, entre las cotas +100 y -70 m (Molerio y Fores, 1997). Los trabajos geofísicos ejecutados en pozos en zonas cársicas costeras de Cuba, indican que la velocidad de circulación de las aguas es mayor entre los primeros 15 a 40 m de profundidad del acuífero, pudiendo alcanzar hasta 20 m/d y aun valores superiores (González y Feitó, 1997).

Las precipitaciones medias anuales en esta área son de 1398 mm (Barros y León, 1997), algo menores que la media nacional. Esa cifra es también menor que las reportadas para otras regiones del Caribe (1930 mm en Trinidad según Granger (1982) y entre cerca de 2000 en el período seco hasta cerca de 5000 mm en el período húmedo en las regiones montañosas de Guadalupe (Jeremie, 1982). La mayor parte de las lluvias que caen en la Cuenca Sur de La Habana corresponden a eventos de tipo convectivos y ciclones tropicales que se producen en el período húmedo (mayo-octubre). También se producen eventos lluviosos en el período seco o menos húmedo (noviembre-abril), en ocasiones notables, asociados principalmente a los frentes fríos.

A pesar del volumen de lluvia, el buen drenaje de los suelos, el alto grado de karstificación de las rocas; así como la gran trasmisividad del acuífero, existe un déficit de recursos hídricos en este sector de la cuenca debido a varias razones. En la década del 70 se realizaron obras de canalización que incrementaron el drenaje de las aguas subterráneas de la zona cenagosa, lo cual provocó un desplazamiento de la interfaz agua dulce-agua de mar tierra adentro.

Otro factor que ha contribuido a la salinización de las aguas subterráneas en la región es la intensa explotación a que ha sido sometido el acuífero para el abasto a la población habanera y para el riego de las plantaciones agrícolas. Los acueductos agrupados en un campo de pozos han llegado a extraer un caudal del orden de 3,2 m³/s y los sistemas de riego de 3,5 m³ (López, 1992, en: Jiménez et al., 1997.).

Entre los años 1984 y 1987 se alcanzaron los valores máximos de explotación en este territorio. Esta situación, unida a una disminución en el régimen de

lluvia por debajo de la media anual, incrementó aún más la intrusión marina en el acuífero, por lo cual se tomaron medidas correctoras tales como la regulación del régimen de explotación, la construcción del Conjunto Hidráulico Pedroso-Mampostón-Güira consistente en un sistema de presa y derivadora que conduce el agua superficial a través de un canal para uso agrícola en el área; así como la construcción del Dique Sur, consistente en una barrera impermeable que sobresale entre 1 y 1,5 m sobre el nivel del mar. Todo ello, junto al restablecimiento del régimen normal de precipitación, ha contribuido a aumentar el nivel del agua subterránea, desplazar la interfaz agua dulce-agua de mar hacia la costa y mejorar la calidad de las aguas (González y Feitó, 1997).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el área de estudio se estableció una red de observaciones sistemáticas para el monitoreo de los niveles piezométricos y la calidad de las aguas. Fue seleccionado un perfil de pozos orientados en dirección N-S (Fig. 1). Las muestras fueron tomadas mensualmente a partir del mes de enero de 1997 hasta junio de 1998, en tres niveles de profundidad, representativos de las zonas de agua dulce, de mezcla y de contacto entre el agua dulce y el agua de mar. Los pozos seleccionados fueron: Cajío (0,20 km de la costa, cota topográfica 0,91 m, muestreo a los niveles de 2, 17-18 y 19-23 m); Alvaro Barba (2,5 km de la costa, cota topográfica 1,87 m, muestreo a los niveles de 3, 23-25 y 34 m); Sotolongo Díaz (9 km de la costa, cota topográfica 10,86 m, muestreo a los niveles de 10-11, 40-43 y 50 m).

Para la determinación del nivel del agua subterránea se utilizó un hidronivel H-70 de 100 m de cable y los registros de conductividad eléctrica a diferentes profundidades se realizaron con un equipo ORISON 524 con 100 m de cable (Fig. 2), tomándose las muestras mediante hidrocaptoreos modelo SEBA de nacionalidad alemana.

Las mediciones de los parámetros físico-químicos se realizaron "in situ" mediante pHmetro y medidor de temperatura y potencial redox (Eh), modelo HI-8424 marca HANNA y oxímetro HANNA modelo HI 914. Los contenidos de CO₂ y H₂S, así como la alcalinidad total (HCO₃⁻ y CO₃²⁻) fueron también

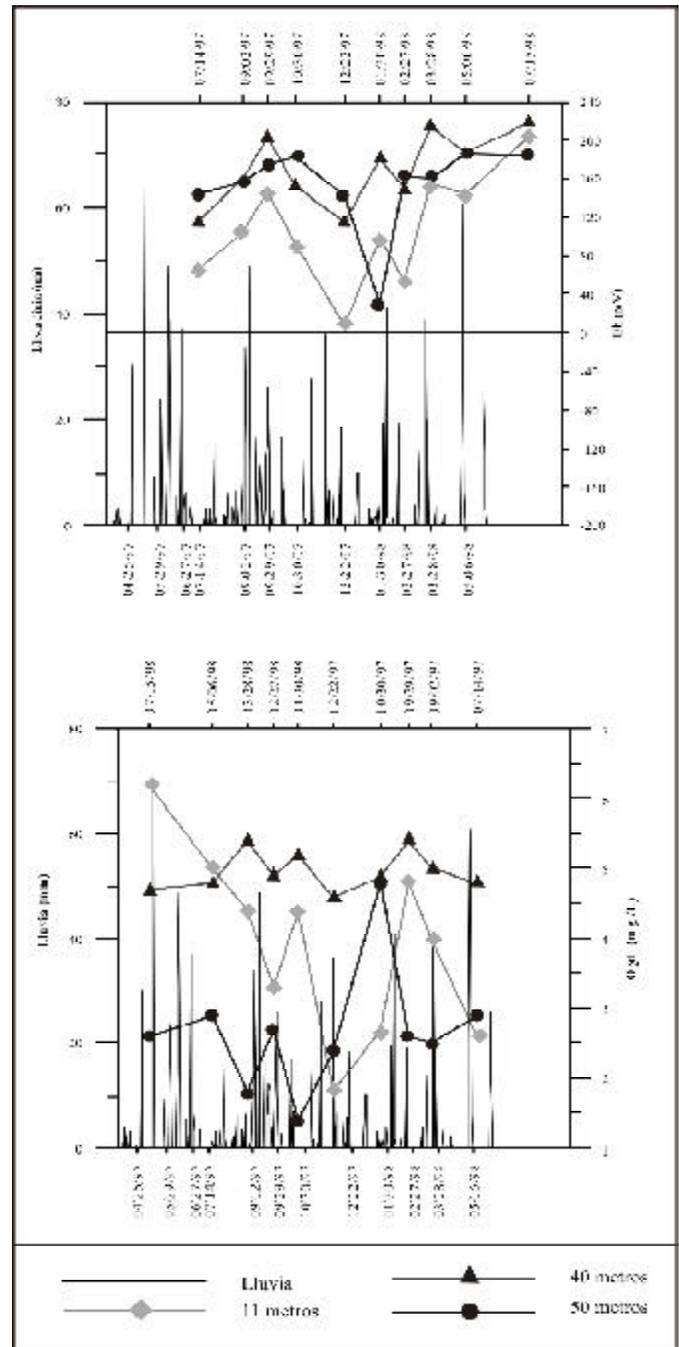


Figura 2. Variación temporal de los valores de Eh (a) y de las concentraciones de oxígeno disuelto (b), pozo Sotolongo Díaz.

determinados en el campo, mientras que los restantes macroconstituyentes (Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺ y Mg²⁺) y componentes trazas se analizaron en el laboratorio antes de las 24 horas de tomada la muestra. Las marchas analíticas se efectuaron mediante las técnicas analíticas estándar (APHA, AWWA, WPCF, 1992). Los iones Na⁺ y K⁺ fueron determinados por fotometría

de llamas (fotómetro marca SOLAR 919 de la UNCAM. La calidad de los datos fue validada mediante el balance iónico y el cálculo de las conductividades eléctricas teóricas basado en el modelo de Miller et al. (1986), implementado en el sistema informático HIDROGEOWIN (Alvarez et al., 1998), con el cual se calcularon además los índices de saturación y otros indicadores geoquímico. Los procesos geoquímicos fueron determinados mediante un software basado en un modelo de balance de masas y mezcla de aguas (Fagundo-Sierra et al, 2001). El resto del procesamiento se efectuó mediante EXCEL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características químico-físicas de las aguas en el acuífero Güira-Quivicán, tomando en consideración sus propiedades geológicas e hidrogeológicas, dependen de tres factores principales: la recarga en la zona de alimentación, determinada por el régimen de lluvia y de organización interna del acuífero; el aporte del humedal, también relacionada con las precipitaciones, y la intrusión marina, asociada tanto a las lluvias como al grado de explotación del acuífero.

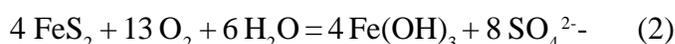
La presencia del humedal en el área, crea condiciones particulares, debido al aporte de materia orgánica, para la producción en la zona de mezcla de procesos de reducción del sulfato procedente del mar por acción de las bacterias sulfuroreductoras. Este proceso de tipo biogeoquímico (Bitton, 1994) puede ser esquematizado mediante la reacción:



Donde CH_2O representa la materia orgánica. En este proceso, por cada meq/l reducido de SO_4^{2-} se producirán iguales cantidades en meq/l de HCO_3^- y de S^{2-} en el agua (Shoeller, 1962). Dicho proceso puede favorecer la disolución de la calcita en el acuífero y el sulfuro originado puede producir H_2S , confiriéndole malos olores al agua, o precipitar en forma de piritita por acción del Fe^{2+} presente en los sedimentos (Custodio y Llamas, 1976; Giménez, 1994). Según Ghazban et al. (en: Giménez, 1994), la correcta estequiometría de la reacción de reducción de sulfatos dependerá de la naturaleza de la materia orgánica.

Como este proceso genera grandes volúmenes de dióxido de carbono, se produce conjuntamente, una intensificación de la karstificación, que se suma a los efectos debido a la disolución por acción del CO_2 originado en la zona no saturada del acuífero por la oxidación bacteriana de materia orgánica, y que penetra en las partes más profundas a través de las grietas, fisuras y conductos kársticos, así como al efecto de mezcla de aguas propio de la zona de mezcla.

El proceso contrario, oxidación de sulfuros, que es el más común, tiene lugar en los sitios más oxigenados del acuífero (niveles más someros, zona de alimentación), especialmente en los períodos más lluviosos:



Estado óxido-reductor del acuífero

Para el estudio del estado redox del acuífero se hace una evaluación de las variaciones temporales de los potenciales redox (Eh) y las concentraciones de oxígeno disuelto, durante el período de tiempo en que fueron tomadas las muestras, para los pozos Sotolongo Díaz, Alvaro Barba y Cajío.

En el pozo Sotolongo Díaz, situado en la zona de alimentación del acuífero; a 9 km de distancia de la costa, se puede observar un ambiente oxidante, valores positivos del potencial redox (Fig. 2a), a las tres profundidades en que fueron tomadas las muestras, representativas de las zonas de agua dulce, de mezcla y de contacto entre el agua dulce y el agua de mar. Los picos de máximos valores de Eh se relacionan con los picos de máximos de lluvia (Fig. 2a), al igual que los del oxígeno disuelto (Fig. 2b).

Para el pozo Alvaro Barba, ubicado en el entorno de un humedal (zona de conducción del acuífero), a 2,5 km de distancia de la costa (Fig. 3a), predomina un ambiente oxidante solamente hasta los 3 m (zona de agua dulce), y a las profundidades de 23 y 34 m, representativas de las zonas de mezcla y de contacto entre el agua dulce y el agua de mar, los valores de Eh se hacen negativos, predominando de esta forma un ambiente reductor. El comportamiento de los valores de Eh y de las concentraciones de oxígeno disuelto con la lluvia

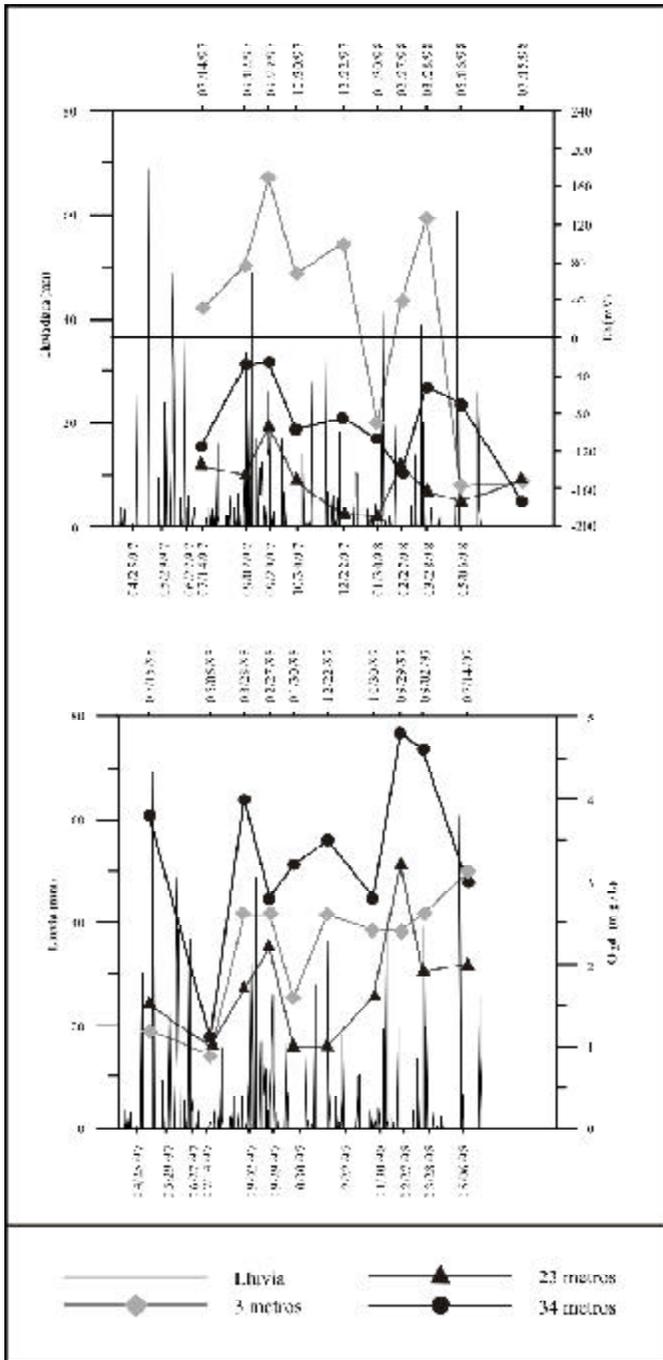


Figura 3. Variación temporal de los valores de Eh (a) y de las concentraciones de oxígeno disuelto (b), pozo Alvaro Barba.

es similar, observándose el aumento de los mismos con los picos de lluvia (Fig. 3b).

Por su parte en el pozo Cajío ya ubicado en la zona de descarga, apenas 200 m de la costa, se observa (Fig. 4a) que a los 2 m de profundidad el ambiente es oxidante (con valores de Eh positivos), mientras para las profundidades de 17 y 23 m el ambiente fluctúa

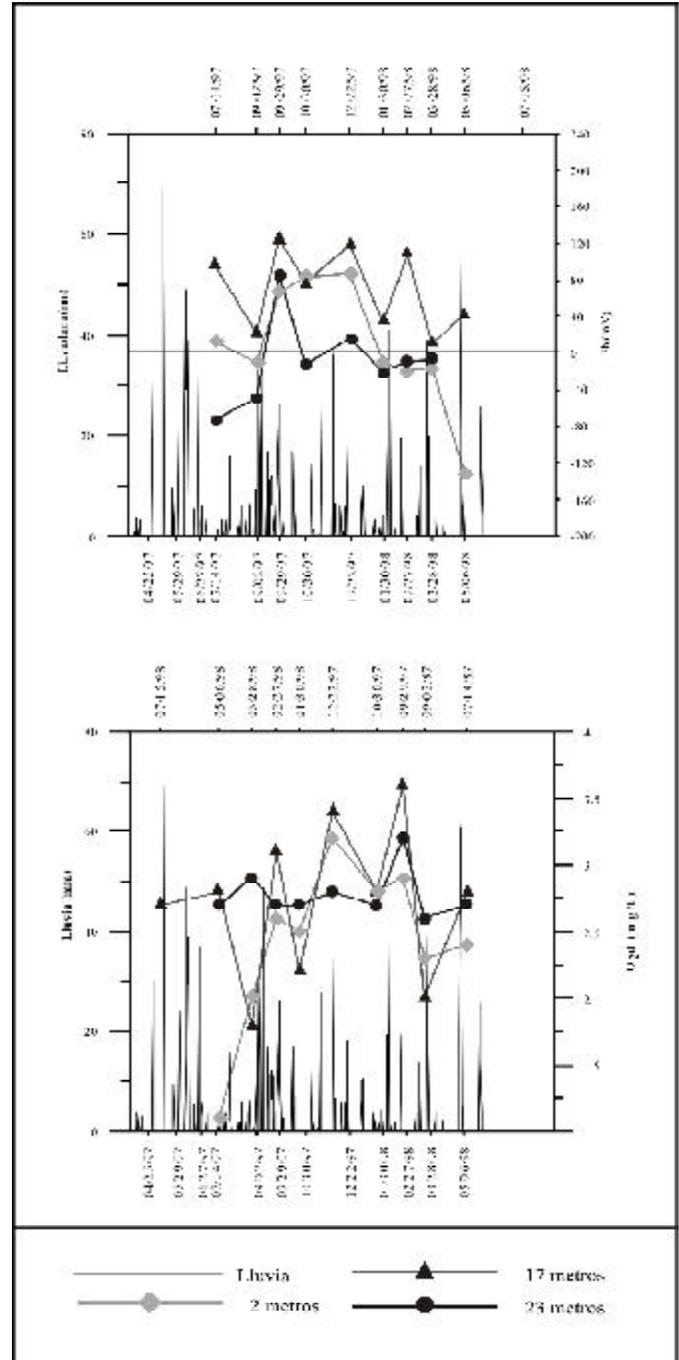


Figura 4. Variación temporal de los valores de Eh (a) y de las concentraciones de oxígeno disuelto (b), pozo Cajío.

entre oxidante y reductor predominando en ocasiones uno sobre el otro y viceversa. En este comportamiento está reflejada la influencia de las mareas por encontrarse este pozo muy cercano a la costa. Por otra parte se puede observar que tanto los valores de Eh como los de las concentraciones de oxígeno disuelto aumentan con los picos de lluvia (Fig 4 a y b).

Patrones hidrogeoquímicos

En la figura 5 a-c se muestran los resultados de los análisis químicos expresados en por ciento de meqv/L mediante diagramas de Stiff (patrones hidrogeoquímicos). En general las aguas evolucionan hacia un mayor contenido de Cl y Na⁺, tanto en sentido vertical como horizontal de los perfiles (desde la zona de recarga, Pozo Sotolongo, hasta la zona de descarga, Pozo Cajío), encontrándose aguas del tipo HCO₃⁻ > Cl : Ca > Na ; Cl > HCO₃⁻ : Na > Ca ; Cl > HCO₃⁻ : Na > Ca = Mg; Cl:Na > Ca y Cl:Na. Llama la atención, sin embargo, el patrón hidrogeoquímico del pozo Alvaro Barba a 23 m (Fig. 5b), el cual se caracteriza por la ausencia de HCO₃⁻ y un contenido alto de Ca²⁺, lo que sugiere la ocurrencia de procesos modificadores de la composición química del agua.

Modificación de la composición química de las aguas como resultado de la mezcla

El método más recientemente utilizado para estudiar las modificaciones que experimentan las aguas en las zonas costeras ha sido el de relacionar los iones

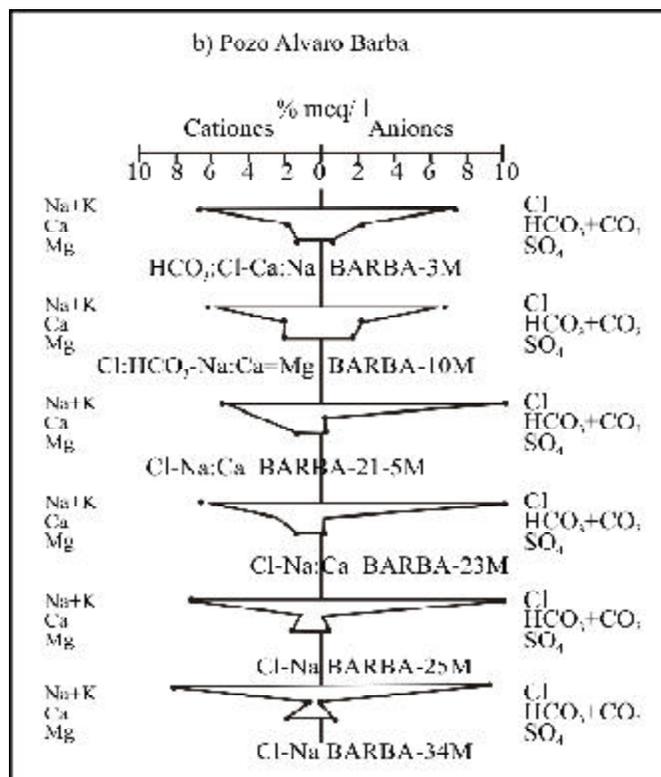


Figura 5b

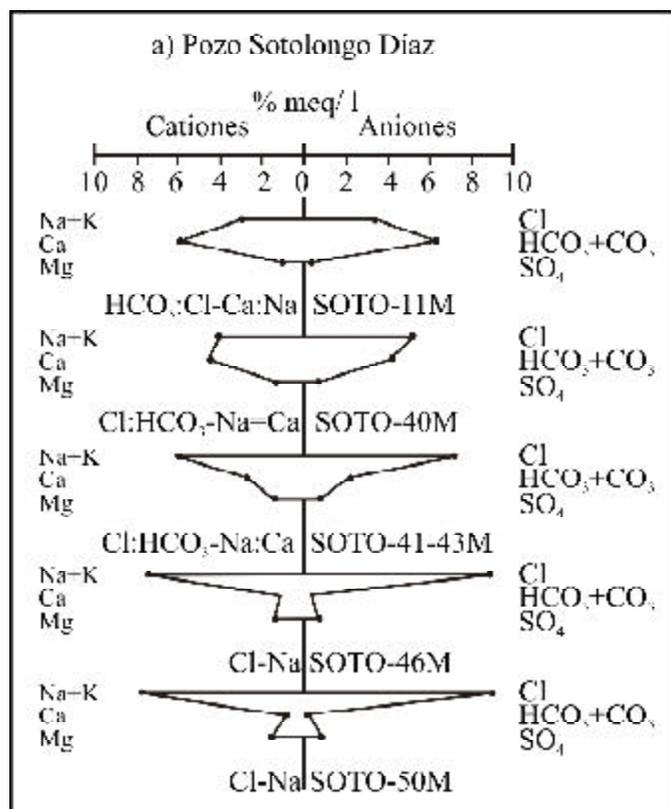


Figura 5a

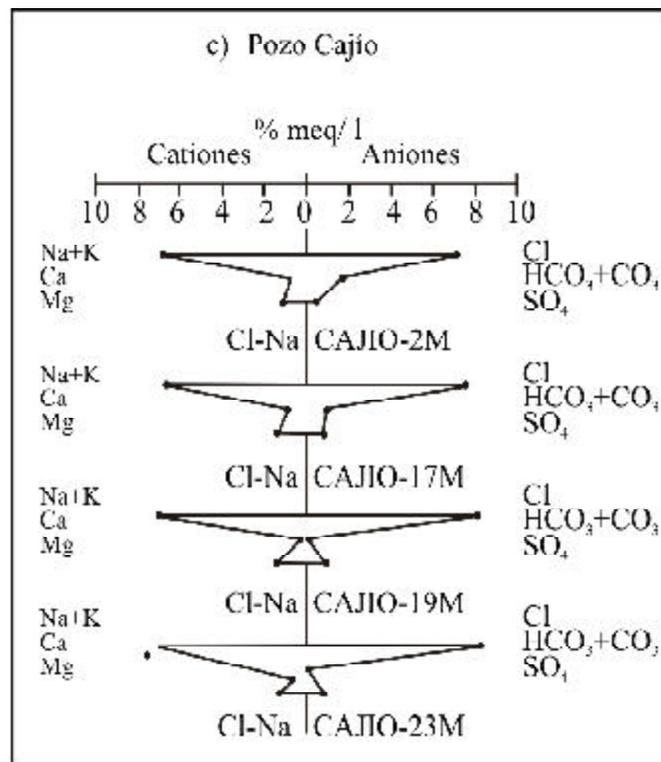


Figura 5. Diagramas de Stiff para los distintos tipos de aguas, a diferentes profundidades, para los pozos: Sotolongo Diaz (a), Alvaro Barba (b) y Cajío (c).

susceptibles de cambios con el ion Cl (dado que este último se comporta como un ion conservativo en la mezcla). Esto se hace mediante el cálculo de los deltas (D) iónicos, que representan la diferencia entre las concentraciones reales de los iones y las teóricas (resultante de una mezcla conservativa).

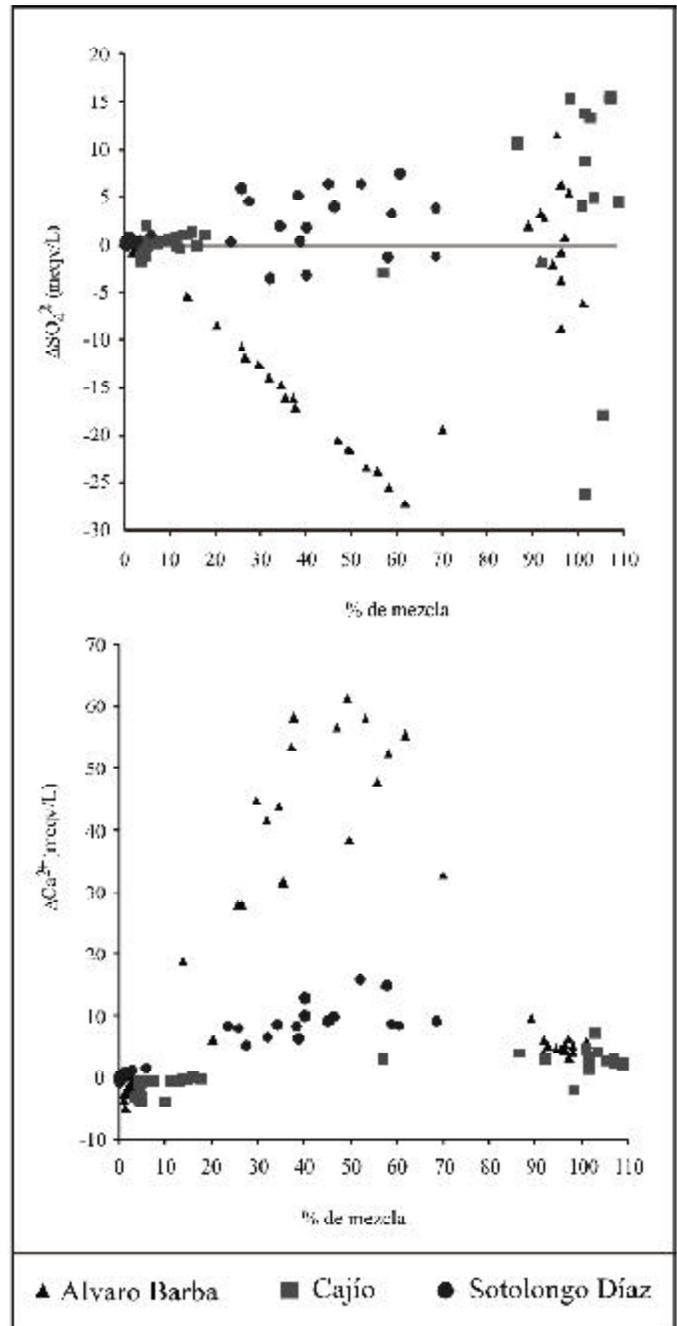
Esta magnitud expresa los cambios cuantitativos en términos de ganancia o pérdida iónica en los procesos modificadores de la composición química, especialmente en la zona de difusión. La misma se puede representar mediante gráficos de tipo X-Y, donde Y representa el incremento o déficit del ion que se evalúa y X el contenido de ion Cl u otros D iónicos (Giménez, 1994). Se pueden medir también los cambios en función del porcentaje de agua de mar presente en la muestra (Boluda et al., 1997).

Sobre la base de las concentraciones del agua dulce, representada en este estudio por el pozo Rancherita y el agua de mar, por la muestra tomada en Playa Cajío, fueron calculadas las ecuaciones de mezcla teórica.

Con el objetivo de evaluar las modificaciones que sufrieron las aguas de esta región en función de su salinidad, entre julio de 1997 y julio de 1998, se relacionaron los incrementos o déficits iónicos con el porcentaje de mezcla de agua de mar que contenía cada muestra (figuras 6 a-c). En las mismas se puede apreciar que los cambios más acentuados se producen, para todos los iones, a partir del 20 % de mezcla, alcanzándose las máximas variaciones entre 40 y 60 %.

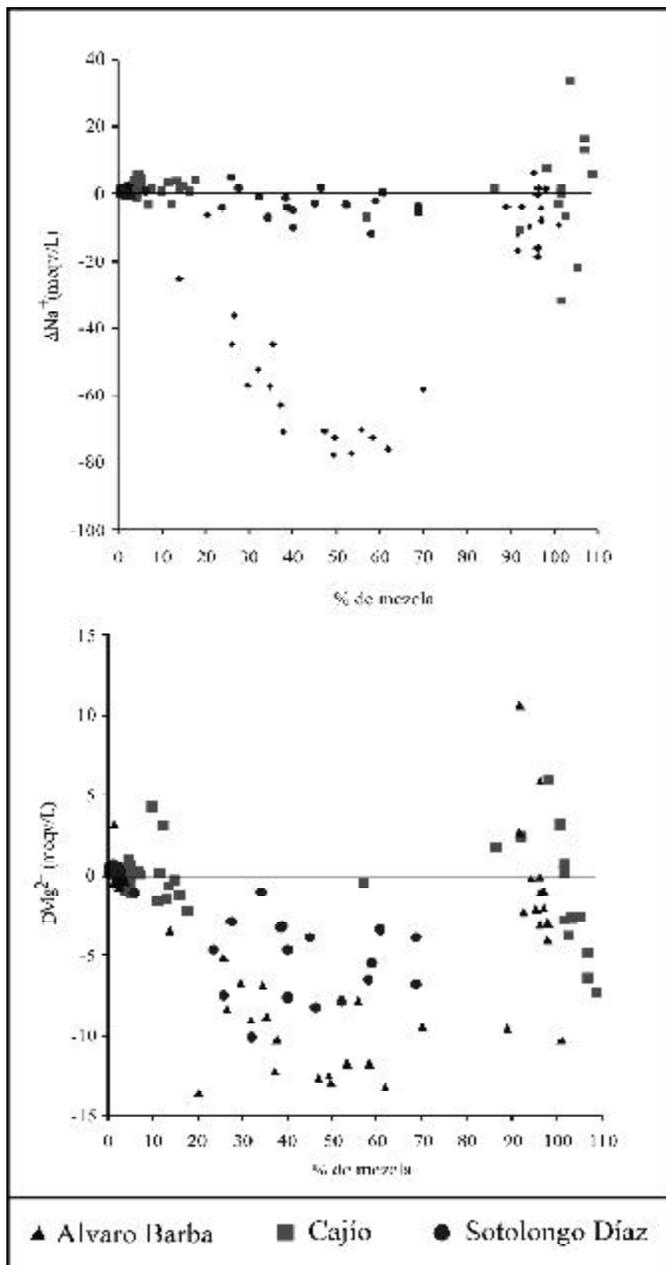
En la Fig. 6a se observan procesos de oxidación de sulfuros de poca intensidad en las aguas que ocupan la parte correspondiente a la zona de alimentación del acuífero (pozo Sotolongo Díaz), en los tres niveles muestreados, los dos primeros representativos de la zona de agua dulce (11 y 40 m) y el tercero de la zona de difusión o de mezcla (50 m).

En el pozo Alvaro Barba ubicado en la zona lacustre se observan intensos procesos de reducción (DSO_4^{2-} negativos). Este comportamiento es en general coherente, con los valores de Eh medidos en el campo, fundamentalmente a las profundidades de 23 y 34 m y puede atribuirse a la acción de las bacterias anaeróbicas sobre los iones SO_4^{2-} procedentes del mar, las cuales disponen de un suministro elevado de materia orgánica brindada por la ciénaga, tal como se señaló anteriormente.



Figuras 6a, 6b

En la figura 6 b se muestran los correspondientes incrementos del ion Ca^{2+} en las aguas muestreadas en los diferentes pozos, asociados también a los procesos de reducción de SO_4^{2-} discutidos anteriormente. En general, el incremento de calcio y la disminución de Na^+ es extraordinariamente notable en el pozo Alvaro Barba entre 23 y 25 m de profundidad (donde las aguas alcanzan alrededor de un 20 % de mezcla con agua de



Figuras 6 c, 6d: Variación con el porcentaje agua de mar en la mezcla de los deltas iónicos.

mar) y sugiere la ocurrencia de un intensos procesos de intercambio iónico mediante la reacción:



En la Fig. 6c se observa una tendencia a la disminución del ΔNa^+ con el porcentaje de agua de mar, proceso que adquiere una gran intensidad en el pozo Alvaro Barba (perforado en el humedal), lo cual se debe al intercambio iónico inverso. Un comportamiento similar ocurre en el

pozo Sotolongo Díaz al nivel más profundos (46-50 m). Por el contrario, los procesos de intercambio iónico directo, que se expresan mediante una ecuación química inversa a la anterior, se aprecian en los restantes pozos y niveles.

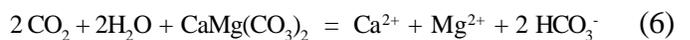
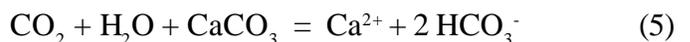
Los fenómenos de intercambio iónico son importantes en los acuíferos costeros de tipo detrítico constituidos por arcillas o materia orgánica (Boluda et al., 1997), no así en los acuíferos kársticos compuestos por calizas finas como las de Florida y Yucatán (Back y Hanshaw, 1981). En la región catalana, donde los acuíferos carbonatados poseen una notable proporción de arcilla también se producen procesos de intercambio iónico.

El tipo de intercambio iónico en los acuíferos costeros se relaciona con la ocurrencia de procesos de retirada hacia el mar de la zona de mezcla agua dulce-agua salada o de penetración del mar hacia la tierra (Custodio y Llamas, 1976). El primer caso supone un cambio de Ca^{2+} y Mg^{2+} por Na^+ , donde los dos primeros iones disminuyen y el tercero aumenta (intercambio iónico directo), mientras que en el segundo caso sucede lo contrario, esto es, aumento de la cantidad de Ca^{2+} y Mg^{2+} en el agua a expensas del Na^+ que disminuye (intercambio iónico inverso). En este caso el agua tiende a hacerse incrustante y a rellenar las cavidades. El intercambio en el caso del Mg^{2+} puede quedar enmascarado por su tendencia a combinarse con el $CaCO_3$ en el proceso de dolomitización.

La dolomitización se produce generalmente por alteración de la calcita y la dolomita, aportando también iones calcio al agua subterránea. Este proceso que puede esquematizarse mediante la ecuación:



Finalmente, la disolución de la calcita y la dolomita aporta al medio acuoso tanto iones Ca^{2+} como Mg^{2+} , mientras que la precipitación de estos minerales sustrae dichos iones al agua:



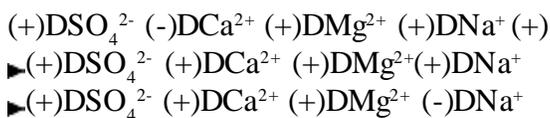
En la figura 4 se muestran cómo varía la magnitud ΔMg^{2+} con el porcentaje de mezcla. Como se puede

apreciar, en la zona de difusión del acuífero, por lo general, tienden a primar los procesos de disolución de calcita con dolomitización, mientras que la disolución de dolomita con precipitación o no de calcita ocurre en el la zona más cercana al área de alimentación del acuífero. Resultados parecidos han sido reportados en Yucatán por Back et al. (1986), donde existen características hidrogeológicas similares.

Resultados del tratamiento estadístico de los datos y la aplicación de modelos hidrogeoquímicos.

Los métodos de estadística bivariada han sido ampliamente utilizados en la hidrogeología y se basan en la estimación de una variable a partir de otra con la cual guarda una estrecha relación matemática (Guerón et al., 1973). El empleo de estos métodos, especialmente el de las correlaciones lineales múltiples, es muy útil en bases experimentales, donde se generan un gran número de datos hidroquímicos, hidrológicos e hidrogeológicos, ya que los mismos brindan una valiosa información acerca de las regularidades matemáticas entre las diferentes variables, facilitando la interpretación de los procesos geoquímicos e hidrogeológicos que se producen.

Se realizaron las matrices de correlaciones múltiples de los deltas iónicos correspondientes a los diferentes niveles de profundidad muestreados en cada pozo, obteniéndose en las profundidades de 11 y 40 m del pozo Sotolongo Díaz (N = 33), representativo de la zona de alimentación del acuífero (donde los procesos modificadores de la composición química de las aguas son poco notables) correlaciones con una alta significación ente el porcentaje de agua de mar en la mezcla (0.18-5.83 %) y DSO_4^{2-} , DCa^{2+} y $-DMg^{2+}$ (0.66, 0.80 y 0.67 respectivamente), y con igual significación correlaciona DSO_4^{2-} con DCa^{2+} (0.51) y DCa^{2+} con $-DNa^+$ (0.62). Los patrones de procesos geoquímicos acorde a la salinización evolucionan según el siguiente esquema:

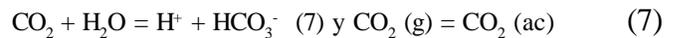


Esto indica que a pesar de la poca intensidad de los procesos, en el intervalo menos profundo del

pozo (11 y 40 m), tienen lugar procesos geoquímicos combinados.

Para determinar cuales son los procesos geoquímicos que originan la composición química de un agua, los modelos de balance de masas y de mezcla de agua constituyen una herramienta muy útil. Dichos modelos han sido implementados en el sistema informático MODELAGUA (Fagundo Sierra et al., 2001) y los resultados de su aplicación en el acuífero desarrollado en el sector hidrogeológico Guira-Quivacán para establecer cuales son los procesos que modifican la composición química teórica que debía esperarse a partir de la mezcla conservativa agua dulce-agua de mar se muestran en la Tabla 1.

Los coeficientes de las ecuaciones químicas son similares a las magnitudes de los delta iónicos (Tabla 1) originados por la interacción agua dulce-roca-agua de mar, con excepción de los coeficientes correspondientes a las ecuaciones de disolución o precipitación de calcita . Se incluyen en la Tabla 1, los coeficientes estequiométricos de las ecuaciones:



En la parte más somera del pozo Sotolongo Díaz, la magnitud de DSO_4^{2-} , relacionada con los procesos redox, es del orden de cero y adquiere un valor más positivo (aunque poco significativo) al aumentar la salinidad del agua. Los restantes delta iónicos también son pequeños. No obstante, se debe señalar que en este intervalo (entre 10 y 11 m de profundidad, N = 10) se observan correlaciones altamente significativas de RSC con RSD (0,79), Eh con O_2 (0,93) y pH con $DHCO_3^-$ (0,77), mientras que en el nivel intermedio (41-43 m) se encuentran correlaciones altamente significativas entre RSC y $-RSD$ (0,98).

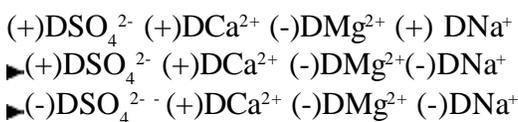
Las magnitudes de los delta iónicos (Tabla 1) se explican mediante procesos geoquímicos de precipitación de calcita, disolución de dolomita e intercambio iónico directo, siendo despreciables los procesos de tipo redox. En el nivel más profundo (46-50 m, N = 17) sólo se encuentran correlaciones altamente significativas entre DSO_4^{2-} y $-DNa^+$ (0,62), y entre el % de mezcla (23,46-68,55 %) y $DHCO_3^-$ (0,91). Los patrones hidrogeoquímicos evolucionan según el siguiente esquema:

Pozo	Prof. (m)	% mezcla	Deltas iónico y Coeficientes estequiométricos de las ecuaciones 1-7								
			ΔSO_4	ΔCa	ΔMg	ΔNa	ΔHCO_3	ΔCO_3	mCa	mHCO ₃	mCO ₂
Soto	10,11	0,3	-0,04	-0,53	+0,15	+0,63	-0,11	-0,15	-0,37	-0,05	-0,26
	40	1,2	+0,08	-0,21	+0,22	-0,01	-0,12	-0,24	-0,43	0,01	-0,38
	50	46,8	+1,13	+4,45	-2,69	-4,81	-1,18	-0,31	-0,42	+2,62	-1,09
Barba	3-15	2,5	+0,13	-1,11	+0,12	+1,00	-0,79	-0,65	-0,20	-1,42	-1,89
	23	41,8	-9,10	+21,79	-5,13	-57,64	-3,61	+0,05	-12,88	3,96	-8,87
	25	71,5	-9,88	-16,26	-4,74	-58,03	-2,68	+0,14	-17,34	-12,63	-4,56
	34	97,4	+0,47	+2,45	-0,72	-6,64	-2,46	+0,86	-1,52	+6,43	+4,83
Cajío	2	4,4	-0,40	-1,88	-0,25	+3,26	+0,35	-0,70	-0,36	+0,25	-0,80
	17	11,3	+0,09	-0,75	+0,05	+0,96	-0,52	-0,20	-0,04	+0,57	+0,26
	23	99,8	+1,91	+1,44	-0,49	-4,64	+2,91	+0,68	+1,11	-4,53	+2,49

Equivalencias:

$\Delta\text{SO}_4 = +2 \text{ m (SO}_4\text{) (oxidac. pirita) - m (SO}_4\text{) (reducción de sulfato)}$
 $\Delta\text{H}_2\text{S} = + \text{ m (SO}_4\text{) (reducción de sulfato)}$
 $\Delta\text{Mg} = + \text{ m (Mg) (disolución de dolomita) } \pm \text{ m (Mg) (+ disolución - precipitación de calcita)}$
 $\Delta\text{Ca} = \pm \text{ m Ca (+ disolución, precipitación de calcita) + m Mg (precipitación de dolomita) } \pm \frac{1}{2} \text{ m Na}$
 (- intercambio iónico directo, + intercambio iónico)
 $\Delta\text{Na} = - \text{ m (Na) (+ intercambio iónico directo, - intercambio iónico inverso)}$
 $\Delta\text{HCO}_3 = 2 \text{ m (SO}_4\text{) (reducción de sulfato) - 4 m (Mg) (disolución de dolomita) } \pm 2 \text{ m Ca (- disolución, - precipitación de calcita) + x m CO}_2\text{ (CO}_2\text{ HCO}_3\text{)}$
 $\Delta\text{CO}_2 = 2 \text{ m (Mg) (disolución de dolomita) - 2 m Ca (- disolución, + precipitación de calcita) + x m HCO}_3\text{ (CO}_2\text{ HCO}_3\text{)} = y \text{ m CO}_2\text{ (- escape, + generación de CO}_2\text{)}$

Tabla 1. Magnitud de los deltas iónicos originados en el proceso de interacción agua dulce-roca-agua de mar en el acuífero Güira-Quivicán.



Los cálculos obtenidos aplicando los modelos de balance de masas y mezcla de aguas, indican que las modificaciones químicas expresadas en términos de incremento o déficit iónicos, pueden ser explicadas mediante procesos de oxidación de pirita, disolución de calcita, precipitación de dolomita (dolomitización) e intercambio iónico inverso. Con el aumento de la salinidad del agua se hacen menos intensos los procesos de oxidación y tienden a transformarse en procesos de reducción de sulfato, mientras que los intercambios iónicos pasan de tipo directo a tipo inverso en el mismo al hacerse las aguas más salinas.

En el nivel más somero del pozo Alvaro Barba (3 m, N = 16), ubicado en el propio humedal, los procesos geoquímicos son de poca intensidad, pero a pesar de ello correlacionan en forma altamente significativa DHCO₃⁻ y DCa²⁺ (0,87), y en forma significativa DSO₄²⁻ y -DNa⁺ (0,56), aunque ninguno de los deltas iónicos correlacionan con el porcentaje de agua de mar en la mezcla. Los patrones hidrogeoquímicos (Tabla 1) más generalizados son:



Los cálculos mediante los modelos hidro-geoquímicos explican este comportamiento mediante procesos de oxidación de sulfuros, precipitación de

calcita, disolución de dolomita e intercambio iónico directo.

A partir de los 20 m y hasta los 25 m de profundidad (N = 18), los procesos geoquímicos son de gran intensidad, lo cual se manifiesta por las altas magnitudes de los deltas iónicos. Se obtienen correlaciones altamente significativas de % de mezcla (13,91-70,12 %) con $-DSO_4^{2-}$, DCa^{2+} , $-DMg^{2+}$ y $-DNa^+$ (0,99; 0,83; 0,71 y 0,90 respectivamente), y todas estas magnitudes correlacionan también entre sí con similar significación. Se presenta un solo patrón de procesos geoquímicos combinados correspondiente a la notación:



Tomando en consideración este patrón debía esperarse la ocurrencia de procesos combinados de reducción de sulfato, disolución de calcita, precipitación de dolomita e intercambio iónico inverso. Sin embargo, la magnitud del intercambio iónico es tan grande que el balance de DCa^{2+} , aplicando los modelos de balance de masas y mezcla de aguas, sólo se satisface considerando en los cálculos el proceso de precipitación de calcita en lugar del de disolución de este mineral.

Para explicar este comportamiento en el nivel intermedio del pozo Alvaro Barba, se pueden considerar una serie de procesos geoquímicos combinados, que pueden originarse con diferentes escalas de tiempo, tales como los que se relacionan a continuación:

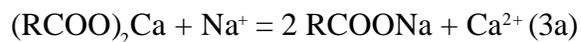
1. Reducción anaeróbica de sulfato, que de acuerdo a la ecuación (1) genera una cierta cantidad de dióxido de carbono.

2. El CO_2 formado mediante en el proceso redox, junto al que puede llegar desde la zona de recarga por oxidación biogénica hasta este sector del acuífero a través de los conductos cársicos, puede producir un intenso proceso de disolución de carbonatos (ecuaciones 5 y 6).

3. Formación de complejos organometálicos entre los ácidos húmicos y fúlvicos procedentes de la materia orgánica suministrada por el humedal, la cual queda intercalada entre las oquedades de los sedimentos carbonatados, los limos y las arcillas. Esta reacción puede esquematizarse de la siguiente manera:



4. Intercambio iónico inverso a partir de los complejos orgánicos y el Na^+ procedente del mar.



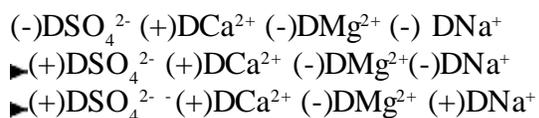
5. Precipitación del exceso de calcio (ecuación 4 invertida).

6. Dolomitización como resultado de la reacción entre el carbonato de calcio formado en forma dispersa o del propio material carbonatado de la matriz rocosa y el exceso de magnesio procedente del mar (ecuación 4).

La cantidad total de calcio extraído de la caliza en los diferentes procesos geoquímicos que tienen lugar en la zona de mezcla bajo la influencia del humedal, es por tanto mayor que lo potencialmente posible a depositar en el acuífero.

En el nivel más profundo del pozo Alvaro Barba, correspondiente al muestreo a los 34 m (89-100 %, N = 17), las correlaciones son altamente significativas entre el % de mezcla y DSO_4^{2-} , $DHCO_3^-$, $-DCa^{2+}$ y $-DNa^+$ (0,60; 0,93; 0,93 y 0,80 respectivamente), y a su vez los deltas iónicos correspondientes correlacionan entre sí con similar significación. También se presentan correlaciones semejantes (N = 10) de RSC con RSD y pH (0,93 y 0,84 respectivamente).

Los patrones de procesos geoquímicos tienden a evolucionar con la salinidad según las siguientes notaciones:



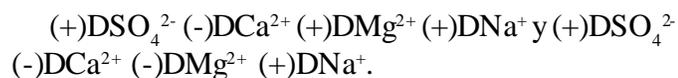
Esto representa una evolución de los procesos con la salinidad de la siguiente manera: el proceso de reducción de sulfato que predomina en el nivel medio y la parte menos salinizada del nivel más profundo, tiende a transformarse en proceso de oxidación de sulfuro con el aumento de la salinidad. El proceso de intercambio iónico predominante a salinidad más baja es el de tipo inverso y a salinidad mayor de tipo directo. En ese intervalo, priman los procesos de disolución de calcita y precipitación de dolomita.

En el pozo Cajío, ubicado en la zona de descarga al mar y próximo al humedal, al igual que en los casos anteriores, los procesos geoquímicos no son intensos en el nivel menos profundo (2 m). Aquí no se observan correlaciones entre el porcentaje de mezcla y los delta iónicos, aunque sí correlacionan de tipo altamente significativa ($N = 16$) de DCa^{2+} con DMg^{2+} (0,89) y DNa^+ (0,76), así como de RSC con RSD (1,0), Eh con O_2 (0,94) y de pH con CO_2 (0,91) y con -DCa^{2+} (0,98).

Se destaca un patrón de procesos geoquímicos: $(-)\text{DSO}_4^{2-}$ $(-)\text{DCa}^{2+}$ $(-)\text{DMg}^{2+}$ $(+)\text{DNa}^+$, el cual representa los procesos combinados de reducción de sulfato, precipitación de calcita y dolomita, así como intercambio iónico directo (Tabla 1).

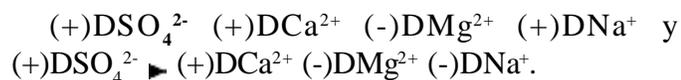
El otro patrón: algo menos frecuente es: $(+)\text{DSO}_4^{2-}$ $(-)\text{DCa}^{2+}$ $(-)\text{DMg}^{2+}$ $(+)\text{DNa}^+$, donde el signo del DSO_4^{2-} , corresponde a un proceso de oxidación de sulfato en lugar de reducción de sulfuro.

En el nivel intermedio del pozo Cajío a los 17 m, el % de mezcla correlaciona con DHCO_3^- (altamente significativa, 0,74) y el DCa^{2+} también lo hace con el DMg^{2+} con semejante significación (0,72). También correlacionan entre sí en forma significativa, Eh con O_2 (0,94), pH con -DCa^{2+} (0,99) y DMg^{2+} (0,96). Los patrones de procesos geoquímicos pueden expresarse por las notaciones:



Corresponden a los procesos de oxidación de pirita, disolución de calcita e intercambio iónico directo en ambos, sólo variando el DMg^{2+} que en el primer patrón denota disolución y en el segundo precipitación de dolomita (Tabla 1).

Finalmente, en el pozo Cajío, muestreado a los 23 m, correlacionan de manera altamente significativa el % mezcla con DSO_4^{2-} y DNa^+ (0,74). También lo hacen en forma similar O_2 con Eh (0,87) y con DSO_4^{2-} (0,69) y RSC con RSD (0,99). Los patrones de procesos hidrogeoquímicos más frecuentes pueden ser esquematizados mediante las siguientes notaciones:



Los cálculos mediante modelos de balance de masas y mezcla de agua indican la ocurrencia de procesos de oxidación de sulfuros, disolución de calcita, precipitación de dolomita e intercambio iónico directo e inverso respectivamente (Tabla 1).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que en la región objeto de estudio (tramo hidrogeológico Güira-Quivicán de la Cuenca Sur de La Habana), ocurren complejos procesos de mezcla, los cuales producen notables modificaciones en la composición química de las aguas y pueden ser evaluados cuantitativamente a partir de las relaciones iónicas con el Cl debido a su carácter conservativo en la mezcla agua dulce-agua de mar.

De estos procesos, los más significativos son la reducción anaeróbica de los sulfatos en la zona de mezcla y en la zona de contacto con el mar especialmente el área influenciada por el humedal, los cuales tienden a producir a su vez, incrementos en los contenidos de calcio a expensas del material carbonatado del acuífero. Estos cambios pueden ser acelerados debido a la actividad del hombre y como resultado de todo ello, dar lugar a incrementos de la porosidad secundaria del acuífero kárstico por cavernamiento, así como producir un mayor deterioro de la calidad del agua. Otro proceso geoquímico relevante en la zona de influencia del humedal es el de intercambio iónico inverso.

En general, se puede establecer que en el intervalo estudiado, los procesos geoquímicos que han tenido lugar en el sector hidrogeológico Güira-Quivicán de la Cuenca Sur de La Habana, han estado controlados por el grado de salinidad de las aguas, el aporte de materia orgánica por parte de la zona de pantanos, las oscilaciones de las mareas, el régimen de precipitación y alimentación del acuífero, así como la explotación del mismo por el hombre. Sobre esas bases se pueden distinguir hasta 6 zonas hidrogeoquímicas o de procesos hidrogeoquímicos características:

1) Zona de agua dulce carente de Cl de origen marino, representado por el pozo Rancherita (tomado como miembro extremo de la mezcla), donde no se producen procesos modificadores de la composición química del agua. En esta zona se presentan

condiciones oxidantes caracterizada por la presencia de abundante oxígeno disuelto y un valor de Eh positivo. Se producen, principalmente, los normales procesos de disolución de calcita y dolomita; las aguas se encuentran subsaturadas con respecto a ambos minerales.

2) Zona de agua dulce muy poco salinizada, con 0,3-6 % de agua de mar en la mezcla, correspondiente a los niveles someros y medios de los pozos situados más distantes de la costa (Sotolongo Díaz 10-41 m). Tienen lugar, fundamentalmente, procesos poco relevantes de oxidación de sulfuros, disolución o precipitación de calcita, disolución de dolomita e intercambio iónico directo. Las aguas se encuentran cercanas a la saturación respecto a la calcita (se hacen subsaturadas durante las lluvias) y están saturadas respecto a la dolomita.

3) Zona de agua dulce ligeramente salinizada, con 2-6 % de mezcla con agua de mar, correspondiente a los niveles someros de la zona del acuífero cercana al pantano (Alvaro Barba 3 m). Se presentan condiciones oxidante y predominan los procesos de oxidación de sulfuros, precipitación de calcita y disolución de dolomita e intercambio iónico directo. Las aguas tienden a presentarse saturadas o sobresaturadas a la calcita y la dolomita, excepto durante las lluvias en que se hacen subsaturadas a ambos minerales.

4) Zona de mezcla, con 10-74 % de agua de mar, correspondiente a los niveles más profundos de los pozos del área de recarga ubicados más distantes de la costa (Sotolongo Díaz, 50 m). Prevalcen las condiciones oxidantes, aunque el contenido de oxígeno disuelto es menor y el potencial redox no tan alto como en los niveles someros de los pozos de la zona de alimentación del acuífero. Los procesos geoquímicos que predominan son los de oxidación de sulfuros, disolución de calcita, dolomitización e intercambio iónico inverso. Las aguas suelen encontrarse sobresaturadas con respecto a la calcita y la dolomita.

5) Zona de contacto agua dulce-agua de mar, con 98-100 % de mezcla, correspondiente a los niveles más profundos de los pozos Cajío y Alvaro Barba. Predominaron los procesos de oxidación de sulfuros, disolución de calcita, dolomitización e intercambio iónico directo.

6) Zona de agua dulce ligeramente salinizada (III), con 2-10 % de mezcla, correspondiente a los niveles someros y medios de los pozos ubicados cerca de la costa y del área de pantanos (Cajío 2 m, Alvaro Barba 3 m). El medio oscila entre oxidante a reductor en dependencia del régimen de lluvia. Ocurrieron procesos de oxidación de sulfuros (Barba) o reducción de sulfatos (Cajío), precipitación de calcita, disolución de dolomita e intercambio iónico directo. Las aguas tienden a encontrarse saturadas respecto a la calcita y la dolomita.

7) Zona de mezcla, con 6-70 % de agua marina, correspondiente a los niveles medios del pozo Alvaro Barba (23 m). Las aguas poseen poco oxígeno disuelto y prevalecen las condiciones reductoras. Predominaron con gran intensidad procesos de reducción de sulfatos, disolución de calcita, dolomitización e intercambio iónico inverso. Las aguas se presentan subsaturadas a la calcita y la dolomita.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, E.; J.R. Fagundo e I. Vinardel. 1998. Automatización del control de los parámetros químicos físicos y la calidad de las aguas. En: *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental. Hombre y Medio Ambiente*. Editorial Academia, La Habana, 164-167.
- Appelo, C.A.J. and D. Postma. 1993. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Balkema, Rotterdam, 536 pp.
- APHA-AWWA-WPCF. 1992. *Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Aguas Residuales*. Am. Public Assoc., Edición 17th. Editorial Grijalbo (Madrid), 4-1-4-235.
- Back, W. and B.B. Hanshaw. 1981. Chemical characterization of cave, cove, caleta and karst creation in Quintana Roo. *Geological Society of America Abstracts*, 94 th Annual Meeting: 23 (7), 400.
- Back, W.; B.B. Hanshaw; J.S. Herman and J.N. Van Driel. 1986. Differential dissolution of a Pleistocene reef in the ground-water mixing zone of coastal Yucatan, Mexico. *Geology*, 14 (2), 97-192.
- Bitton, G. 1994. Role of microorganisms in biogeochemical cycles. In: *Wastewater Microbiology*. Ed. Wiley-Liss, 51-73.
- Barros, O.; y A. León. 1997. Recarga y acuosidad en cuencas de llanuras. En: *Investigaciones*

- Hidrogeológicas en Cuba*. Eds. D.M. Arellano, M.A. Gómez-Martín, I. Antigüedad, Bilbao, 53-59.
- Boluda, N.; C. Sempere y F. Ruiz. 1997. Hidrogeoquímica de la intrusión marina del acuífero Cuaternario de Jávea (Alicante). En: I Congreso Iberoamericano de Geoquímica. VII Congreso de Geoquímica de España. Soria 1997, Ed.: CEDEX, España, 465-470.
 - Custodio, E. y R. Llamas. 1976. *Hidrología Subterránea*. 2º ed. Ed. Omega, Barcelona, 2350 p.
 - Fagundo, J.R. 1996. Química del Agua Kárstica. En: *Hidroquímica del Karst*. J.R. Fagundo, J.E. Rodríguez, J.J. Valdés, Universidad de Granada, 13-124.
 - Fagundo, J.R. and P. González. 1999. Agricultural use and water quality at karstic west Cuban Southern plain. In: *Karst and Agriculture in the World*. International Journal of Speleology, (Italia), 28 B (1/4): 175-185.
 - Fagundo-Sierra, J.; J.R. Fagundo; P. González, M. Suárez. 2001. Modelación de las aguas naturales. En: Memorias del VII. Taller de la Cátedra de Medio Ambiente, ISCTN, La Habana. Soporte electrónico.
 - Ferrera, V.; J.R. Fagundo; P. González; I. Morrell; A. Pulido-Boch; M. López-Chicano y F. López-Vera. 1999. Caracterización Hidrogeoquímica de los acuíferos kársticos de la Cuenca y Zapata, Matanzas, Cuba. *Voluntad Hidráulica*, (91): 21-27, C. Habana.
 - Hanshaw, B.B. and W. Back 1979. Major geochemical processes in the evolution of carbonate-aquifer systems. *J. Hydrology*, 43, 287-212.
 - Guéron, J.; J.R. Fagundo; I. Abelló y E. Ontivero. 1993. Utilización de técnicas de regresión en el procesamiento de datos de diferente naturaleza hidrogeoquímica. Libro de Comunicaciones I Taller sobre Cuencas Experimentales en el Karst, Matanzas 1992). Ed. Univ. Jaume I, Castellón (España): 195-204.
 - Giménez, E. 1994. Caracterización hidrogeoquímica de los procesos de salinización en el acuífero detrítico costero de la Plana de Castellón (España). Tesis Doctoral, 469 p.
 - González, P.; J.R. Fagundo; G. Benítez; M. Suárez y J. Ramírez. 1999. Influencia de la reducción de sulfatos en los procesos de disolución y precipitación de carbonatos en un acuífero cársico costero. *Ingeniería Hidráulica*, 20 (3), 41-4.
 - González, A. 1997. La recarga artificial contra la intrusión salina. ¿Hasta dónde resulta eficaz en las formaciones cársicas?. En: *Investigaciones Hidrogeológicas en Cuba*. Eds. D.M. Arellano, M.A. Gómez-Martín, I. Antigüedad, Bilbao, 89-103.
 - González, A. y R. Feitó. 1997. Obras costeras contra la intrusión salina para el beneficio de los recursos explotables de una cuenca subterránea. En: *Investigaciones Hidrogeológicas en Cuba*. Eds. D.M. Arellano, M.A. Gómez-Martín, I. Antigüedad, Bilbao, 71-86.
 - Granger, O.E. 1982. Climatic fluctuations in Trinidad, West Indies and their implications for water resources planning. *Caribbean Journal of Science*, Univ. Puerto Rico, 17 (1-4), 173-201.
 - Jeremie, J.J. 1982. Contribution a l'étude géochimique des eaux souterraines froides de la basse-terre (Guadeloupe, Petites Antilles). *Caribbean Journal of Science*, Univ. Puerto Rico, 17 (1-4), 133-150.
 - Jiménez, S.; E.R. Santiesteban y J.A. Arencibia. 1997. Evolución de la intrusión marina en el acuífero de la costa Sur de La Habana. En: *Investigaciones Hidrogeológicas en Cuba*. Eds. D.M. Arellano, M.A. Gómez-Martín, I. Antigüedad, Bilbao, 115-123.
 - Miller, R.L.; W.L. Braford and N.E. Peters. 1986. Specific conductance: theoretical considerations and application to analytical quality control. U. Geological Survey Water-Supply. Paper 2311, 27 p.
 - Molerio, L.F. y E. Flores. 1997. Paleoclimas y paleocarsos: los niveles de cavernamiento y la variabilidad del clima tropical en el golfo de México y el Caribe. En: *Investigaciones Hidrogeológicas en Cuba*. Eds. D.M. Arellano, M.A. Gómez-Martín, I. Antigüedad, Bilbao, 225-223.
 - Morell, I.; E. Giménez; J.R. Fagundo; A. Pulido-Bosch, M.L. López-Chicano, M.L. Calvache y J.E. Rodríguez. 1997. Hydrogeochemistry and karstification in the Ciénaga de Zapata aquifer (Matanzas, Cuba). In: *Karst Water and Environmental Impacts*, Gunay and Johnson (Editors), Balkema, Rotterdam, Brookfield, 191-198.
 - Rocamora, E.; M.G. Guerra y E. Flores. 1997. Factores morfoestructurales e intrusión marina en

acuíferos carbonatados. Caso de estudio, Cuenca Sur de La Habana, En: *Investigaciones Hidrogeológicas en Cuba*. Eds. D.M. Arellano, M.A. Gómez-Martín, I. Antiguada, Bilbao, 175-185.

- Schoeller, H. 1962. *Les eaux souterraines*. Ed. Masson, Paris, 642 p.

- Wigley, T.N.L. and L.N. Plummer. 1976. Mixing of carbonate waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*.

SEGREGACIÓN ESPACIO-TEMPORAL EN VARIAS COLONIAS DE GARZAS (AVES: ARDEIDAE) EN LA CIÉNAGA DE BIRAMAS, CUBA

SEGREGATION IN SPACE AND TIME IN SEVERAL WATERBIRDS COLONIES
(AVES: ARDEIDAE) IN BORAMAS SWAMP, CUBA

Dennis Denis Ávila dda@fbio.uh.cu
Antonio Rodríguez Suárez arguez1205@hotmail.com
Ariam Jiménez Reyes ariam@fbio.uh.cu
José Luis Ponce de León
Facultad de Biología, Universidad de La Habana

Patricia Rodríguez Casariego
Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA
jrubio@infomed.sld.cu

RESUMEN

Las aves acuáticas coloniales son uno de los componentes más conspicuos y mejor conocidos de los ecosistemas de humedales. El alto gregarismo de sus colonias multiespecíficas influye en la intensidad de las relaciones de antagonismo y la competencia, lo que conlleva a una compleja segregación espacio-temporal dentro de las colonias. El presente trabajo estudia los patrones de segregación que aparecen en colonias mixtas de garzas en la Ciénaga de Biramas y que posibilitan la coexistencia en densidades elevadas de varias especies. Se determinó la composición específica en colonias de la Ciénaga de Biramas y los patrones de distribución de las especies dentro de las mismas por medio del “conteo de ráfagas”. Para detectar los patrones de segregación, se determinó la altura promedio de los nidos, la distancia horizontal y vertical hacia el nido activo más cercano y la fecha de arribo a la colonia. Se obtuvo que la composición específica de las colonias locales de garzas medianas es similar, en condiciones semejantes de vegetación. La selección de diferentes áreas de la colonia permite la coexistencia sin exclusión competitiva, prefiriendo generalmente las garzas medianas el centro de la

colonia y el Aguaitacaimán los bordes externos de esta o cayos aislados de mangle. Las especies se alinean verticalmente en la vegetación en función de sus tallas corporales; así el Aguaitacaimán se ubicó a menor altura, en tanto los guanabaes y garzones a mayor altura. También existe una segregación temporal dada por las diferencias en las fechas de arribo a las colonias, siendo la Garza Ganadera la primera que arriba.

Palabras clave: Aves acuáticas coloniales, patrones de segregación, Cuba, ecología reproductiva

SUMMARY

Colonial water birds are one of the most conspicuous and best known components of the wetlands. The high gregariousness of the multispecific colonies influences upon the intensity of the antagonism and competence relationships, which leads to a complex segregation in space and time inside the colonies. The present paper studies the segregation patterns that appear in mixed water bird colonies of the Biramas Swamps and that allow the coexistence in high densities of several species. The specific composition and the distribution patterns in the Biramas Swamp colonies were determined through

squall count during the period of 1998-2001. In order to detect segregation patterns, the average height of the nests, the horizontal and vertical distances towards the closest active nest and the arrival date to the colony was measured. In similar vegetation conditions, the specific composition of local medium heron colonies was the same. The selection of different areas inside the colony allows the coexistence without competitive exclusion among species: medium sized herons generally prefer the center of the colony, while the Green Heron occupies the external edges or isolated mangrove keys. Species line themselves up in the vegetation according to their body size; thus the Green Heron occupies the lowest height, while the Great Egret and the Black-crowned Night Herons occupy the tallest height. There also exists time segregation due to the different arrival dates to the colony, in which the Cattle Egret is the first to arrive.

Key Words: Colonial waterbirds, segregation patterns, Cuba, reproductive ecology.

INTRODUCCIÓN

Las aves acuáticas coloniales son uno de los componentes más conspicuos y mejor conocidos de los humedales, ecosistemas que se encuentran en creciente regresión a escala mundial y entre los más amenazados del planeta (Hollis et.al 1988). Estas aves constituyen especies clave en su funcionamiento y estabilidad, además de ser la taxocenosis que más ha contribuido a la toma de conciencia acerca de la necesidad de su conservación (Owen y Black 1990). Por otra parte, sus parámetros reproductivos son utilizados cada vez más como indicadores de la productividad local y de la estructura trófica, del disturbio humano y del nivel de contaminación de los humedales (Custer et al. 1991; Kushlan 1993).

El alto gregarismo que caracteriza las colonias mixtas de garzas influye en la intensidad de las relaciones interespecíficas de antagonismo y la presión de competencia por los sitios de nidificación. Esto conlleva a una compleja segregación espacio-temporal del subnicho que garantiza la supervivencia sin exclusión competitiva. Con el estudio de estos fenómenos, se gana en comprensión de los mecanismos ecológicos que facilitan la reproducción, además de que brinda información base para el manejo

reproductivo de este grupo con particulares necesidades de conservación.

El presente trabajo estudia los patrones de segregación que aparecen en varias colonias de nidificación y que posibilitan la coexistencia en densidades elevadas de varias especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en la laguna Las Playas que forma parte del Refugio de Fauna “Delta del Cauto” (20°28'N, 77°10'W), ubicado en la Ciénaga de Biramas, segundo humedal en importancia de Cuba. El área está formada por un complejo de lagunas interiores de profundidad variable, comunicadas mediante esteros, que desembocan en el mar por un canal de mayor cauce. Las especies vegetales dominantes son el Mangle Prieto (*Avicennia germinans*) y Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*).

Se trabajó en un total de cuatro colonias reproductivas (Cayo Norte, La Güija, Wiso y Juan Viejo) y en un área de reproducción de Aguaitacaimán (*Butorides virescens*) (Canal Camaronera) en el norte de la laguna, entre los años 1998-2001 (Fig.1). En la investigación se incluyeron ocho especies de garzas: Aguaitacaimán, Garza Ganadera (*Bubulcus ibis*), Garza de Rizos (*Egretta thula*), Garza Azul (*Egretta caerulea*), Garza de Vientre Blanco (*Egretta tricolor*), Garza Rojiza (*Egretta rufescens*), Garzón (*Ardea alba*) y Guanabá de la Florida (*Nycticorax nycticorax*).

Para determinar los patrones de segregación espacial dentro de las colonias en el plano horizontal, éstas se dividieron en secciones, determinándose en cada una la composición específica y la proporción en que aparece cada especie. Las proporciones se estimaron por medio de registros de secuencias de especies, método que se denominó “conteo por ráfagas” y que consistió en registrar desde un punto alejado, a partir de un individuo ubicado al azar, las especies de los primeros diez individuos que se encontraban nidificando a su derecha. La presencia de diferencias fue comprobada mediante un ANOVA no paramétrico (Kruskall-Wallis).

En tres de las colonias se tomó una muestra de nidos de cada especie, a los que se les midió la altura sobre el nivel del suelo o del agua, con una cinta métrica de 1cm de precisión, a la vez que se registró

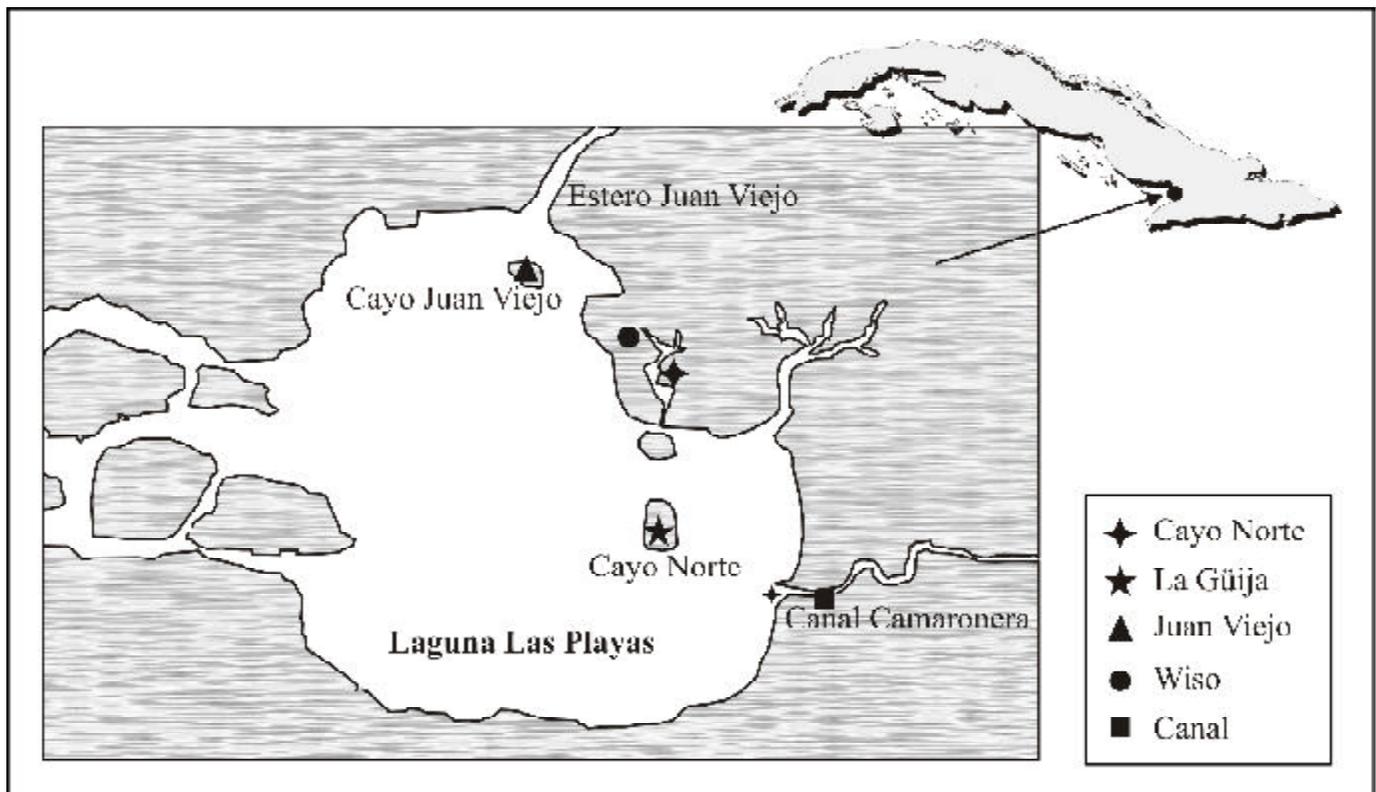


Figura 1. Ubicación de las áreas de cría de garzas estudiadas en el norte de la laguna Las Playas, Ciénaga de Biramas, Cuba entre 1998-2001.

su contenido. También para un conjunto de nidos ($n = 85$) se determinó el vecino activo más cercano y su distancia horizontal y vertical, como una forma de analizar los patrones de agregación de las especies.

En la colonia de Cayo Norte se analizó la segregación temporal, por medio de su dinámica de formación; es decir, la intensidad de reclutamiento de parejas de cada especie cada semana. Para esto se utilizó una muestra de 1245 nidos cuyas variaciones diarias fueron registradas durante un período de tiempo, determinándose momentos del ciclo que podían ser temporalmente ubicados: puesta o eclosión de algún huevo o edad morfológica de algún pichón. Se asumieron las duraciones de la construcción del nido reportadas por Telfair (1987), el intervalo de puesta de dos días para todas las especies y la duración de la misma según el número de huevos en el nido (Palmer 1962).

La duración de los períodos de incubación se tomó de la literatura y la edad de los pichones se determinó según ecuaciones de regresión lineal obtenidas a partir de las mediciones de estructuras corporales de estos. El inicio de construcción de los nidos se determinó

transformando la fecha de estos momentos a días julianos, mediante la asignación de una numeración continua a cada día del año. A este valor, se le restaba el tiempo que debía haber transcurrido según el desarrollo del nido hasta alcanzar ese punto y se volvía a transformar la fecha a formato gregoriano siguiendo el procedimiento inverso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los patrones de segregación del sub-nicho reproductivo se establece en tres dimensiones fundamentales: segregación espacial de los sitios de nidificación en los planos horizontal y vertical, y segregación temporal.

Segregación espacial

La segregación espacial es un reflejo de diferentes patrones de microlocalización del nido entre las especies y se manifiesta por la selección de diferentes tipos de sustrato, en la que, al parecer, las variables más involucradas son la fisionomía de la vegetación, la ubicación relativa al borde del agua y la altura.

La forma más conspicua de esta selección es la composición diferencial de las colonias (Fig. 2). Así, las colonias de Juan Viejo y Wiso estuvieron compuestas por las mismas especies en las mismas proporciones. Con relación a Cayo Norte, estas muestran un mayor predominio de la Garza Ganadera y la presencia del Guanabá de la Florida. Esto parece indicar que la composición específica de colonias locales de garzas medianas (garzas azules, de rizos, ganadera y de vientre blanco) es similar, en condiciones semejantes de vegetación y en semejantes proporciones posiblemente relacionado con los tamaños de las poblaciones locales. La colonia de la Guija presenta una composición de especies particular al parecer porque los guanabaes tienen requerimientos más específicos en relación con la selección del sitio de nidificación.

generalmente nucleaba sus agrupaciones en bordes de áreas abiertas con aguas someras o a lo largo de pequeños esteros, e incluyó a la Garza de Rizos, la Garza Ganadera, la Garza Azul y la Rojiza.

Este patrón de ubicación de los nidos posiblemente esté estrechamente relacionado con el nivel de colonialismo, ya que se observa una elevada coincidencia con los grupos ordenados según el grado de gregarismo reproductivo.

El primer grupo coincide con las especies solitarias o de colonias laxas donde se incluyen el Aguaitacaimán y el Guanabá de la Florida. Los nidos de Aguaitacaimán no mostraban ninguna relación entre ellos que no fuese la determinada por la selección de las mismas condiciones del sitio de nidificación y la separación entre si fue generalmente mucho mayor de

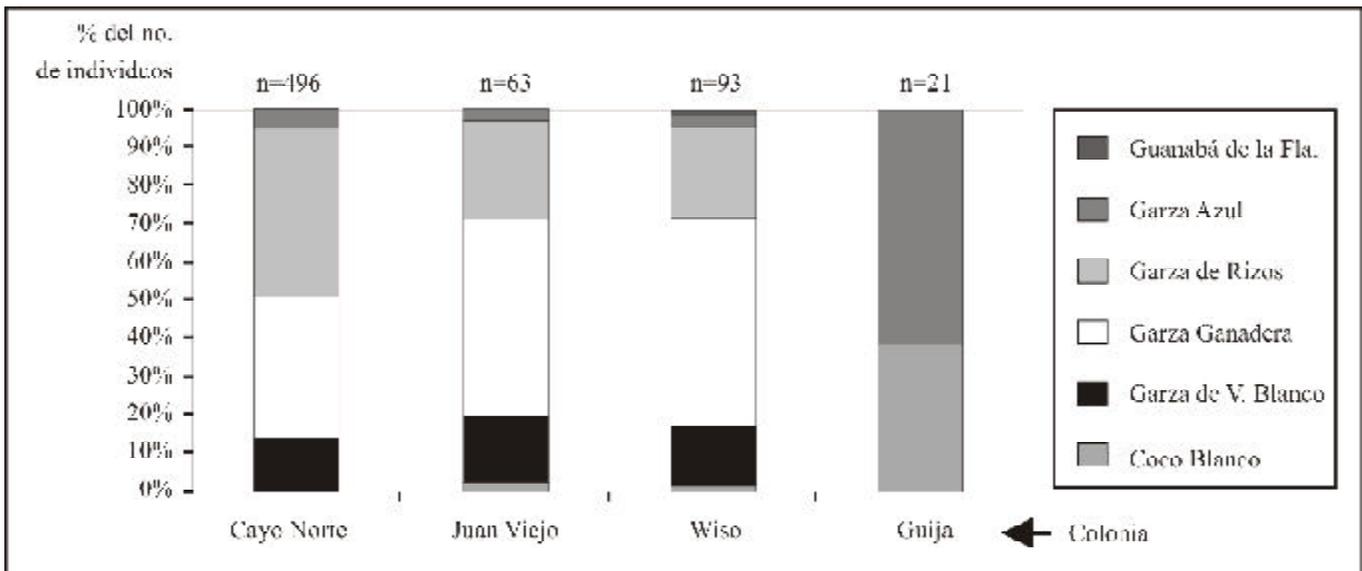


Figura 2. Composición específica de las colonias estudiadas, durante la etapa 1998-2001 (n: no. de unidades de muestreo).

Ahora bien, dentro de cada colonia también existen patrones de segregación espacial de los nidos. La ubicación de éstos en relación con el agua mostró tres grandes grupos. El primero está formado por las especies de borde, que nidifican única o preferentemente adyacentes al borde de la laguna o en los bordes de los esteros; este grupo incluyó al Aguaitacaimán y, en menor grado, al Guanabá de la Florida.

Un segundo grupo, que nidifica en mangles altos, sin relación aparente con el agua, en el cual se incluía el Garzón y un tercer grupo que, si bien no mostraba preferencia marcada por sitios cercanos al agua,

cinco metros. Los nidos estaban apartados de las colonias de otras garzas y nunca a más de 3 metros del borde del agua, por esta razón no se puede decir que la especie formara una colonia como tal.

El Guanabá de la Florida, aunque siempre mantuvo una separación de más de tres metros entre sus nidos –generalmente uno por árbol– formaba una colonia bien reconocida pero laxa. Posiblemente, la separación entre nidos esté relacionada con su agresividad y las características de su dieta que los convierten en depredadores potenciales desde que son pichones (Frederick y Collopy 1989b).

El Garzón que se incluye en el segundo grupo forma colonias más densas, con distancias entre nidos relativamente menores que los guanabaes. Las distancias entre sus nidos pueden llegar a ser de menos de un metro, en dependencia de la forma de las ramas y no debido a que exista interferencia entre los adultos.

El tercer grupo donde se incluyen el resto de las especies estudiadas representa la línea adaptativa generalizada de las garzas medianas, donde se exagera el colonialismo. Sus nidos se ubican muy cercanos entre sí, a veces a distancias menores de 0.5 m. Los resultados de 20 parcelas de 25 m² en la colonia de Cayo Norte arrojaron una densidad de 11.1 nidos por parcela con rango entre 2 y 20 nidos, lo que equivale a 1 nido / 2.27 m²; es decir, una distancia horizontal promedio entre nidos de 1.5 m.

La distribución de los nidos a tan pequeña escala no es espacialmente uniforme sino agregada, al depender de la ubicación de los arbustos. Esto coincide con lo reportado por Frederick (1997), que señala en la Florida una distancia promedio de 1.14 m entre los nidos más cercanos.

Ahora bien, incluso dentro de este último grupo simpátrico pudo detectarse una segregación espacial horizontal, dada porque las especies se distribuyen por toda la colonia, pero anidan en proporciones diferentes en algunas áreas dentro de esta.

Al analizar las proporciones de especies en estas áreas con características ecológicas diferentes dentro de las colonias de Cayo Norte, Juan Viejo y la Guija, se pudieron observar diferencias significativas (Fig3).

En Cayo Norte cada área tiene una composición característica de especies: las garzas azules se concentraron en las zonas de vegetación más alta, fundamentalmente en el lado este de la laguna (E); las rojizas se localizaron exclusivamente en los pequeños cayuelos de mangle del interior de la laguna (E) y de la franja separadora entre lagunas, y las demás especies se encontraron también en proporciones diferentes entre algunas áreas. La Garza Ganadera, muy abundante en todas las áreas, estuvo en bajas proporciones en el fondo este de la laguna (D).

Esta segregación horizontal de los sitios de nidificación también se encontró en las demás colonias. En el cayo Juan Viejo cuando se comparan las proporciones entre las especies en los bordes de la

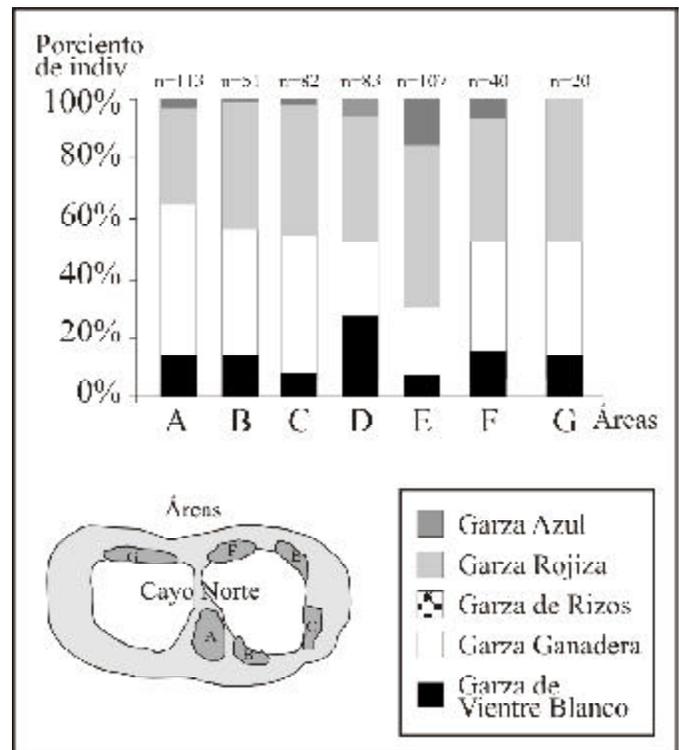


Figura 3a

laguna interior con las del estero, se encontraron diferencias significativas en las especies más abundantes. Así, la Garza de Vientre Blanco y la Garza de Rizos nidificaron en proporciones superiores en la laguna interior, mientras que la Garza Ganadera mostró una tendencia muy fuerte a concentrarse en los márgenes del estero. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas para $p < 0.01$.

En la colonia de Wiso se presentó una situación similar. La Garza Ganadera nuevamente apareció en proporciones mucho mayores en las áreas de vegetación alta, llegando a dominar de forma absoluta en la parte del estero. Las garzas de rizos y las de vientre blanco, por otra parte aparecieron en mayor proporción en el mangle bajo, bordeando la laguna interior.

En relación con los vecinos más cercanos, el 33% de los vecinos activos más cercanos de la Garza de Rizos fueron otros individuos de su misma especie, mientras que en la Garza Ganadera los vecinos conespecíficos representaron el 27.1% y en la Garza de Vientre Blanco sólo el 20.8%. Esto corrobora la afirmación de McCrimmon (1978) de que las garzas pequeñas tienden a anidar más cerca de individuos de otras especies que de su misma especie. Según este

autor, este fenómeno -más la “tolerancia” interespecífica- permite un mayor número de individuos en la colonia. Sin embargo, estos resultados pueden estar sesgados por las diferentes abundancias entre las especies encubriendo cualquier posible patrón de selección.

ecológica posibilita la coexistencia de especies de marcadas diferencias en talla y requerimientos ecológicos.

Las otras cuatro especies de garzas se ubicaron en la franja de vegetación intermedia entre los 1 y 3 m de altura, por lo que las interacciones antagónicas son

potencialmente mayores entre ellas. Sin embargo, esto se compensa con la segregación horizontal ya descrita, la cual minimiza la competencia, sobre todo en el caso del Aguaitacaimán, la Garza Rojiza y la Garza Azul.

Segregación temporal

Finalmente, además de la segregación espacial en los subnichos reproductivos, también se puede manifestar entre estas especies segregación en el tiempo, que se describe por dinámicas diferentes de arribo a la colonia. La fecha de llegada puede determinar muchas características de los sitios de nidificación; así, los primeros individuos o especies ocupan los mejores sitios y los tardíos se ven relegados a áreas periféricas o de peor calidad.

Al analizar la fecha promedio de inicio de los nidos, se observó que la Garza Ganadera en la colonia de Cayo

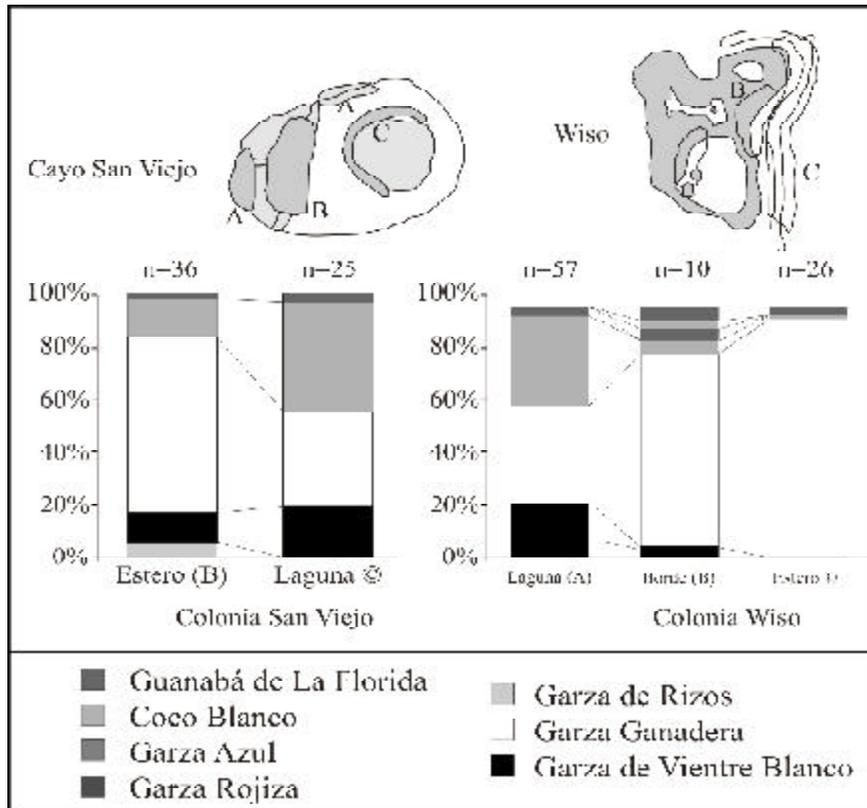


Figura 3b. Diferencias en la composición de especies entre las áreas en las colonias de Cayo Norte, Juan Viejo y Wiso (en los esquemas de las colonias se muestran las diferentes secciones en que fueron divididas).

Con relación a la ubicación vertical de los nidos se encontró el mismo patrón de segregación descrito en otras localidades (Burger y Gochfeld 1990; Fasola y Alieri 1992), en que las especies se alinean verticalmente en la vegetación en función de sus tallas corporales. El Aguaitacaimán se ubicó a menor altura, mientras que los garzones y guanabaes a mayor altura (Figura 4).

La ausencia de diferencias entre los nidos del Aguaitacaimán y los de las garzas de mediano tamaño no se contrapone con esta tendencia, sino que pone de manifiesto que este patrón de segregación vertical en función de la talla, no es estrictamente aplicable a especies con hábitos solitarios. Esta segregación

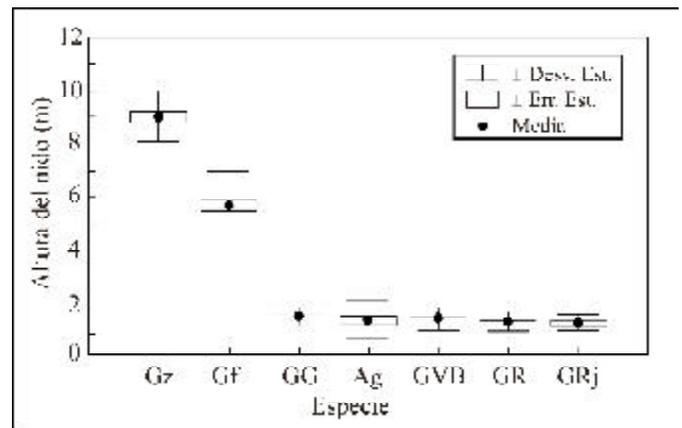


Figura 4. Distribución vertical de los nidos de las especies estudiadas. (GZ-Garzón, GF-Guanabá de la Florida, GG-Garza Ganadera, Ag-Aguaitacaimán, GVB-Garza de Viente Blanco, GR-Garza de Rizos, GRj-Garza Rojiza)

Norte tiende a ser la primera especie en arribar, a diferencia de lo encontrado por McCrimmon (1978) en Norteamérica; mientras que la Garza de Rizos y la de Vientre Blanco pueden tener sus picos de llegada sincrónicos o secuenciales como sucedió en el año 2000, cuando la Garza de Rizos tuvo su media de inicio de nidos una semana antes que la otra especie.

Los rangos de puestas (intervalo de días en los que se realizaban las puestas) en la colonia fueron similares en las tres especies (entre 49 y 54 días); sin embargo, la intensidad de puesta era diferente. En la Garza Ganadera, con su carácter oportunista típico, el 50% de los nidos eran puestos sólo en un intervalo de nueve días mientras que en el otro extremo estaba la Garza de Vientre Blanco, la que se tomaba 17 días.

A pesar de estas diferencias en fecha promedio, las dinámicas de reclutamiento entre las especies se comportaron de forma similar entre años, sin cambios significativos. La Garza de Vientre Blanco fue la especie que mostró una mayor tendencia a hacer un segundo pico tardío de puesta, que puede deberse a nidificantes tardíos o a segundas puestas de aquellas parejas que pierden su primera nidada en etapas tempranas (Fig. 5).

CONCLUSIONES

- Existe similitud en la composición de las colonias locales de especies medianas en condiciones de vegetación similares.

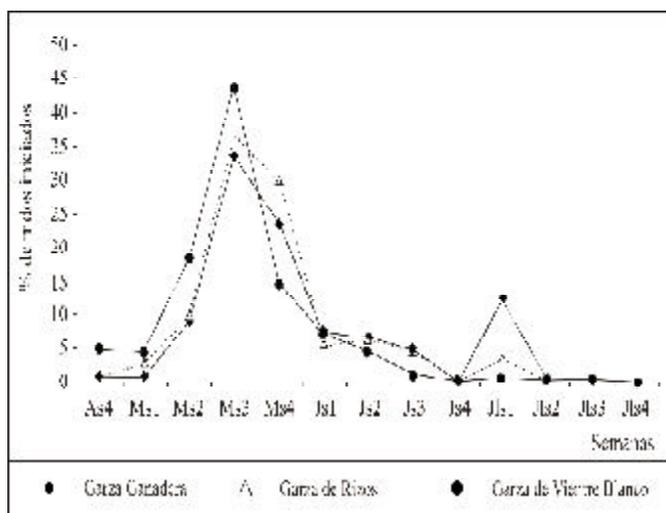


Figura 5. Dinámicas de reclutamiento de las especies dominantes de la colonia de Cayo Norte (el eje de las abscisas muestra las semanas con la inicial del mes)

- Existen complejos patrones de segregación espacial entre las especies, tanto en el plano vertical, relacionados con la talla; como en el horizontal determinado por las características de la microlocalización de los nidos y modificado por las interacciones entre las especies.

- La segregación temporal aunque se manifiesta, no es muy evidente y está dada principalmente por las diferencias en el arribo a las colonias, siendo la Garza Ganadera la de más temprano llegada.

BIBLIOGRAFÍA

- Fasola, M. y R. Alieri 1992. Nest site characteristics in relation to body size in Herons in Italy. *Colonial Waterbirds* 15(2): 185-191.

- Frederick, P. C. 1997. Tricolored Heron. *The Birds of North America*. No. 306, 28 pp.

- Frederick, P. C. y M. W. Collopy 1989b. The role of predation in determining reproductive success of colonially nesting water birds in the Florida Everglades. *Condor* 91(4): 860-867.

- Hollis, G.E; M.M. Holland; E. Maltby y S. Larson 1988. Explotación racional de los humedales. *La naturaleza y sus recursos*.24(1):2-13.

- Kushlan, J. A. 1993. Colonial waterbirds as bioindicators of environmental change. *Colonial Waterbirds* 16: 223-251.

- McCrimmon Jr, D. A. 1978. Nest site characteristics among five species of herons on the north Carolina coast. *Auk* 95:267-280.

-Owen, M. y J. M. Black 1990. *Waterfowl Ecology*. Blackie Glasgow, 250 pp.

- Palmer, R. S. (1962): *Handbook of North American birds.1: Loons through Flamingos*. Yale Univ.Press.New Haven, Connecticut, 233 pp.

- Telfair, R. C. 1987. *The Cattle Egret: A Texas focus and world view*. Texas Agricultural Experiment Station, College Klenberg. *Studies in Natural Resources*, 144 pp.

ESTADO ACTUAL Y CONSERVACIÓN

LOS HUMEDALES DE CUBA: ESTADO ACTUAL Y ESTRATEGIA DE USO SOSTENIBLE

THE WETLANDS OF CUBA: PRESENT STAGE AND STRATEGY OF SUSTAINABLE USE

Lucas Fernández Reyes

Centro de Gerencia de Programas y Proyectos Priorizados (GEPROP),
Calle 20 #4112 e/ 41 y 47, Alturas de Miramar, Ciudad de La Habana, Cuba.
lfernandez@geprop.cu

RESUMEN

Cuba cuenta con extensas zonas de humedales que son portadoras de un enorme potencial natural y un acervo histórico cultural de gran relevancia. La diversidad biológica de los ecosistemas, los atractivos naturales de altos valores escénicos, el patrimonio histórico cultural y la existencia de decenas de kilómetros de playas de gran calidad, confieren a los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano condiciones excepcionales para el desarrollo del turismo y otras actividades económicas. Dada la relativa fragilidad de los ecosistemas de humedales, es indispensable lograr una correcta aplicación de esquemas de manejo sostenible que garanticen el desarrollo económico sin afectar los recursos del medio ambiente natural y el patrimonio socio cultural de la región. El manejo de los recursos naturales de estas zonas requiere un buen conocimiento actualizado sobre la existencia, estado y ubicación de los recursos y condiciones naturales y de los aspectos socioeconómicos, así como de sus interrelaciones funcionales, ya que la sobreexplotación de cualquiera de estos recursos traería consigo la ruptura del equilibrio funcional con trastornos irreversibles para

estos ecosistemas. En esta contribución se exponen las experiencias científico metodológicas y técnico organizativas en materia de estudios interdisciplinarios como base para el ordenamiento territorial sostenible. En particular, se presentan los resultados del Estudio integral de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos, el Estudio integral y de la Ciénaga de Zapata y el Proyecto GEF/PNUD Protección de la Biodiversidad y Desarrollo Sostenible en el ecosistema Sabana Camagüey. Se brinda también una sinopsis sobre el estado actual de los humedales cubanos, sus principales problemas y vías de solución y una visión general sobre los aspectos e instrumentos legales y medidas adoptadas en Cuba para la conservación, el mejoramiento y la utilización sostenible de los humedales.

Palabras clave: Ecosistemas, humedales, sostenibilidad, estudios integrales, ordenamiento territorial, turismo.

SUMMARY

Cuba has large wetlands zones with an enormous natural potential and a relevant historical and cultural harsh. The biological diversity of the ecosystems, the

high stage value natural attractions, the cultural-historical heritage and the existence of beautiful beaches of tenths of kilometers, provide the insular groups and littoral zones of the Cuban island with exceptional conditions for the development of tourism and other economic activities. It is indispensable to achieve a right application of the sustainable management schemes that guarantee the economic development without affecting the resources of the natural environment and the socio-cultural patrimony of the region due to the relative fragility of the wetland ecosystems. The management of natural resources in this zones requires a good and updated knowledge about the existence, stage and position of the resources and natural conditions and needs the socioeconomic aspects, as well as its functional interrelations, because the overexploitation of any of these resources would bring the rupture of the functional equilibrium with irreversible damages for these ecosystems. The actual workshop sets out the scientific, methodological and technical experiences concerning the interdisciplinary investigations as the base for the sustainable territorial ordering . Particularly, it presents the results of the “Integral Study of the insular groups and littoral zones of Cuban island with tourist purposes, the Integral Study of the Ciénaga de Zapata and the Project GEF/PNUD Protection of Biodiversity and Sustainable Development in the ecosystem Camaguey Savannah. This contribution also offers an overview on the current state of Cuban wetlands, its main problems and ways of solution. It shows a general approach about the aspects legal instruments and measures adopted in Cuba to maintain, improve and use the wetland systems.

Key words: Integral studies, ecosystems, wetlands, sustainability, territorial ordering, tourism.

INTRODUCCIÓN

El término *humedales* se refiere a una amplia gama de hábitats interiores, costeros y marinos; de los que existen más de 50 definiciones. Entre las más aceptadas está la utilizada por la Convención de Ramsar que los define como «extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres

o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros».

Existen también en Cuba, humedales artificiales, como estanques de acuicultura, arroceras, salinas, embalses, lagunas de oxidación para tratamiento de aguas residuales.

Están presentes en casi todos los países de la región y se ubican en posiciones geográficas diferentes bajo condiciones climáticas y de altitud diversas, desde las latitudes frías hasta la zona ecuatorial y desde los altos sistemas orográficos hasta el nivel del mar. Se estima que los humedales ocupan aproximadamente 5,7 millones de km² de la superficie del territorio emergido del planeta de los cuales el 2% son lagos, el 30% turberas, el 26% marjales, el 20% pantanos y el 15% llanuras de inundación.

Durante largo tiempo los humedales fueron considerados lugares inmundos, insalubres donde la abundancia de plagas y las condiciones de inaccesibilidad constituían un freno al conocimiento de estos ecosistemas, sus funciones y beneficios. Esta visión del problema sirvió de argumento para que muchos humedales del planeta fueran desecados o fuertemente transformados para ser utilizados en la agricultura, ganadería y otras actividades económicas.

En 1971 en Ramsar (Irán), se firmó la Convención sobre Humedales, en el marco de una conferencia intergubernamental con representantes de 18 países. En tres décadas de existencia, la Convención Ramsar con el apoyo de otras convenciones internacionales ha logrado cambiar la antigua percepción sobre los humedales y desarrollar una conciencia mundial sobre la imperiosa necesidad de preservar las zonas húmedas del planeta.

Otro momento importante en este empeño fue la Conferencia Cumbre sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, en la cual se adoptó la llamada Agenda 21, la Convención sobre Diversidad Biológica y el Convenio sobre Cambio Climático.

En este contexto surge una serie de programas bajo la denominación de Investigación del Sistema Tierra como el Programa sobre Diversidad Biológica (DIVERSITAS), el Programa de Investigaciones sobre el Clima Mundial (WCRP), el Programa Internacional Geosfera Biosfera (IGBP) y el Proyecto Asociado Dimensión Humana de los Cambios Globales.

En Cuba se han adoptado importantes acciones organizativas y legislativas encaminadas a garantizar la protección del ambiente y a lograr el desarrollo sostenible. Entre los aspectos más relevantes se puede mencionar los siguientes:

- La creación de la Comisión Nacional para la Protección y Conservación de los Recursos Naturales (COMARNA), en 1976.

- La aprobación del Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo, adecuación cubana de la Agenda 21, en 1993.

- La creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), en 1994.

- La promulgación de la Ley No. 81 del Medio Ambiente, en 1997.

- La aprobación de la Estrategia Nacional ambiental, en 1997.

- La creación del Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas.

- La infraestructura institucional existente en el país y los instrumentos legales adoptados han creado un marco propicio para la protección de los humedales, los cuales por su importancia económica, ecológica y estratégica han sido objeto de atención priorizada en el país.

- En este empeño, cabe mencionar el apoyo internacional de prestigiosas organizaciones internacionales como la UNESCO en el proyecto "Inventario Nacional de Manglares", el GEF/PNUD en el proyecto "Protección de la Biodiversidad y Desarrollo Sostenible en el ecosistema Sabana Camagüey", el Fondo Mundial para la Vida Silvestre de Canadá (WWF) y la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA) que apoyan un proyecto para la conservación y desarrollo sostenible de la Ciénaga de Zapata.

Un aporte significativo en la conservación de los valores naturales e histórico culturales y en las tareas de divulgación ambiental han desarrollado diversas ONGs, sociedades científicas y asociaciones de aficionados como la Fundación del Hombre y la Naturaleza, la Sociedad Pro Naturaleza, la Sociedad Espeleológica de Cuba, la Sociedad Biocarst, la Sociedad de Zoología y la Asociación Ornitológica de Cuba, entre otras.

Funciones y beneficios de los humedales

Pueden ser de tipo ecológico, económico y social. En resumen, las principales funciones y beneficios, asignados por la Convención Ramsar y por entidades cubanas y extranjeras vinculadas al tema son:

Control de inundaciones. Los humedales amortiguan las inundaciones al reducir la velocidad de las aguas de crecida, mediante el efecto de barrera de la cobertura vegetal y el almacenamiento del agua en los lagos y pantanos. El valor de esta función natural es obvio si se tiene en cuenta el alto costo de los daños que producen las inundaciones cada año a la agricultura, las infraestructuras económicas y los asentamientos humanos (Manuales Convención Ramsar, 2000).

Recarga de acuíferos. Los humedales con frecuencia están estrechamente vinculados a las aguas subterráneas. En algunos casos, los humedales son alimentados por las aguas subterráneas que afloran a la superficie, a través de las rocas permeables. En otros casos sucede a la inversa, ya que son las aguas de los humedales las encargadas de recargar los acuíferos (Fernández. 1999).

Estabilización de costas y protección contra tormentas. Los humedales costeros sirven de primera línea de contención ante el efecto de los fenómenos meteorológicos extremos. Gracias a las extensas cortinas de manglares y otros tipos de vegetación arbórea y arbustivas, estos humedales permiten reducir los daños materiales provocados por los ciclones y otras perturbaciones meteorológicas al atenuar el impacto directo del viento o de las olas y las corrientes marinas (Gutiérrez Pérez, T., Centella Artola, A. Y Limia Martínez, M, 2001).

Retención de sedimentos y nutrientes. La capacidad de los humedales para reducir la velocidad del agua durante las crecidas crea condiciones favorables para el desarrollo de procesos de sedimentación y de retención de nutrientes. Por el nivel de retención de nutrientes, los humedales figuran entre los ecosistemas más productivos comparados solamente con los sistemas de agricultura intensiva (Manuales Convención Ramsar, 2000). La fertilidad de las llanuras aluviales se debe precisamente a las grandes deposiciones de sedimentos y nutrientes que tienen lugar durante los períodos de inundación. El

movimiento natural de sedimentos y nutrientes, desde el río hasta el mar, resulta vital para el desarrollo de los deltas costeros los cuales se forman y desarrollan por la acumulación del material terrígeno transportado por el agua.

Mitigación del cambio climático. Los humedales juegan un papel importante en primer lugar, porque funcionan como permanentes fijadores de los gases de efecto invernadero, y especialmente del dióxido de carbono. Se estima que los humedales pueden capturar hasta el 40 % del carbono terrestre del mundo (Garea, 2001). Otra función importante de los humedales es la amortiguación física de los impactos del cambio climático, ya que serán las defensas de primera línea de las zonas costeras ante los fenómenos hidrometeorológicos extremos y la elevación del nivel del mar por el incremento de las temperaturas del planeta (Gutiérrez Pérez, T., Centella Artola, A. Y Limia Martínez, M , 2001).

Depuración de aguas. La vegetación y el sustrato de los humedales cumplen una importante función en la depuración de las aguas, mediante la retención de nutrientes y sustancias tóxicas. Los humedales son capaces de eliminar altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, evitando así el desarrollo de procesos de eutrofización, la anoxia y afectaciones a otras especies de la flora y la fauna acuáticas, así como la contaminación de los acuíferos y otras fuentes de agua factibles de ser utilizadas en el consumo humano. En los humedales especialmente contruidos para la depuración de efluentes no solo se logra eliminar altas concentraciones de nutrientes, sino también de metales pesados, grasas, aceites y otras sustancias nocivas (Centro de Investigaciones Hidráulicas, Informe técnico. 2001).

Conservación de la biodiversidad. Los humedales se caracterizan por la gran diversidad de especies que habitan en ellos Los ecosistemas de agua dulce con solo el 1,8 % de la superficie de la Tierra (Odum, 1972), son portadores del 40% de todas las especies, mientras que los ecosistemas de arrecifes coralinos con el 0,2% del área del fondo marino poseen el 25% del total de especies marinas. La biodiversidad de los humedales desempeña una función esencial en la seguridad alimentaria y la medicina. La flora y la fauna de estos ecosistemas resulta de alto valor estratégico

como reservorio de genes. Diversas especies de la vegetación de los humedales, y especialmente el arroz silvestre constituyen un material genético de alto valor para el desarrollo de especies cultivables resistentes a las plagas y enfermedades. Muchas especies de plantas y animales son utilizadas con fines médico farmacéuticos.

Fuentes de suministro de productos y materias primas. La lista de productos que el hombre obtiene de los humedales es amplia y comprende diferentes tipos de alimentos (pescado, moluscos, crustáceos, reptiles, aves, frutas, cereales, vegetales) y diversos productos destinados a otros usos (madera para la construcción, leña, resinas, tanino, pieles, fibras vegetales, productos de uso farmacéutico, turba, etc.). Las dos terceras partes del consumo mundial de pescado depende de humedales costeros en alguna etapa de su ciclo biológico. Los ecosistemas coralinos también son zonas portadoras de importantes recursos pesqueros, a pesar de su relativamente pequeña extensión (Wilkinson, C.R. & Buddemeier, R.W., 1994).

Recreación y turismo. Las riquezas naturales con altos valores escénicos y la diversidad biológica de muchos humedales le confieren a estos sitios gran importancia para el desarrollo del turismo. Muchos sitios están protegidos como parques nacionales o bienes del Patrimonio Mundial, sitios Ramsar o reservas de la biosfera. En muchos países, los humedales son parte esencial de la oferta turística recreativa y permiten la generación de valiosos ingresos a las economías nacionales. Tal es el caso de una parte considerable de los países de la cuenca del Caribe, incluyendo a Cuba. Los baños de sol y playa, el buceo contemplativo, la pesca y la caza deportiva, la observación de la flora y la fauna, el senderismo, la práctica de deportes náuticos son algunas de las actividades turístico recreativas que se desarrollan en los humedales (ICGC ACC 1990).

Valor cultural. Con frecuencia los humedales son portadores de valores socioculturales. Muchos humedales en el mundo tienen importancia arqueológica. En Cuba existen importantes pictografías rupestres y otras muestras arqueológicas de los aborígenes en la cuevas de Punta del Este en la Isla de la Juventud, Cayo Piedras y otros muchos sitios del archipiélago cubano.

Principales actividades socioeconómicas e impactos sobre los humedales

Los beneficios que los humedales reportan al hombre en el desarrollo de numerosas actividades socioeconómicas, cuya intensidad frecuentemente supera las posibilidades naturales de recuperación del ecosistema y, en consecuencia, llevan a la degradación o pérdida total de la sostenibilidad y de su potencial a futuro.

Principales actividades que se desarrollan en los humedales o en sus inmediaciones

Entre los servicios económicos directos de los humedales puede citarse: el suministro de agua para la agricultura y otras actividades económicas; la producción de sal a partir de la evaporación del agua marina; la pesca comercial y deportiva; el desarrollo de actividades turístico recreativas; el aprovechamiento de la vegetación con fines forestales, ornamentales, medico-medicinales; la caza y la pesca; la Agricultura y la ganadería; el cultivo de peces, cocodrilos, moluscos y crustáceos; la extracción de recursos energéticos como la turba; el aprovechamiento de lodos medicinales; la realización de maniobras o ejercicios militares; la navegación a través del humedal.

Principales impactos sobre los humedales

Las actividades antrópicas en los humedales o en sus inmediaciones, y la acción de determinados fenómenos naturales, producen modificaciones en la estructura, funcionamiento y/o la estabilidad de estos humedales.

Los impactos más frecuentes a que están sometidos los humedales de Cuba al igual que en la mayoría de los países de la región comprenden una amplia lista, documentada en numerosas publicaciones: la desecación para su utilización agrícola, afectando el desagüe y la capacidad de almacenamiento natural de los humedales; la contaminación con productos químicos (plaguicidas, fertilizantes) e incremento de la carga orgánica debido al desarrollo de actividades agrícolas o urbanas en las zonas adyacentes o por vertido directo de aguas residuales; el avance de la frontera agropecuaria sobre los humedales; el descenso del nivel freático que alimenta al humedal por sobreexplotación del acuífero; la alteración de la

cubierta vegetal por tala forestal y otros usos económicos, medicinales, ornamentales de las plantas; los cambios del régimen de pulsos y de las propiedades físicas y químicas de las aguas debido a la construcción de viales y obras hidrotécnicas; las alteraciones de la biodiversidad debido a la introducción de especies foráneas, predación y el desarrollo de cultivos agrícolas; la reducción de caudales y del aporte de nutrientes terrígenos debido al represamiento de los ríos que tributan a las zonas costeras; las alteraciones del paisaje natural debido al desarrollo de urbanizaciones e infraestructura inducida (carreteras, aeropuertos, canales, marinas); las afectaciones a la vegetación, compactación del sustrato y eutrofización del agua por sobre pastoreo en las zonas costeras o su entorno inmediato; los cambios en el relieve debido a la extracción de áridos para la construcción de pedraplenes y relleno de plataformas para la construcción de instalaciones; las perturbaciones ambientales debido al desarrollo del transporte aéreo, terrestre y marítimo; los incendios forestales motivados por acciones negligentes o por factores naturales; la disminución del desagüe natural hacia el humedal por reforestación de la cuenca vertiente; las amenazas a los ecosistemas de humedales por ascenso del nivel del mar y avance de la intrusión salina debido al calentamiento global del planeta; la salinización progresiva de las aguas litorales intensificada por procesos antrópicos; las modificaciones del hidroperíodo por transvasamiento de aguas desde cuencas aledañas, entre otros.

El grado de incidencia de estos impactos es desigual en los diferentes humedales del país. Hay zonas geográficamente distantes y de difícil acceso que han sido poco afectadas por las actividades antrópicas y sus ecosistemas se encuentran en buen estado de conservación. Aquí se pueden mencionar las zonas de cayerías aún no explotadas por el turismo y otras actividades económicas en diferentes sectores del archipiélago cubano, determinadas zonas de la Ciénaga de Zapata y la Ciénaga de Lanier en la Isla de la Juventud, la Ciénaga de Biramas en la desembocadura del río Cauto, entre otras.

Por su extensión e intensidad los impactos más severos están asociados al desarrollo de la actividad agropecuaria y forestal (grandes planes cañeros y

arroceros, ganadería extensiva, tala forestal y plantaciones), así como al represamiento de gran cantidad de ríos que en el período seco del año disminuyen significativamente o interrumpen totalmente los caudales ecológicos. Los grandes incendios forestales que tienen lugar con frecuencia en la época seca del año también figuran entre los fenómenos que provocan mayores afectaciones a los ecosistemas de humedales.

Desarrollo sostenible del turismo en humedales

Potencialidad de los humedales cubanos para el turismo

Cuba cuenta con extensas zonas de humedales (más de 30 000 km², incluyendo las zonas bajas de la plataforma insular) que son portadoras de un enorme potencial natural y un acervo histórico cultural de gran relevancia. La diversidad biológica de los ecosistemas, los atractivos naturales de altos valores escénicos, el patrimonio histórico cultural y la existencia de decenas de kilómetros de playas de gran calidad, confieren a los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano condiciones excepcionales para el desarrollo del turismo y otras actividades económicas. Dada la relativa fragilidad de los ecosistemas de humedales, es indispensable lograr una correcta aplicación de esquemas de manejo sostenible que garanticen el desarrollo sin afectar los recursos del ambiente natural y el patrimonio socio cultural de la región.

El desarrollo sostenible del turismo presupone, como condición indispensable, la ordenación sostenible de los recursos de tal forma que se garantice la conservación y el mejor aprovechamiento de los beneficios recibidos.

El manejo de los recursos naturales de estas zonas solo es posible mediante el establecimiento de un sistema integrado de gestión, que sea económicamente viable, ecológicamente sostenible y socialmente apropiado para el territorio.

Para ello se requiere de un conocimiento exacto y actualizado sobre la existencia, estado y ubicación de los recursos y condiciones naturales y de los aspectos socioeconómicos, así como de sus interrelaciones funcionales, ya que la sobreexplotación de cualquiera de estos recursos traería consigo la ruptura del equilibrio funcional con trastornos irreversibles para estos ecosistemas.

Principios para el desarrollo sostenible del turismo

El enfoque conceptual del desarrollo sostenible del turismo que ha adoptado la Unión Mundial para la Naturaleza incluye los siguientes principios básicos:

- **SOSTENIBILIDAD ECOLÓGICA:** El desarrollo deberá ser compatible con el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y los recursos biológicos.

- **SOSTENIBILIDAD CULTURAL:** El desarrollo deberá dar al hombre más control de su vida, ser compatible con la cultura y los valores de la población afectada y mantener y fortalecer la identidad de la comunidad.

- **SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA:** El desarrollo deberá ser económicamente eficiente y los recursos deberán ordenarse de manera tal que sirvan también a las generaciones futuras.

- **SOSTENIBILIDAD LOCAL:** El desarrollo tiene por objeto beneficiar a las comunidades locales y sustentar la rentabilidad de las empresas locales.

Según Griffin, T et al (1997), la sostenibilidad del turismo debe contemplar los siguientes elementos clave:

- Preservar la base actual de recursos para las generaciones futuras.

- Mantener la productividad de la base de recursos.

- Mantener la biodiversidad y evitar cambios ecológicos indeseables e irreversibles.

- Asegurar la equidad dentro de las generaciones y entre ellas.

- Mantener y proteger el patrimonio histórico y cultural de la zona, región y nación.

Breve caracterización de los recursos hídricos

La existencia y funcionamiento de los ecosistemas de humedales está determinada, en gran medida, por las características de los recursos hídricos y las formas de manejo del agua en los límites de su cuenca hidrológica.

Especificidades de la red hidrográfica

El territorio de la República de Cuba es el de mayor extensión de las Antillas y está constituido por más de 1600 islas e islotes, entre los cuales la Isla de la Juventud y Cayo Romano son las más importantes.

La situación geográfica y la configuración alargada y estrecha de Cuba le confieren peculiaridades en la disposición de su red fluvial donde se distingue un

parteaguas central a lo largo del territorio, conformándose así dos vertientes: norte y sur.

La longitud de los ríos y el área de sus cuencas, en el 80% de los casos es inferior a 40 km y 200 km², respectivamente. Esta peculiaridad determina que, en el período seco del año, los ríos presenten poco caudal, lo cual condiciona la necesidad de su regulación para el posterior aprovechamiento del agua.

Constituyen excepciones los ríos que fluyen de Este a Oeste como el Cauto (con una longitud de 343 km y un área de cuenca próxima a los 9 000 km²) y el Toa con una longitud de 118 km y un área de cuenca de 1 052 km².

La distribución de las precipitaciones durante el año determina dos estaciones: la húmeda, desde mayo hasta octubre y la seca, desde noviembre hasta abril. La lluvia promedio anual es de 1 375 mm, llegando a 2 000 mm en algunas zonas montañosas. Hay zonas que en el período seco, las precipitaciones no exceden los 700-800 mm, influyendo notablemente en el rendimiento de los cultivos sin posibilidades de riego.

Recursos hídricos potenciales y disponibles

Los recursos hídricos potenciales¹ del país se estiman en 48 200 hm³, de los cuales alrededor del 83 % corresponde a las aguas superficiales y el 17%, a las subterráneas. Los recursos hídricos disponibles son de 13 600 hm³, de ellos el 67% corresponde a las aguas superficiales y el 33%, a las subterráneas.

La disponibilidad de aguas, por tipo de fuente es la siguiente:

- Reguladas por presas.....7 083 hm³
- Reguladas por micropresas.....517 hm³
- No reguladas.....1553 hm³
- Subterráneas.....4 495 hm³

La disponibilidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas presenta variaciones espaciales a lo largo del país. Como es natural, las zonas de mayor disponibilidad de aguas subterráneas necesitan menor cantidad de embalses superficiales y viceversa. Aproximadamente el 70% del agua subterránea disponible se encuentra en cuatro de las 14 provincias

¹ Se entiende aquí como recursos hídricos potenciales a las reservas totales de agua superficial y subterránea existentes en el país.

de Cuba, en las cuales la disponibilidad de las aguas superficiales es inferior al 10% del total del país. Similar situación se presenta con las aguas disponibles superficiales, ya que otras cuatro provincias acumulan más del 60% del total de agua disponibles del país con bajos volúmenes de aguas subterráneas.

En cuanto a las obras hidráulicas, Cuba dispone de :

- 232 Presas que embalsan más de 9 000 millones de metros cúbicos y son capaces de entregar alrededor de 7 000 millones de metros cúbicos al año.
- 796 Micropresas que embalsan más de 600 millones de metros cúbicos y pueden entregar alrededor de 500 millones de metros cúbicos al año.
- 11 Grandes estaciones de bombeo.
- 1 300 Obras de protección.
- 760 km de Canales magistrales.

Los humedales de Cuba

Los humedales cubanos ocupan una superficie de unos 10 410 km², lo que representa aproximadamente el 9.3 % de la superficie del país. Aquí se incluyen los pantanos y áreas cenagosas, tanto litorales como interiores, así como el agua embalsada en el país. Aproximadamente las dos terceras partes de los casi 6 000 km de costas son zonas biogénicas acumulativas que corresponde a humedales litorales.

No obstante, esta cifra puede ser notablemente incrementada si se incluye, según la definición actual los hábitats marinos hasta la primera línea de arrecifes o en ausencia de ellos, hasta la isobara de 6 m en marea baja, ya que de los 70 000 km² de la plataforma submarina de Cuba, aproximadamente el 40 % de su superficie se encuentra por debajo de este valor.

Principales zonas de humedales

Las principales ecorregiones con humedales, son las siguientes (Primer Taller Nacional de Humedales, 1999)

- I Casilda-Cabo Cruz
- II Ciénaga de Zapata-Majana
- III Sur de Pinar del Río
- IV Isla de la Juventud y archipiélago de los Canarreos
- V Jardines de la Reina
- VI Cabo Cruz- Baconao
- VII Bahía de Guantánamo
- VIII Guanahacabibes-Mariel
- IX Punta Hicacos-Bahía de Cádiz

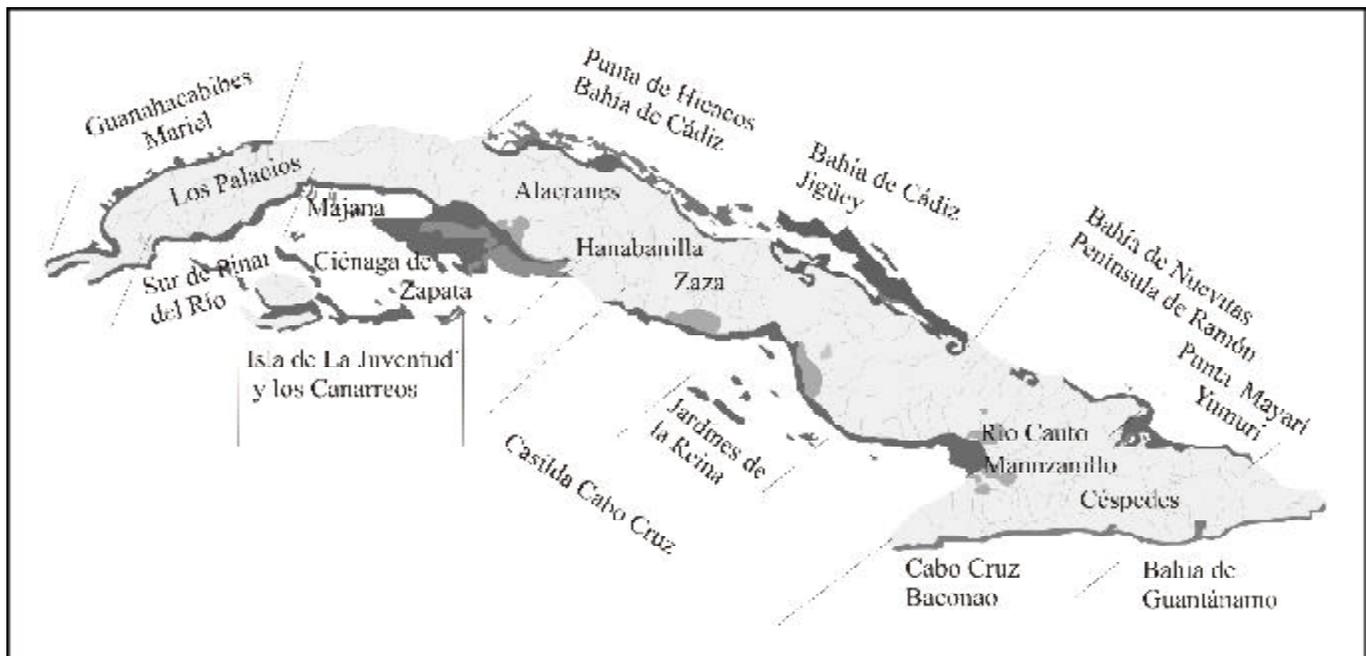


Figura 1. Esquema de ubicación de los humedales de Cuba.

X Bahía de Cádiz-Jigüey

XI Bahía de Nuevitas-Península de Ramón

XII Punta Mayarí-Yumurí

Existen, además, cinco humedales de significación nacional no incluidos en las ecorregiones y que son los siguientes:

- Bahía de Cienfuegos
- Bahía de Nipe
- Sistema de lagunas de la meseta de San Felipe
- Ariguanabo
- Sistema de lagunas Motembo-Manacas-Cascajal

Además, existen en el país humedales construidos, de significación nacional, entre los que se encuentran 9 grandes embalses, 5 importantes arroceras, 5 salinas y 4 camaroneras.

La vegetación de los humedales cubanos está representada por dos grupos directamente relacionados con el agua (del Risco, E, Instituto de Investigaciones Forestales, Informe Técnico).

Vegetación Acuática: a) de agua dulce y b) de agua salada

Vegetación Temporalmente Inundada: a) Herbazal de ciénaga, b) Vegetación de saladar, c) Manglar, d) Bosque de ciénaga, e) Bosque semicaducifolio con humedal fluctuante.

Por su extensión e importancia económica y ecológica se destacan los manglares. Ocupan una superficie de 531 100 ha, lo que los sitúa en séptimo lugar en el mundo, segundo en América y primero en la región del Caribe.

Están compuestos por cuatro especies arbóreas : *Rhizophora mangle* (Mangle rojo), *Avicennia germinans* (Mangle prieto), *Laguncularia racemosa* (Patabán) y *Conocarpus erecta* (Yana).

La Ciénaga de Zapata

La Ciénaga de Zapata es el mayor humedal de Cuba y uno de los mayores de América Latina y el Caribe, recientemente aprobada por la UNESCO como Reserva de la Biosfera y también declarada Sitio Ramsar. Tiene una superficie de 1 049 900 ha donde coinciden uno de los mayores reservorios de agua dulce del país, considerables yacimientos de turba, valiosas riquezas forestales, excepcionales valores ecológicos, un creciente desarrollo del turismo y una población que vive en estrecha relación con su ambiente natural.

Su territorio posee la mayor área de pantanos y marismas de Cuba y se caracteriza por la presencia de extensos bancos de turba y de formaciones carbonatadas Jaimanitas y Vedado, del Pleistoceno

Superior y el Plioceno-pleistoceno Inferior, respectivamente.

La cuenca de Zapata es uno de los mayores y más complejos sistemas de drenaje cárstico del país. Hidrológicamente constituye la zona de emisión de la denominada Cuenca Sur.

La Ciénaga de Zapata es uno de los lugares más significativos del país por la cantidad y diversidad de ecosistemas. Se estima que existen alrededor de 900 especies de plantas autóctonas agrupadas en 110 familias, destacándose 115 endémicas cubanas, de las cuales 5 son locales.

La fauna está representada por 12 especies de mamíferos, 160 de aves, 31 de reptiles, 4 de peces y 5 de anfibios, así como una gran variedad de insectos y otros invertebrados. Entre las especies de animales se destacan 5 endémicas locales y 16 en peligro de extinción. Esta región es además uno de los refugios más importantes de 65 especies de aves migratorias.

Estado del conocimiento de los humedales cubanos

Desde principios del siglo XIX muchas zonas de humedales, y en particular, la Ciénaga de Zapata despertaron el interés de diversas compañías extranjeras que pretendían utilizar sus reservas de turba, abundancia de agua y extensas superficies que luego de desecadas se convertirían en excelentes zonas agrícolas. Varios proyectos fueron concebidos durante casi dos siglos y que no llegaron a ejecutarse plenamente.

-*Desecación para cultivos agrícolas.* La topografía plana, suelos hidromórficos y elevada disponibilidad de agua constituían condiciones ideales para el desarrollo de grandes macizos arroceros y el cultivo de la caña de azúcar.

-*Explotación de la turba.* La existencia de grandes yacimientos de turba, evaluados en unos 300 millones de m³ que podían ser utilizados para fines energéticos y en la producción de fertilizantes.

-*El cierre de la Ensenada de la Broa.* Mediante la construcción de un dique se pretendía aislar del mar una superficie de 1 084 km² con un volumen de 4 800 millones de m³. Luego de sustituir el agua de mar por agua dulce se crearía un gigantesco embalse próximo a las zonas agrícolas más ricas del país.

Obviamente, la ejecución de cualquiera de los proyectos mencionados hubiera significado la desaparición de la ciénaga de Zapata.

Primeros estudios

Los primeros estudios de los humedales cubanos, por regla general, se realizaron por instituciones independientes dedicadas a la solución de problemas específicos de determinadas ramas de la ciencia y la economía.

A principios de la década del 60, por primera vez, fue realizado por la firma holandesa NEDECO el balance hídrico de la Ciénaga de Zapata para las condiciones naturales. También por esa época, bajo la dirección de especialistas soviéticos se realizaron importantes investigaciones geológicas para la evaluación de las reservas de turba, el estudio de las arcillas subyacentes y la caracterización química de las aguas subterráneas (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Informe técnico, 1999).

Durante dos décadas continuaron los estudios de la turba por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, el Instituto de Geología y Paleontología y especialistas soviéticos. Como resultado de las investigaciones fue creada una red de 10 pozos de observación, 22 pluviómetros y 2 estaciones meteorológicas.

Las investigaciones de la vegetación, la flora y la fauna se han realizado durante más de tres décadas por el Instituto de Ecología y Sistemática, sus antecesores, el Instituto de Botánica y el Instituto de Zoología y otras entidades del país. Entre las más significativas se pueden señalar: La caracterización de los manglares del archipiélago cubano (Menéndez, 1997); Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba. (Vales, M ; A. Alvarez; L. Montes y A. Avila, 1998); Humedales de importancia para las aves acuáticas (Blanco, 1994).

Entre 1975 y 1986, en el marco de la ordenación de los bosques del país, se realizó la ordenación y plan de manejo de los bosques de humedales (manglares, bosques de ciénaga y bosques semicaducifolios), reflejado en mapas a escala 1:25 000 (Del Risco, E, Instituto de Investigaciones Forestales, Informe Técnico).

Investigaciones para el uso de humedales en el tratamiento de efluentes se han realizado en el Centro de Investigaciones Hidráulicas del Instituto Politécnico

«José Antonio Echeverría», el cual ha desarrollado una serie de sistemas basados en los mecanismos de depuración existentes en la naturaleza, denominados «sistemas de tratamiento naturales». Estos sistemas permiten eliminar el exceso de nutrientes, la materia orgánica, trazas de metales pesados y agentes patógenos presentes en las aguas residuales. Se trata de sistemas con flujo subsuperficial de agua, denominados también zonas de raíces y filtros de junco-rocas (Centro de Investigaciones Hidráulicas, Informe técnico. 2001).

Durante esta primera etapa se logró acopiar amplios conocimientos sobre los componentes físicos y bióticos de los humedales.

Estudios integrales

Como se ha expresado anteriormente, el ordenamiento sostenible de los humedales presupone la necesidad de disponer de un conocimiento integral de los aspectos físicos, bióticos y socio económicos del medio. Según la experiencia de Cuba, los estudios integrales deben tener en cuenta los siguientes principios (Fernández, L., Petrus J. 2001):

- Utilización de concepciones científico metodológicas de carácter sistémico, basadas en el empleo del enfoque geocológico que estudia los fenómenos en su interacción recíproca.

- Empleo de las técnicas de teledetección como fuente de sustentación informativa de carácter multidisciplinario y multitemporal.

- Empleo de la cartografía temática y los sistemas de información geográfica para la georreferenciación espacial de los fenómenos y el acceso rápido a la información.

- La forma más apropiada de expresión de los estudios integrales son las series de mapas temáticos cuya esencia consiste en un conjunto de mapas armonizados y compatibilizados entre sí, elaborados para un momento de tiempo, bajo los principios y concepciones científicas, sobre una base fotocartográfica única para todas las temáticas.

Las series de mapas temáticos siempre contemplan un grupo de mapas de inventario de los recursos básicos que caracterizan el potencial natural de la región y, generalmente, se acompañan de una monografía o memoria explicativa como complemento literal al registro gráfico.

Esquema general de ejecución de los trabajos durante los estudios integrales

Las difíciles condiciones de acceso en las zonas de humedales limitan considerablemente el empleo de los métodos convencionales de investigaciones basados fundamentalmente en los estudios in situ de los objetos, procesos y fenómenos. Es por ello que en estas zonas, las imágenes de teledetección se convierten en la principal fuente de información.

Sumariamente, el esquema general de ejecución de los trabajos contempló las siguientes etapas:

- Recopilación, análisis y sistematización de la información aeroespacial, cartográfica y literal existente. En esta etapa se creó un fondo de datos derivados de las investigaciones realizadas con anterioridad en la zona.

- Reconocimiento aerovisual del territorio. Durante esta etapa se obtuvo una visión general de las condiciones físico geográficas de la zona y se realizó la interpretación preliminar de las imágenes aeroespaciales.

- Procesamiento de la información aeroespacial y elaboración de bases cartográficas.

- Fotointerpretación y trabajos de gabinete.

- Investigaciones de campo.

- Creación de las bases de datos.

- Análisis y modelado.

- Elaboración de los mapas temáticos e informes científicos.

- Elaboración del mapa síntesis de zonificación funcional del territorio e integración de los informes científicos.

Las investigaciones se llevaron a cabo por grupos multidisciplinarios, estructurados en equipos de trabajo por direcciones temáticas, los cuales tuvieron a su cargo la ejecución de las investigaciones, la redacción de los informes científicos y la elaboración de los mapas temáticos.

En la etapa preparatoria de las investigaciones se impartieron seminarios a los especialistas sobre las herramientas de uso común tales como las técnicas de fotointerpretación y la elaboración de mapas temáticos, así como el contenido y alcance del programa científico.

Contenido general de las investigaciones durante los estudios geográficos integrales

El programa de investigaciones abarcó un amplio espectro de disciplinas que permitió brindar una

caracterización integral del territorio. La relación de aspectos abordados depende de las especificidades de los territorios estudiados y de los tipos de actividades económicas que se pretenden desarrollar.

A partir de los valores estudiados se realizó la zonificación funcional del territorio, la cual establece las propuestas de uso funcional teniendo en cuenta los valores naturales de la región. La información obtenida permitió definir las áreas con prioridad para el desarrollo de la infraestructura turística, las diferentes opciones de instalaciones y productos turísticos a ofertar, las áreas y especies que por diferentes razones merecen protección, rehabilitación o tratamiento especial, las zonas modificadas o sometidas a estrés ambiental, los factores de estrés más importantes. Igualmente se identificaron las áreas ecológicamente sensibles y se desarrollaron propuestas de áreas protegidas marinas y terrestres. ICGC ACC (1990).

Las zonas de uso turístico del territorio se determinan atendiendo al tipo y la intensidad de utilización de los distintos complejos territoriales naturales. Así, la zona de uso intensivo se relaciona con las playas, las dunas y los paisajes submarinos de la plataforma próximos a la línea de costa, en aguas poco profundas.

La declaración de diferentes zonas de uso (turístico, forestal, pesquero, de conservación de valores, etc.) en el territorio presupone, de hecho, una gestión de protección de la naturaleza, al asignarle a cada paisaje un valor funcional determinado y un régimen de explotación y transformación que lleva implícito medidas de conservación de los distintos recursos.

La información resultante de los estudios temáticos sirvió de base de sustentación para el establecimiento de los lineamientos y premisas en la política de desarrollo integral del territorio.

Estudio integral de los grupos insulares y zonas litorales del archipiélago cubano con fines turísticos

Entre las primeras investigaciones de carácter integral realizadas en el país cabe mencionar este estudio, comenzado a partir de 1988 en los sectores nororiental y suroccidental del archipiélago cubano ICGC ACC (1990). Para la ejecución de esta obra se elaboró un programa científico de carácter nacional

en el que participaron más de 40 instituciones científicas, docentes y productivas del país. Se estudiaron más de 80 cayos, las zonas litorales y los sectores adyacentes de la plataforma submarina en una franja de aproximadamente 12 000 km². De los resultados del estudio, se publicaron cuatro monografías científicas y 82 mapas a escalas 1:25 000 y 1:50 000.

Estudio integral de la Ciénaga de Zapata

Basado en la experiencia anterior y las características específicas de esta zona se elaboró un programa de investigaciones científicas en el que participaron más de 23 instituciones científicas, docentes y productivas del país e incluyó el estudio y cartografía detallada de los recursos y condiciones naturales y aspectos socioeconómicos del territorio.

El área de estudio abarcó unos 7000 km² de zonas cenagosas, territorios adyacentes no inundables y sectores de la plataforma submarina. De los resultados del estudio, se publicó una monografía científica y 11 mapas a escalas 1:100 000. Para el seguimiento ulterior de las investigaciones y el monitoreo de la región en la Ciénaga de Zapata se creó una Estación Ecológica (ICGC ACC 1992).

Proyecto GEF/PNUD “Protección de la Biodiversidad y Desarrollo Sostenible en el ecosistema Sabana Camagüey”

De gran relevancia por su extensión y complejidad resulta el Proyecto apoyado por el GEF/PNUD “Protección de la Biodiversidad y Desarrollo Sostenible en el ecosistema Sabana Camagüey” comenzado en 1994 con tres etapas de ejecución. En el Proyecto se estudió una franja de aproximadamente 465 km a lo largo de la zona norte central de Cuba entre Punta Hicacos y Bahía de Nuevitás. Los componentes del área de estudio fueron:

- La cuenca hidrográfica (19 400 km²) que drena en las aguas costeras del ecosistema Sabana Camagüey.
- La plataforma submarina (8 311 km²), que incluye todos los hábitats de aguas marinas poco profundas hasta profundidades aproximadas de 50 m en el borde externo de la plataforma.
- Los 2 517 cayos con un área de 3 400 km², lo que representa el 60% de todos los cayos de Cuba.
- La zona económica exclusiva con 43 800 km².

El proyecto incluye la integración de la conservación de la biodiversidad, el planeamiento y manejo de la plataforma submarina, incluyendo la zona económica exclusiva, la cuenca hidrográfica, los cayos, el turismo y la pesca, entre otras.

Para el seguimiento ulterior de las investigaciones y el monitoreo de la región en el ecosistema Sabana Camagüey se construyó el moderno Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros de Cayo Coco.

Los Cambios Globales y sus posibles impactos en los humedales

El planeamiento estratégico integrado de los humedales debe tener en cuenta los Cambios Globales, definidos por el Programa Internacional Geosfera Biosfera, como aquellos vinculados con los cambios en el uso y en la cobertura de la tierra, en la diversidad biológica, en la composición de la atmósfera y en el clima.

Según los estudios realizados para Cuba de acuerdo a los escenarios utilizados, el ascenso del nivel del océano será de 10 cm para el 2030 y 15 cm para el 2050. En costas abiertas los valores extremos del nivel del mar pueden ser superiores 90 cm. Entre las zonas más expuestas y amenazadas ante el efecto de los cambios globales, especialmente por el ascenso del nivel del mar, el avance de la intrusión salina, la pérdida de la biodiversidad y asentamientos poblacionales se encuentran los humedales litorales. Según estimados para la Ciénaga de Zapata, en el año 2030 la franja de inundación debe alcanzar entre 1 y 2 km de ancho en casi el 70% del perímetro costero, pudiendo penetrar hasta 4 km en la parte occidental del territorio.

Es necesario conocer la dinámica de desarrollo y las tendencias de evolución para poder pronosticar los futuros escenarios que tendrán lugar en los próximos 10, 25, 50 y 100 años.

En el año 1996, entre las investigaciones priorizadas del país comenzó a ejecutarse el Programa Nacional Científico Técnico “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano” con los siguientes subprogramas: *Ciclo Hidrológico, Zonas Costeras e interacción Tierra –Océano, Variabilidad del Clima y Cambio Climático, Contaminación y Química Atmosférica, Interacción Océano*

Atmósfera, Ecosistemas terrestres, Agroecosistemas y Suelos, Biodiversidad y Dimensión Humana.

Entre los resultados más significativos se encuentran:

- El impacto del cambio climático por áreas-clave del país y la formulación de las medidas de adaptación al mismo.
- Estrategia Nacional de Biodiversidad.
- Bases ecológicas para la restauración de maglares y su relación con los Cambios Climáticos Globales.
- Estimación de las variaciones del nivel del mar.
- Variabilidad climática y su vínculo con la ocurrencia de fenómenos extremos en el país.
- La sequía y sus causas y el establecimiento de un sistema de alerta temprana de la sequía.
- Los ciclones tropicales, su variabilidad y su posible vinculación con los cambios globales.
- La caracterización de la deposición de los componentes de nitrógeno y azufre atmosférico.
- Funcionamiento de los ecosistemas terrestres y la interrelación con los cambios climáticos.
- La estructura y funcionamiento ecopaisajístico de los bosques siempreverdes y semidecíduos y de complejos de vegetación costera.
- El papel de la cobertura vegetal como sumideros de CO₂, resultando que el 85% del mismo se encuentra en los humedales.
- La identificación de los grupos bióticos focales asociados a cambios globales para la realización de pronósticos e identificación de tendencias de evolución.
- El efecto antrópico sobre el escurrimiento, humedecimiento y evaporación en las cuencas hidrográficas; el impacto de la salinidad, las sequías climáticas y edáficas y el sobrehumedecimiento.
- La Dimensión Humana del Cambio Global a través de las relaciones entre el desarrollo socioeconómico y el medio ambiente.
- La modelación de acuíferos cársicos costeros.
- El estudio de las causas y mecanismos de los Cambios Globales, de sus impactos y medidas de adaptación y de las posibilidades de mitigarlos, permite fundamentar científicamente acciones efectivas para ser tomadas en las proyecciones de desarrollo tanto al nivel local como nacional.
- Inventario nacional de los humedales.

Iniciado en 1996, el inventario nacional de humedales está depositado en el Centro Nacional de Áreas Protegidas de Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Los objetivos que se persiguen con este inventario son:

- Contar en el país con un sistema ágil y eficaz para obtener información sobre los humedales.
- Diagnosticar la situación actual y futura de los humedales.
- Facilitar la disponibilidad de información para la toma de decisiones en relación a la ubicación de nuevas inversiones o para el desarrollo de inspecciones ambientales.
- Garantizar la base informativa necesaria para facilitar la participación de Cuba en la Convención Ramsar.
- Facilitar la transmisión de información a instituciones y organizaciones nacionales e internacionales que lo requieran.
- Contar con una base informativa que permita la elaboración de una estrategia nacional (programa) para garantizar el desarrollo sostenible de estos ecosistemas.
- Identificar las prioridades de desarrollo de líneas de investigación y de áreas de conservación en los humedales.

El inventario nacional de humedales está soportado sobre un sistema automatizado que permite conocer o diagnosticar la situación ambiental en los humedales cubanos.

Legislación y cooperación intersectorial

Legislación vigente

Entre las acciones legales de mayor relevancia que han contribuido a la protección del ambiente y de manera directa o indirecta están vinculadas a la protección y uso de los humedales en Cuba puede citarse:

- La Ley de Medio Ambiente
- La ley forestal
- La ley de Minas y reglamento
- El Decreto Ley de Pesca
- El Decreto Ley de Suelos
- La Ley para la Inversión Extranjera
- El Decreto 21 sobre Planificación Física
- El Decreto 138 sobre Aguas Terrestres
- La Ley de Defensa Nacional
- La Resolución sobre Diversidad Biológica
- La Resolución sobre CITES
- La Resolución sobre Acceso a Recursos Naturales

- La Resolución sobre faja de Protección de Ríos
- El Decreto 180 Contravenciones Patrimonio Forestal
- El Decreto 211 sobre Inspección Estatal de la Conservación y Protección de Recursos Hídricos

Legislación en proceso

- Decreto Ley sobre Área Protegidas
- Decreto Ley de Caza
- Ley de Diversidad Biológica
- Decreto de Ordenamiento Territorial y Urbanismo
- Ley de Ciencia e Innovación Tecnológica.

Convenciones Internacionales firmadas por Cuba

- Convenio sobre Diversidad Biológica
- Convenio Marco sobre el Cambio Climático
- Convención de lucha contra la Desertificación
- Convención sobre el Patrimonio Mundial
- Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias
- Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES)
- Convención sobre prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles
- Protocolo de 1978 relativo al Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973 (MARPOL)
- Convenio para la protección y el desarrollo del medio marino de la región del Gran Caribe (Cartagena)
- Protocolo de cooperación para combatir los derrames de hidrocarburos en la región del Gran Caribe
- Protocolo ESPAW

Instrumentos organizativos y estructura de gestión

- Estrategia Ambiental Nacional, Territorial y Sectorial.
- Proceso de evaluación de impactos ambientales
- Licencias ambientales
- Proceso de macro y microlocalizaciones
- Planes de ordenamiento territorial
- Planes de manejo y sistema de áreas protegidas
- Ordenación forestal
- Planes de protección del Cuerpo de Guardabosques
- Programas Nacionales, Ramales y Territoriales de Ciencia y Tecnología
- Planes de contingencia
- Estrategia Nacional de Diversidad Biológica

- Estrategia Nacional de Educación Ambiental
- Comisión Nacional de Cuencas Hidrográficas

Cooperación intersectorial para la conservación de los humedales

La política de coordinación intersectorial para la conservación de los humedales está a cargo del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente el cual organiza la cooperación entre las distintas entidades encargadas de la conservación del medio ambiente en el país.

El Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA), el Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIEGA) y el Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP), en coordinación con las Unidades de Medio Ambiente y Áreas Protegidas provinciales, a través de la aplicación de la Estrategia Nacional Ambiental, coordinan las acciones entre si y con todas las instituciones científicas, de gestión y tecnológicas del país que se relacionan con los humedales. Se han concebido también planes estatales especiales para coordinar y ejecutar acciones de conservación y desarrollo sostenible en regiones de alta rehabilitación.

BIBLIOGRAFÍA

- ACYT (Agencia de Ciencia y Tecnología (1998): La biodiversidad del grupo insular Sabana Camagüey, su protección y uso sostenible en relación con los Cambios Climáticos Globales Informe Final Programa Nacional de Cambios Globales. Instituto de Ecología y Sistemática 150 pp.
- Blanco. P (1994): Humedales de importancia para las aves acuáticas en la provincia de Matanzas. III Simposio de Zoología y II Congreso Latinoamericano de Teriología. Palacio de las Convenciones C. Habana, Cuba 1994.
- Fernández, A. Aprovechamiento y gestión de recursos hídricos. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED. 1999
- Fernández, L., Petrus J. 2001. Experiencias en la ejecución de estudios interdisciplinarios para la gestión sostenible de humedales. Estudio de caso. 1-22 pp. Memorias del I Seminario Taller Internacional “Un enfoque integrado para la gestión sustentable del agua – Experiencias de cooperación”. 26-28 de marzo de 2001, Buenos Aires.

- Gutiérrez Pérez, T., Centella Artola, A. y Limia Martínez, M. Impactos del Cambio Climático en Cuba. Revista Ciencia, innovación y desarrollo. Vol. 6, No. 1, 2001. pp 26-29.

- Garea Moreda, B. y Curbelo Alonso, A. Cambios globales del medio ambiente mundial. Revista Ciencia, innovación y desarrollo. Vol. 6, No. 1, 2001. pp 21-25.

- Griffin, T. and Boele, N. (1997) Alternative paths to sustainable tourism: Problems, prospects, panaceas and pipe-dreams. In: Go, F.M. and Jenkins, C.L. (eds) *Tourism and Economic Development in Asia and Australia*. London: Cassel, pp.321-337.

- ICGC ACC (1990): Estudio de los grupos Insulares y Zonas Litorales del Archipiélago Cubano con Fines Turísticos. Editorial Científico-Técnica. Tomo 1,2,3 y 4, 82 mapas impresos. Coordinador Científico: Lucas Fernández Reyes.

- ICGC ACC (1992): Estudio integral de la Ciénaga de Zapata. Editorial Científico Técnica. 207 p y 11 mapas. Coordinador Científico: Lucas Fernández Reyes.

- Manuales de la Convención Ramsar sobre los humedales. 2000

- Menéndez, L., A.V. González; J.M. Guzmán, L. Rodríguez, R. Gómez y otros (2000). Bases ecológicas para la restauración del ecosistema de manglar en áreas seleccionadas del Archipiélago Cubano y su relación con los Cambios Globales. Informe Final del Proyecto. Programa Nacional Científico Técnico «Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano». 145 pp Instituto de Ecología y Sistemática. Agencia de Ciencia y Tecnología. CITMA

- Primer Taller Nacional de Humedales. Santa Marta. Varadero, 26-29 de abril 1999. Centro Nacional de Areas Protegidas-Unidad de Medio Ambiente de Matanzas.

- Programa Nacional Científico Técnico «Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano». Centro de Gerencia de Programas y Proyectos Priorizados. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

- Vales, M ; A. Alvarez; L. Montes y A. Avila (1998): Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba. CESYTA. 480 pp.

- XVII Congreso Interamericano de Turismo. San José, Costa Rica. 7-11 abril de 1997.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ESTADO DE LOS AMBIENTES ACUÁTICOS DE AGUA DULCE EN COLOMBIA

STATE OF THE FRESHWATER AQUATIC COLOMBIAN ENVIRONMENTS

John Donato-R

Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.

Pontificia Universidad Javeriana

donato@ciencias.ciencias.unal.edu.co

RESUMEN

Se expone un conjunto de apreciaciones, a manera de enunciados, que intentan, en términos amplios, explicar la estructura y función de los ecosistemas acuáticos y su posible relación con el ejercicio del manejo y la gestión ambiental. Se presentan algunos casos que dan una imagen aproximada de la situación actual de las reservas de agua dulce, sus relaciones mutuas y la dinámica de la población humana.

Palabras claves: Diversidad, complejidad disturbios, ecosistemas.

SUMMARY

Several statements are formulated as an attempt to explain in general terms the structure and function of aquatic ecosystems and their possible relationships to environmental management. Several cases are discussed to give an approximate picture of the state of water resources as well as the relationships among those resources and the dynamics of human populations.

Key words: Diversity, complexity, disturbances, ecosystems.

INTRODUCCION

Los sistemas acuáticos de agua dulce contienen menos del 1% del agua total del planeta, pero su importancia es vital para el desarrollo y el mantenimiento de la vida terrestre. El agua que transportan los ríos y la que contienen los cuerpos naturales de agua dulce están íntimamente ligadas a la dinámica del ciclo hidrológico y a pesar de las cantidades relativamente limitadas conforman un recurso significativo para la agricultura, la ganadería, la industria, el transporte y otras actividades humanas. Sin embargo, el crecimiento vertiginoso de la población humana ha traído como consecuencia un aumento considerable de la demanda de agua. Paradójicamente, cada día aumenta el deterioro de la calidad de las aguas dulces lo que constituye una de las grandes preocupaciones mundiales.

Son numerosas las razones por las cuales, los ecosistemas de agua dulce son vulnerables. Generalmente, se consideran como “tierra de nadie”; en el caso de los lagos y las lagunas, éstos actúan como sumideros de los productos derivados de las actividades humanas, mientras que los ríos son

utilizados como drenajes económicos para la remoción de las aguas residuales. A pesar de esto, el agua se valora donde es escasa y los sedimentos heredados de los humedales son apreciados porque constituyen suelos fértiles y de alta productividad.

En los próximos años, Colombia sufrirá nuevos deterioros del medio ambiente. Estos tendrán entre otras causas el crecimiento demográfico, la dependencia de las poblaciones humanas a los recursos naturales, las condiciones críticas de pobreza y riesgo, y el patrón de producción y consumo predominante. Los sistemas acuáticos y los recursos hídricos (en el texto hacen referencia a las aguas de escorrentía superficial y a los depósitos de agua) no escaparan a tal situación.

En este trabajo y con base en el enfoque ecosistémico se expone un conjunto de enunciados mediante los cuales se pretende explicar la estructura y función de los ecosistemas acuáticos, y se describe la situación actual del recurso agua en Colombia.

Consideraciones acerca de la estructura y la función de los ecosistemas acuáticos de Colombia

Enunciado uno: “*La heterogeneidad ambiental (diferencias fisiográficas, litológicas y pluviotérmicas) de los Andes colombianos genera diversos patrones en el número y la distribución de los ecosistemas acuáticos, así como en su diversidad y riqueza de especies*”.

Los diferentes regímenes pluviotérmicos, y las diferencias físicas del relieve de los Andes colombianos generan acentuada diversidad de ecosistemas terrestres y acuáticos dotados de complejos sistemas de captación, regulación e interacción ecológica. Así mismo, esta característica determina asimetría tanto en la diversidad como en la riqueza de especies (Fig. 1) entre la región andina y las tierras bajas.

La riqueza y el potencial hidrológico se manifiestan en una extensa red fluvial superficial que cubre el país. Colombia cuenta con más de 1000 ríos permanentes y, de ellos, diez con caudales medios anuales de más de 1000 m³/seg, Por otro lado, existen cerca de 1600 cuerpos de agua entre lagunas, lagos y embalses, los cuales contienen importantes reservas de agua utilizables. Sin embargo, esta oferta no está distribuida homogéneamente entre las diferentes regiones del país

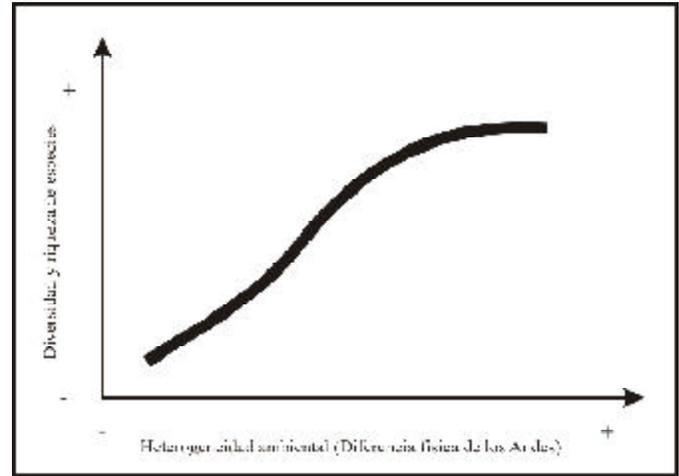


Figura 1. Relaciones entre la complejidad espacial de los Andes y la diversidad y riqueza de especies de los ecosistemas acuáticos.

y, por otra parte, está sometida a fuertes oscilaciones que determinan la disponibilidad del recurso hídrico (IDEAM, 1998a).

Los humedales junto con los ríos y riachuelos son centros de riqueza y endemismo de especies con una singularidad de fenómenos ecológicos relacionados con las propiedades dinámicas o su estructura.

En este sentido, la barrera biogeográfica de la cordillera de los Andes determina orígenes diferentes en la composición de especies de lagos y ríos de la región andina comparados con los situados en la zona de tierras bajas. Mientras la distribución geográfica de las especies de la región andina y de alta montaña se extiende más allá de la región neotropical, aquellas de la región de los planos inundables de la Orinoquia y la Amazonia son en un porcentaje alto del conjunto de origen amazónico y de distribución exclusivamente sudamericana que no se presentan en el resto del país.

Otro aspecto de interés es la diferencia significativa en la diversidad entre ambientes acuáticos situados en vertientes húmedas respecto a aquellos localizados en vertientes secas de la cordillera. Datos preliminares del fitoplancton para lagunas de regiones húmedas de la cordillera central registraron 95 especies mientras que los valores para lagunas de la vertiente seca de la cordillera oriental llegaron a 22 especies (Donato, 2001).

En el caso de los ríos, la diversidad geológica, altitudinal y geomorfológica de los Andes genera diferentes cursos y tipos de aguas donde se desarrolla una diversidad amplia de organismos. Las

comunidades están regidas por la dinámica hídrica. En los valles internos y en las provincias de tierras bajas existe un comportamiento estacional regido por el “pulso de inundación”, mientras que en la cuenca media y alta de los ríos existe un “pulso súbito de corriente” (Rivera, com. pers.) dinamizado por las esporádicas e intensas lluvias de montaña. Estos disturbios naturales generan una disminución en la diversidad, pero a escala anual reinician sucesiones y posibilitan una heterogeneidad ambiental mayor.

Enunciado dos: “*Los sistemas acuáticos son más complejos al aumentar su interdependencia (sistemas holísticos) y su integración con otros sistemas (ecológicos)*”.

Los ecosistemas acuáticos son extremadamente complejos, tienen numerosos componentes y relaciones que son únicos y diferentes. Debido a este número alto de interconexiones y de propiedades emergentes (Fig. 2) no es posible

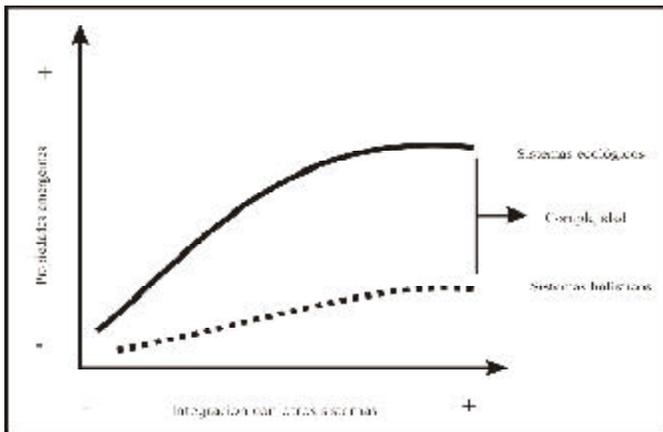


Figura 2. La complejidad explicada por la integración, interdependencia y propiedades emergentes de los sistemas ecológicos.

realizar observaciones y reducirlas a leyes simples de la naturaleza.

Aunque si bien, los términos “holístico” y “ecológico” difieren ligeramente en sus significados, parece que el primero de ellos resulta menos apropiado que el segundo para describir un nuevo paradigma (Capra, 1996). Una visión holística, por ejemplo de un ecosistema acuático significa verlo como un todo funcional y entender consecuentemente la interdependencia de sus partes.

Una visión ecológica incluiría esto, pero añadiría la percepción de cómo el ecosistema acuático se inserta en su entorno natural y social: de donde proviene su flujo de energía y los ciclos de materia, cual es su origen, cómo su utilización afecta el entorno natural y a la comunidad que lo utiliza, etc.

Desde este último punto de vista, se puede citar como ejemplo, el caso de la ciénaga de la Virgen o de Tesca localizada en el municipio de Cartagena de Indias sobre el Caribe colombiano. Este ecosistema no sólo sirve como un elemento natural de importancia en la dinámica ambiental de Cartagena sino que depende de la estructura social donde esta inserto.

Debido a su condición de receptor del 60% de las aguas residuales sin tratamiento de la ciudad (IDEADE, 1995), a la interferencia del flujo hidrodinámico producido por el anillo vial, a la consolidación de procesos subnormales de apropiación de territorios y a la destrucción de coberturas protectoras que en el caso de manglares del área comprendida entre Barranquilla y Santa Marta alcanza un 95% de destrucción (Sánchez et al., 2000), las condiciones ecológicas, sanitarias y de calidad del agua están bastante deterioradas.

Enunciado tres: “*Los ecosistemas acuáticos de agua dulce son un recurso finito y un elemento fundamental en la organización ecológica, social y económica*”

En la segunda mitad del siglo pasado, el crecimiento demográfico con los efectos ambientales, y los cambios registrados en materia de producción y consumo elevaron la demanda de los recursos hídricos a cantidades sin precedentes.

La sociedad humana es un sistema complejo embebido en el ambiente natural, del cual depende para su soporte (Bossel, 2000). La disponibilidad de agua dulce y el acceso a los ecosistemas acuáticos restringen la organización social, cultural y económica del país lo que implica, en casos extremos, un caos hídrico o un manejo cultural insostenible del recurso agua (Fig. 3).

El género humano utiliza más de la mitad del agua disponible procedente de la escorrentía superficial, y se espera que dicha proporción llegue al 70% en el año 2025. Esto reducirá la cantidad y calidad del agua almacenada por los ecosistemas acuáticos, los cuales cumplen funciones necesarias

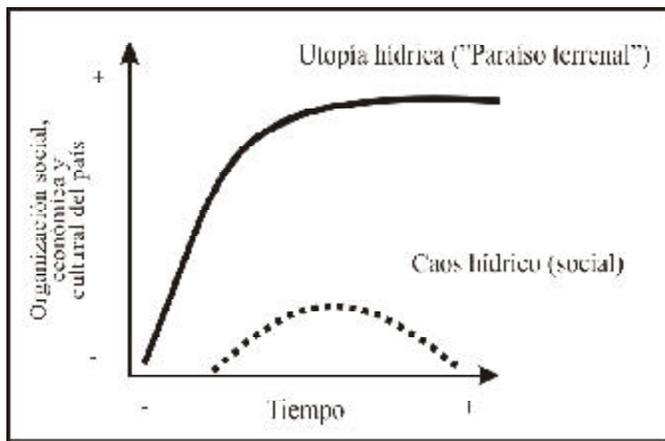


Figura 3. Importancia de la disponibilidad del recurso hídrico en la organización social y los procesos económicos del país.

para la vida, como son la descontaminación y el reciclamiento del agua.

Actualmente, se calcula que existen en el planeta más de 1000 millones de personas sin acceso suficiente al agua apta para el consumo doméstico, y se estima que en 30 años aproximadamente unos 5500 millones de personas vivirán en áreas con una oferta moderada o en déficit, lo que supondrá mayores dificultades para el suministro de agua potable.

Reportes recientes para Colombia suministrados por el IDEAM (1998b) demostraron que para 1996, el 11% de los municipios del país y correspondientes al 13% de su población acusaron un índice de escasez del agua mayor al 20%; mientras que las predicciones para el año 2016 establecen que el 19% de los municipios que representan el 38% de la población alcanzará un índice superior al 20%. El mismo informe pone en alerta sobre las condiciones aún más críticas si se incluyen las áreas que abastecen las cabeceras municipales para los cuales cerca del 70% de la población tendría que afrontar una situación delicada en el abastecimiento de agua.

Relación entre los ecosistemas acuáticos y la población humana

Los sistemas acuáticos por la importancia de los productos que ofrecen y por los atributos ecológicos y culturales que poseen cumplen funciones de valor múltiple y son determinantes en la estabilidad social. Cabe añadir que la dinámica de la población humana también afecta los ecosistemas acuáticos y sus recursos hídricos.

La Fig. 4 proporciona un esquema ideal de la relación anteriormente establecida, con especial énfasis en la disponibilidad, los efectos del uso del agua y los mecanismos de retroalimentación para su sostenibilidad. En el país esta relación está simplificada puesto que los recursos hídricos se utilizan y se convierten en depósitos de desechos y en algunos casos son vectores de enfermedades y elementos que impactan el paisaje y la calidad de vida (Fig. 5).

Es bien conocido que el crecimiento demográfico conduce a un mayor empleo del agua para la producción de alimentos, consumo doméstico y la dilución de aguas residuales, lo que a su vez aumenta el déficit de agua y la falta de seguridad alimentaria, y ocasiona crisis económicas y sociales; la disminución de fuentes de agua en la naturaleza y la baja calidad o mala distribución de ésta puede tener consecuencias adversas para la salud, el crecimiento y la distribución de la población. Un ejemplo de esta situación, se reportó en la ciénaga de la Virgen, donde en 1989 murieron en la zona de caños, lagos y ciénagas, 347 personas por causas relacionadas con enfermedades de origen hídrico. De estas el 37.5% de las de las muertes fueron ocasionadas por enfermedades respiratorias, el 23.68% por enfermedades diarreicas, el 23.03 % por desnutrición y el 15.79% restante por dermatitis, tuberculosis y parásitos (IDEADE, 1995).

Enunciado cuatro: *“Los sistemas acuáticos están sometidos a disturbios naturales y antrópicos que modifican su valor funcional”*

Un disturbio es cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que implica una interrupción en el curso de un proceso o una interferencia sobre un estado establecido (Wiens, 1989). En el caso de un ecosistema acuático modifica su valor funcional (Fig. 6) al cambiar el ambiente físico o modificar su estructura y dinámica.

La teoría del disturbio (no-equilibrio) sugiere que las comunidades y los ecosistemas pueden ser manipulados para alcanzar los fines deseados -por ejemplo en la conservación de la naturaleza- (Begon et al., 1995). En particular, enfatiza que si deseamos conservar la diversidad natural, no debemos impedir los disturbios. No obstante, se presentan disturbios

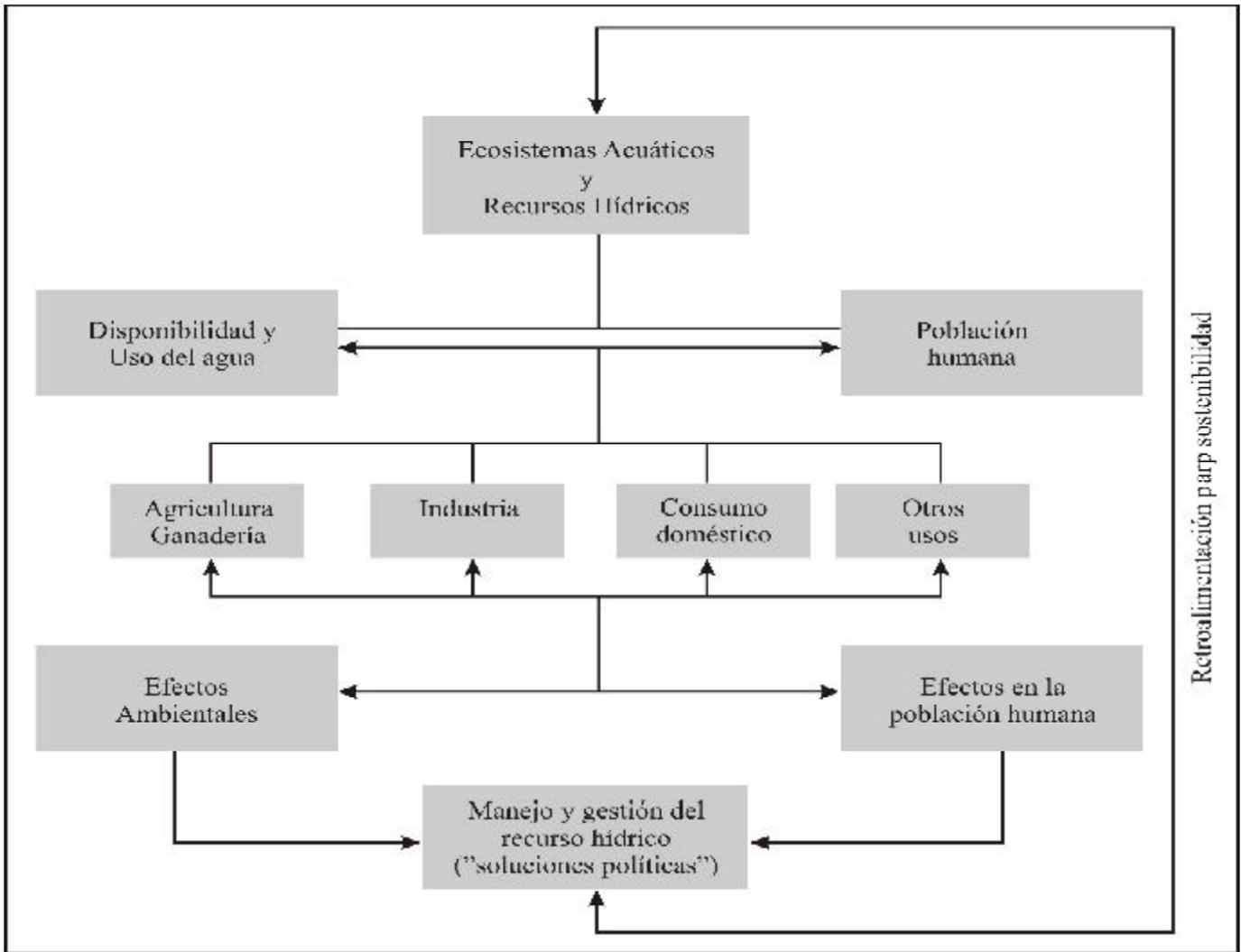


Figura 4. Esquema general de las relaciones del uso de los recursos hídricos y la sociedad humana.

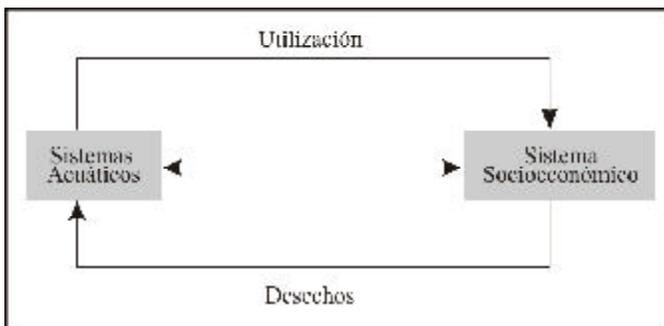


Figura 5. Relación simplificada del uso de los recursos hídricos y su utilización por los sistemas socioeconómicos.

destructivos de alta intensidad y frecuencia que afectan los procesos de sustentación natural de los ecosistemas, así que no todo disturbio ejerce efectos positivos sobre la naturaleza.

Algunos casos de disturbios en ecosistemas acuáticos colombianos

A – Desaparición de cuerpos de agua en la zona andina. Los cuerpos de agua del país y en especial los de la zona andina sufrieron una transformación en sus aspectos estructurales y dinámicos por la influencia humana, de tal suerte que pueden considerarse como uno de los ecosistemas más amenazados a nivel nacional (Hernández et al., 1992).

Un ejemplo, de ecosistemas amenazados lo constituyen los humedales de la Sabana de Bogotá, cuyo funcionamiento equilibrado dependía de los pulsos de inundación de diferentes ríos y riachuelos, de los cuales garantizaban una mayor diversidad de ambientes y un volumen de agua a mayor escala. La ruptura de la conexión y el aumento de la carga de

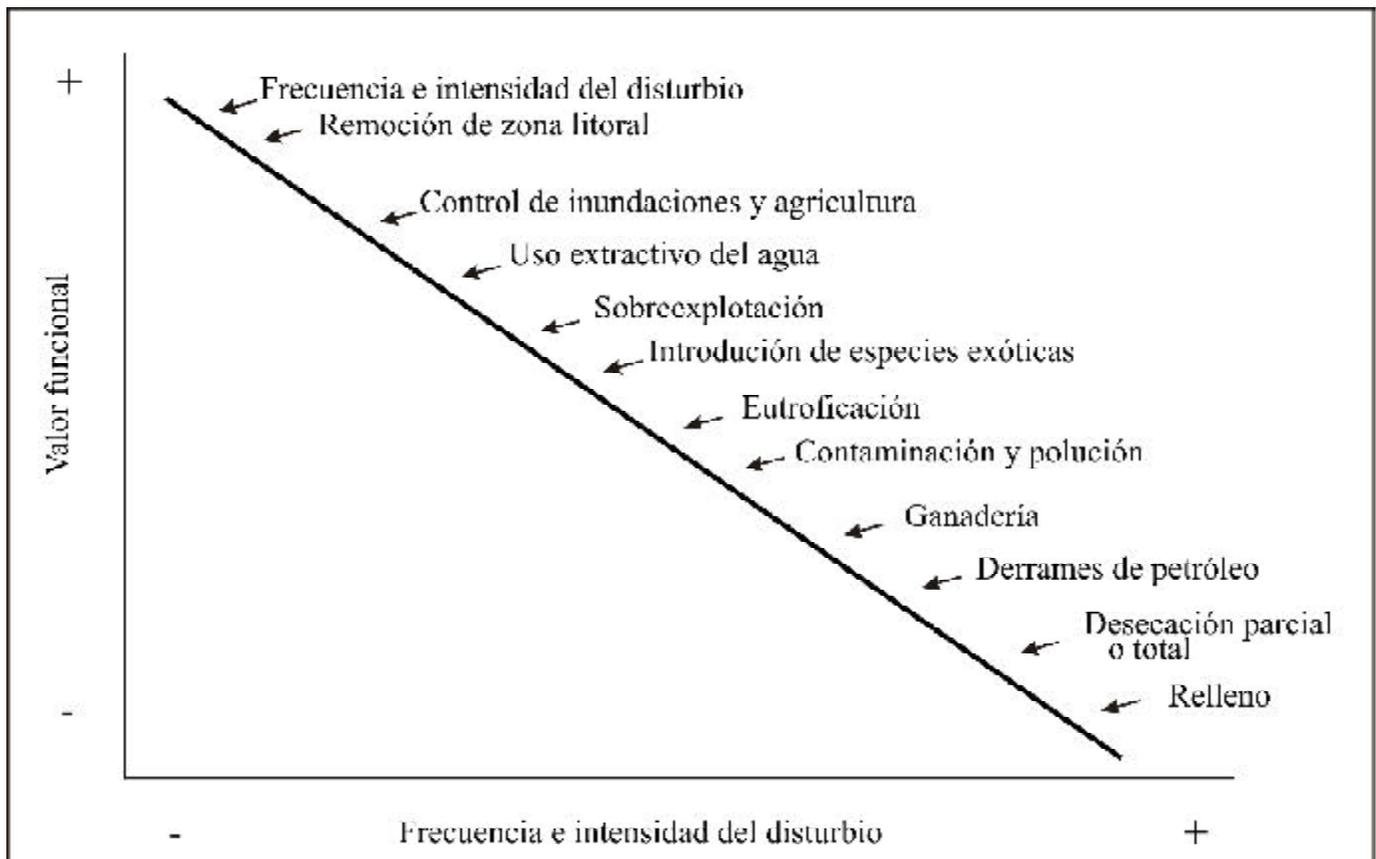


Figura 6. Impacto de los disturbios naturales y antrópicos sobre los aspectos estructurales y funcionales de los sistemas acuáticos.

sedimentos y contaminantes modificó la dinámica del humedal y en consecuencia disminuyó a niveles críticos el espejo de agua, la biodiversidad y su regulación hídrica.

De este modo, las lagunas y pantanos de la Sabana de Bogotá y los valles de Ubaté y Tundama, fueron objeto de grandes cambios para destinar las tierras a la agricultura, la ganadería o la urbanización. Es notorio el caso de la laguna de la Herrera, la cual sufrió la acumulación progresiva de impactos que van desde la creación de diques y canales, la explotación desmedida de los recursos biológicos y la alteración total del régimen hidrológico, principalmente debido a su integración con el distrito de riego de Bojacá (Andrade, 1998).

Por otro lado, el 88% de las 15286 hectáreas (ha) de humedales reportados en la década de 1950 en la región del alto Cauca, había sido destruido hacia el final de los ochenta. El mayor impacto lo sufrieron las lagunas o ciénagas; de 14633 ha conocidas a hoy restan 1314 ha (reducción del 91%); mientras que las

madreviejas se redujeron en un 13.5%. En este caso y en los hábitats acuáticos que quedan, la destrucción y la modificación drástica se atribuyen a la expansión del cultivo de la caña de azúcar así como a los asentamientos humanos (Restrepo y Rengifo, 1987; Instituto von Humboldt y Ministerio de Medio Ambiente, 1998).

B – Pérdida del espejo de agua y remoción de la zona litoral. Otro proceso que contribuye a la pérdida de la masa de agua es el crecimiento de plantas en la zona litoral debido a la disminución de la profundidad efectiva de la cubeta y de la pendiente del litoral, así como a los incrementos de los nutrientes limitantes de la productividad como son el nitrógeno y el fósforo.

Estudios realizados en la laguna de Suesca (García y Gómez, 1994), precisaron que la pérdida del espejo de agua de la laguna durante un período de 48 años es de aproximadamente un 64%. Datos igualmente críticos para otra laguna andina, corresponden a las cifras citadas en estudios recientes sobre la Laguna de Fúquene. Con base en estudios de fotografía aérea

JICA, CAR y CII (1999) indicaron que la disminución de la superficie del agua de la laguna paso desde 3071 ha en 1940 a 1363,2 ha en 1999. Así mismo, la tasa de disminución antes de 1989 era de 24,5 ha/año, mientras que después de 1989 se dobló a 50,4 ha/ año.

En este caso, y como sucede usualmente en las lagunas andinas, es una practica inveterada la desecación de lagos puesto que las zonas recuperadas a los ecosistemas acuáticos son de un potencial agrícola y ganadero muy alto como es el caso de las lagunas de Tota (Boyacá), Fúquene, Cucunubá y Palacios en el valle de Ubaté y Chiquinquirá.

C – Ejemplos de contaminación y polución. El 85% de las industrias de Colombia vierten afluentes contaminantes en las corrientes acuáticas, y ríos como el Magdalena, Bogotá, Cauca y Medellín reciben, adicionalmente, la carga del material orgánico (50% de la población colombiana ubicada en sus cuencas), agroquímicos y residuos minerales.

Un ejemplo de la grave crisis que afecta al país, en materia de ecosistemas acuáticos, es la cuenca del río Magdalena que recibe la carga de aproximadamente 2300 industrias. De estas, 1650 son industrias tributarias de la cuenca del río Bogotá las cuales constituyen el 75% del total de industrias fluentes a la cuenca del Magdalena. Según el IDEAM (1998b), las ciénagas de Palagua (Puerto Berrio) y Miramar (Barrancabermeja, Santander) presentaron contaminación por vertimientos de hidrocarburos y residuos urbanos. La ciénaga de Guarinocito (Caldas), presentó contaminación por mercurio y sedimentos, así como planes irregulares de urbanización.

La cuenca del río Cauca recibe los desechos de 2000 industrias situadas en Cali y Medellín. Adicionalmente, actúa como colector de aguas residuales de Calí, Palmira y Buga.

D – Eutroficación y modificación de las condiciones físicas y químicas del agua. La eutroficación es un proceso natural o cultural que incluye el incremento en la carga de nutrientes ya sea de fósforo o nitrógeno o usualmente ambos que aumenta en exceso la producción de materia orgánica tanto disuelta como particulada en un ambiente acuático.

Sistemas acuáticos sometidos a esta condición, incrementan los costos de filtración para el suministro de agua potable y puede causar sabores y olores

desagradables por la producción de compuesto orgánicos. Igualmente, la abundante biomasa de algas presentes en el agua, eleva los costos de cloración.

Un ejemplo, de esto lo constituye la laguna de Fúquene y su cuenca las cuales son de los sistemas andinos más investigados del país. Por una parte, es una fuente importante de agua de la cual depende en gran parte el distrito de riego del Río Suárez y 15 municipios asociados, y por otro lado, sus aguas están excesivamente enriquecidas por nutrientes y sedimentos en detrimento de la calidad del agua y las zonas de amortiguación de la laguna.

E – Actividades agrícolas y ganaderas y su impacto en la zona litoral. En el lago de Tota al igual que en la laguna de Fúquene la actividad agrícola en áreas aledañas y el uso intensivo de abonos y fertilizantes condujeron al crecimiento excesivo de la zona litoral, en especial aquellos sectores que presentaron pendiente suave y cubeta del lago de poca profundidad. En la tabla uno se precisa los cálculos del crecimiento de las plantas acuáticas (densidad y biomasa) sobre la zona litoral de uno de los lagos más grandes del país como es el lago Tota.

Por otro lado, datos recientes registrados en el embalse del Neusa, por Carrillo y Guarín (2000), indicaron que actualmente *Egeria densa* planch ocupa el 30% del área total del embalse y en total tiene un peso seco de 1516.1 toneladas (ton). El 86% correspondieron a plantas vivas y el 14% a materia orgánica en estado de descomposición. (Tabla 1)

F – Impacto del derrame de petróleo en zonas inundables ciénagas. Uno de los problemas más graves de los ecosistemas de tierras bajas es la extracción, bombeo, transporte y derrames de petróleo que impactan estos cuerpos de agua. Las fuentes derivadas del petróleo y los hidrocarburos inciden en la calidad de agua cambiando sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

De acuerdo con los registros obtenidos por Ramírez y Viña (1998) en diferentes cursos de agua afectados por derrames de petróleo, establecieron que las concentraciones máximas de hidrocarburos observadas resultaron altas (400-680 µg/g) si se comparan con las registradas en otras investigaciones. Por ejemplo, las citadas por Garay et al. (1992, en Donato 1998), para la costa Atlántica colombiana.

Especie	Área Invaída (ha)	Área Invaída (%)	Densidad absoluta (kg/m ³)	Biomasa real (kg)	Biomasa bruta (kg)
<i>Thypha sp</i>	58.2	6.73	45.79	117266475	55619000
<i>E. densa</i>	606.0	70.17	7.8	4394123.4	77361328
<i>Mirtohyllum sp</i>	6.3	0.77	8.4	78983.1	793800
<i>Bidens sp</i>	3.1	0.35	12.2	50822.6	570400
Otros	190.0	21.9	-	-	-
Total	864.0	99.9	-	16250404.	132344528

Tabla 1. Cálculos del área de invasión, densidad y biomasa de algunas especies de la vegetación acuática de mayor importancia para el Lago de Tota (Modificado de López & Porras, 1994; Dávila, 1994).

Por otro lado, informes recientes de la Contraloría General de la República (2001) establecieron que los daños ocasionados por los derrames de petróleo afectaron más de 6000 ha con potencial agrícola y pecuario, 2600 km de ríos y quebradas y 1600 ha de ciénagas y humedales en más de 70 municipios.

G – Saqueo y relleno de lagunas. Aunque si bien, las lagunas están rodeadas de mitos y leyendas, lo que

sí ocurrió en realidad fue el saqueo impuesto, primero por españoles, luego por ingleses y finalmente por colombianos. Registros presentados por Ramírez (1975), indicaron que en el caso de la laguna de Guatavita, los españoles después de drenar el lago sacaron en 1824 oro y esmeraldas por un valor aproximado de 271000 dólares de la época. En 1910, los ingleses y colombianos desecaron completamente la laguna y tras enviar todo lo extraído hacia Londres, declararon únicamente

570 libras esterlinas (Ramírez, 1975).

H – Acumulación de pesticidas. En la Fig. 7 se indica la acumulación de aldrín en los diferentes compartimentos tróficos de un caño de la altillanura en la sabana tropical localizada en Colombia. Se aprecia que las concentraciones se incrementaron en épocas de lluvias y que los peces detritofagos mostraron una acumulación significativa (Donato, 1991).

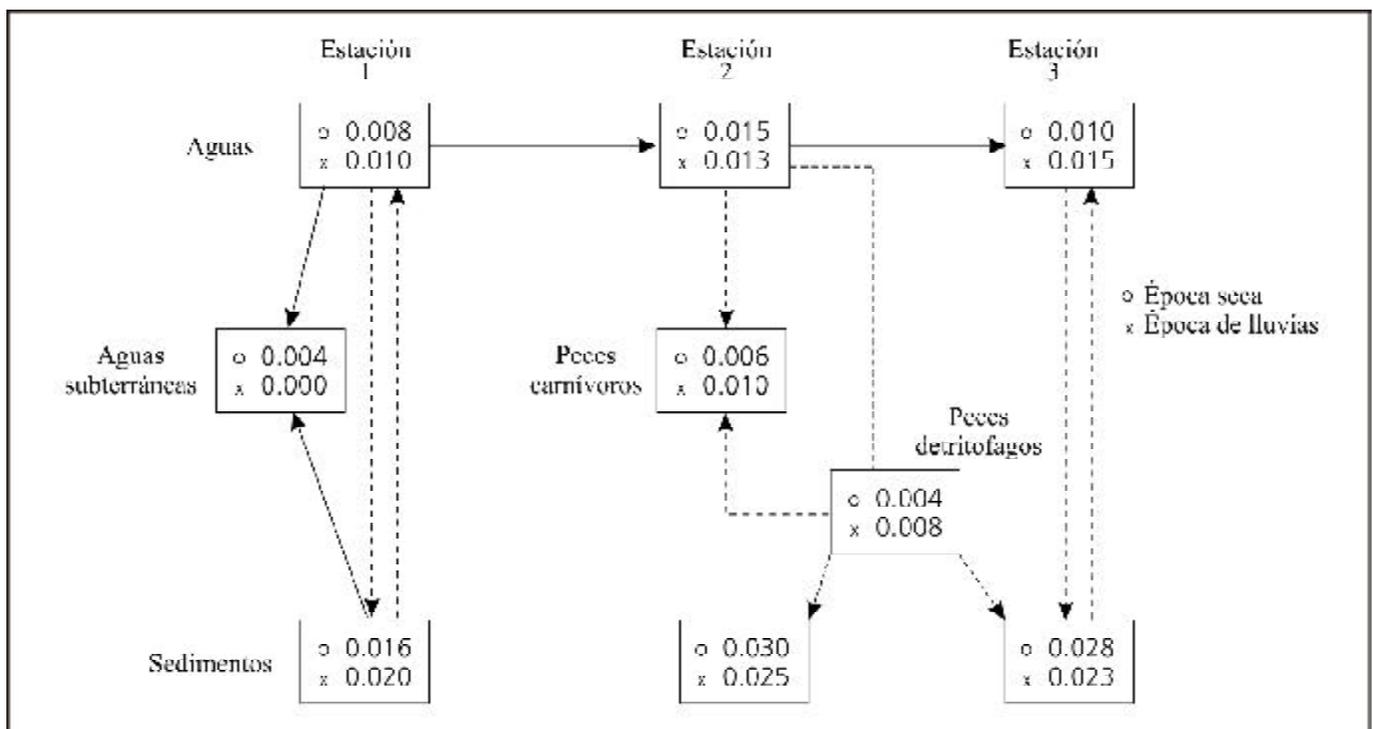


Figura 7. Esquema de la ubicación trófica de las concentraciones de Aldrín en el caño Chocho (Puerto López, Meta).

Enunciado cinco: “La disponibilidad y la calidad del agua de un sistema acuático dependen del grado de interacción, transporte, acumulación y procesamiento de materia orgánica e inorgánica” (Fig. 8).

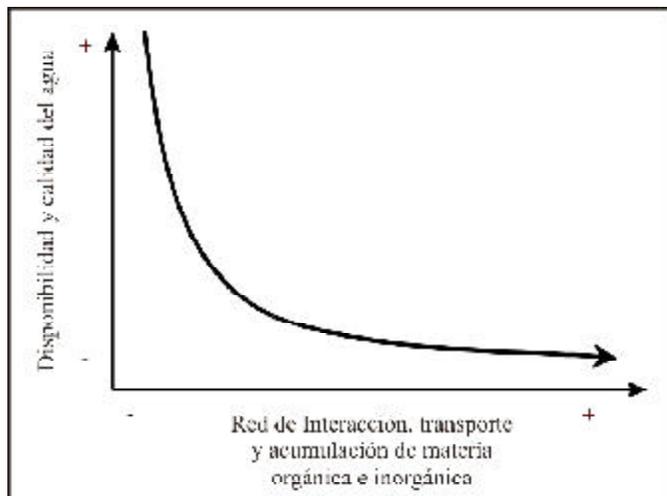


Figura 8. Relación entre la acumulación y el procesamiento de la materia orgánica e inorgánica y la disminución en la disponibilidad y calidad del agua.

Colombia es uno de los países con mayores reservas de agua en el mundo, con tres veces más caudal que el promedio sudamericano y una precipitación pluvial entre 300 y 9000 mm/año (el 3% de la precipitación mundial y el 12% de la sudamericana). El 63% del consumo total de agua es de actividades agropecuarias, el 31% en generación de energía, el 5% consumo humano y el 1% industrial.

A pesar de la abundancia del recurso hídrico, su calidad se ve gravemente afectada por las aguas residuales de origen urbano y rural que sin ningún tipo de tratamiento son vertidas a los cuerpos de agua. Esta agua residual procedente de los tres usos principales del agua (la agricultura, la industria y el consumo doméstico) contribuye a la contaminación de la misma. Además, con mucha frecuencia se descargan en los ecosistemas acuáticos y en las aguas superficiales plaguicidas y fertilizantes procedentes de la actividad industrial, la producción agrícola y las aguas residuales domésticas que incrementan los niveles de contaminación.

En Colombia se estima que el 97% de las aguas residuales se vierten a los ríos sin ser tratadas (Datos

suministrados por el Ministerio del Medio Ambiente), y solo entre el cinco y el 10% de los municipios poseen algún sistema de tratamiento de aguas residuales. Las áreas que mayor carga orgánica generan son Bogotá-Soacha con 342, 4 ton/día, Medellín Valle de Aburra con 235 ton/día y Cali-Yumbo con 185 ton/día de DBO.

El hecho de que no haya un programa estatal de tratamiento de aguas residuales ha generado serios problemas de contaminación de los ríos. Como ejemplo, podemos citar el río Magdalena, principal arteria fluvial del país, que aporta un 58% de los 220 millones de ton/año de sedimentos que van al caribe colombiano.

Frente a este panorama crítico del recurso agua en Colombia, urge la creación de una entidad o institución del *agua* que centralice y dirija programas de manejo, investigación y política integral de los recursos acuáticos. Debe implementar y coordinar programas para dotar a la población de los servicios básicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento ambiental. Así mismo, mediante la concertación de entidades públicas y privadas debe formular los planes de investigación, desarrollo y utilidad económica del recurso.

CONCLUSIONES

1. La heterogeneidad ambiental e historia de los Andes colombianos explica la diversidad de ambientes acuáticos y de las especies asociadas.
2. Por las interacciones, propiedades emergentes y complejidad, se requiere incluir la percepción de cómo los ambientes acuáticos se insertan no sólo en su entorno natural sino social.
3. Los disturbios afectan la disponibilidad del agua, así como la oferta de recursos derivados de los recursos hídricos.
4. Los ecosistemas acuáticos de agua dulce son un recurso finito, cumplen funciones de valor múltiple y determinan, en términos generales, la estabilidad social.
5. En los ríos, el transporte de materia orgánica y contaminantes depende del grado de interacción de aquellos con la cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. L.E. Mora, los profesores G. Guillot y O. Vargas, así como a los colegas C. Rivera y C. Valdés,

al Dr. R. Castro y a M. Rivera por sus aportes y críticas al documento. Al Biólogo V. Páez por la edición final del texto.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, G. 1998. Los humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá: ecosistemas en peligro de desaparecer. *Una aproximación a los humedales en Colombia*. Editado por E. Guerrero. Fondo para la protección del medio ambiente “José Celestino Mutis” - FEN, UICN.
- Begon, M; J. Harper y C. Townsend. 1995. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 886 p.
- Bossel, H. 2000. Sustainability: Application of systems theoretical aspects to societal development. In: Jorgensen, S.E. & F. Müller (ed): *Handbook of ecosystem theories and management*. Lewis Publishers. USA.
- Capra, F. 1996. *The web of life*. Anchor Books. New York.
- Carrillo, Y. y A. Guarín. 2000. *Dinámica de la biomasa de Egeria densa en el embalse de Neusa*. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 78 p.
- Contraloría General de la República. 2001. Informe gestión fiscal, abril de 2001.
- Dávila, E. 1994. Efecto ecológico y fitosanitario de la utilización de plantas acuáticas como abono orgánico en cebolla de rama en la cuenca del lago de Tota. 1^{er} Congreso Internacional de Agricultura Biológica. Santafé de Bogotá 25-27 de mayo. 3 p.
- Donato, J. 1991. Determinación de Aldrín y Metilparatión en aguas, sedimentos y peces del caño Chocho (Puerto López, Meta, Colombia). *Trianea*, 4: 437-458.
- Donato, J. 1998. *Los sistemas acuáticos de Colombia: Síntesis y revisión. Una aproximación a los humedales en Colombia*. Editado por E. Guerrero. Fondo para la protección del medio ambiente “José Celestino Mutis”-FEN, UICN. Colombia.
- Donato, J. 2001. Fitoplancton de los lagos andinos del norte de Sudamérica (Colombia). Composición y factores de distribución. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales-Universidad de Barcelona. Colección *Jorge Alvarez Lleras* N° 19. 232 p.
- García, M. y G. Gómez. 1994. Análisis geográfico ambiental de la laguna de Suesca con fines de planificación. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ingeniería Geográfica. Bogotá, Colombia. 116 p.
- Hernández, J.; R. Ortiz; T. Walschburger y A. Hurtado. 1992. Estado de la biodiversidad en Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*. Edición especial: 41-43.
- IDEADE. 1995. Memorias Seminario Taller “Definición concertada de lineamientos para el ordenamiento territorial del distrito turístico de Cartagena. Pontificia Universidad Javeriana-Instituto de estudios ambientales para el desarrollo-IDEADE-Organización de los Estados Americanos-OEA. Cartagena. 155 p.
- IDEAM. 1998a. *El medio ambiente en Colombia*. Editado por P. Leyva. Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales-IDEAM-Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 495 p.
- IDEAM. 1998b. *Estudio nacional del agua. Balance hídrico y relaciones oferta demanda en Colombia. Indicadores de sostenibilidad proyectados al año 2016*. Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales-IDEAM-Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 24 p.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & Ministerio de Medio Ambiente. 1998. Bases técnicas para la formulación de una política para la conservación y desarrollo sostenible de los humedales interiores de Colombia. Informe final. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-Ministerio de medio ambiente. Bogotá.
- JICA-CAR y CII. 1999. El estudio sobre plan de mejoramiento ambiental regional para la cuenca de la laguna de Fúquene. Informe de progreso.
- López, L. y L. Porras. 1994. *Identificación y evaluación de usos potenciales y sistemas de manejo de la vegetación acuática de importancia poblacional en el lago de Tota*. Trabajo de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 168 p.
- Ramírez, J.E. 1975. La laguna de Guatavita. *Boletín de la sociedad geográfica de Colombia*. Vol XXIX (107): 45-60.

- Ramírez, A. y G. Viña. 1998. *Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. BP Exploration Company - Universidad Tadeo Lozano. Bogotá. 293 p.

- Restrepo, C. y L.M. Rengifo. 1987. Recuento histórico de la disminución de humedales y la desaparición de aves. Memorias III congreso de ornitología neotropical. Editado por H. Alvarez; G. Kattan, y C. Murcia: 43-47 p.

- Sánchez, H; R. Alvarez; O. Guevara y G. Ulloa. 2000. Lineamientos estratégicos para la conservación y uso sostenible de los manglares de Colombia. Propuesta técnica para análisis. Ministerio de Medio Ambiente-ACOFOR-OIMT. 81 p.

- Wiens, J. 1989. The ecology of birds communities: process and variations. Cambridge *Studies in Ecology*. Vol 2. Cambridge University Press. 316 p.

LOS MANGLARES DEL ARCHIPIÉLAGO CUBANO: ASPECTOS DE SU FUNCIONAMIENTO

CUBAN ARCHIPIELAGO'S MANGROVES: ASPECTS OF THEIR OPERATION

Leda Menéndez Carrera
José Manuel Guzmán Menéndez
René Tomas Capote Fuentes
Centro Nacional de Biodiversidad, Instituto de Ecología y Sistemática,
Ministerio de Ciencia, tecnología y Medio Ambiente.
Carretera de Varona Km 3½, Capdevilla; Boyeros, Ciudad de la Habana, Cuba
cenbio.ies@ama.cu

RESUMEN

Los manglares constituyen humedales costeros ampliamente extendidos en el archipiélago cubano, representando el 4.8% de la superficie del territorio nacional. Los bosques de mangles están conformados fundamentalmente por cuatro especies arbóreas, que en correspondencia a la gran diversidad de condiciones ecológicas existentes en las costas, presenta múltiples variantes florísticas y fisionómicas que van desde bosques altos hasta comunidades de mangles achaparrado o enano que no sobrepasan los tres metros de altura, o asociados a otras especies o comunidades vegetales. En áreas seleccionadas por su representatividad se realizaron estudios encaminados a conocer aspectos del funcionamiento de este ecosistema. El aporte de biomasa de hojarasca varió en función de la estructura del bosque y de la composición de especies, y mantuvo una constante caída de hojarasca durante todo el año con máximos en el período de mayor pluviosidad. El comportamiento fenológico de las cuatro especies mostró patrones definidos para cada una de ellas, relacionados con las estrategias de regeneración de

cada una de ellas. La regeneración natural en un manglar bien conservado mostró tendencias a mayor mortalidad de propágulos en los meses de menor pluviosidad y un mayor crecimiento en el período lluvioso, con un período crítico en las primeras etapas de crecimiento cuando no han sobrepasado los 50 centímetros de alturas y son vulnerables al efecto de las mareas y ataques de fitófagos. Por otra parte, en un área de manglar afectado por vertimientos de arena, se observó recuperación natural del ecosistema una vez cesado las causas de impacto, con un seguimiento de la llegada de propágulos de tres de las especies arbóreas, su implantación y crecimiento más favorecido para dos de las especies en concordancia con las condiciones de esta área. Estos resultados permiten una valiosa información para gestionar los manglares con criterios de sostenibilidad ecológica

Palabras clave: Manglares, estructura del bosque, biomasa de hojarasca, regeneración.

SUMMARY

The mangroves constitute broadly extended coastal wetlands in the Cuban archipelago, representing 4.8%

of the surface of the national territory. The forests of mangroves are conformed fundamentally by four arboreal species that in correspondence to the great diversity of existent ecological conditions in the costs, it presents multiple varying floristic and fisionómicas that they go from high forests to stocky communities of mangroves or midget that don't surpass the three meters high, or associated to other species or vegetable communities. In areas selected by their representative they were carried out studies guided to know aspects of the operation of this ecosystem. The contribution of trash biomass varied in function of the structure of the forest and of the composition of species, and it maintained a fallen constant of trash during the whole year with maximal in the period of more rainfall. The behavior phonological of the four species showed defined patterns for each an of them, related with the strategies of regeneration of each one of them. The natural regeneration in a well-conserved swamp showed tendencies to more propágulos mortality in the months of smaller rainfall. and a bigger growth in the rainy period, with a critical period in the first stages of growth when they have not surpassed the 50 centimeters highs and they are vulnerable to the effect of the tides and phytophagous attacks. On the other hand, in a swamp area affected by dump of sand, natural recovery of the ecosystem was observed once ceased the impact causes, with a pursuit of the arrival of propágulos of three of the arboreal species, its installation and more favored growth for two of the species in agreement with the conditions of this area. These results allow valuable information to management the mangroves swamps with approaches of ecological sustainable

Key words: Mangrove, forest's structure, litter fall, regeneration.

INTRODUCCIÓN.

Los manglares constituyen una parte importante de los humedales costeros cubanos. En Cuba, dada su condición de insularidad, el ecosistema de manglar tiene una gran importancia económica, ecológica y estratégica, ocupando el 4,8% de la superficie del país. El archipiélago cubano, con una extensión de 110922 Km², está formado por la Isla de Cuba, la Isla de la Juventud y un sinnúmero de cayos e isletas, lo que

aumenta sensiblemente la extensión de las costas y la importancia de los manglares. El desarrollo de los asentamientos humanos desde la época precolombina ha estado relacionado con las áreas costeras, fundamentalmente zonas de manglares que proporcionan alimentos a facilidades para su obtención; en la actualidad el desarrollo de la actividad pesquera esta fuertemente relacionado con estos ecosistemas.

Los manglares constituyen una reserva forestal muy valiosa, representando el 26% de la superficie boscosa del país y conformando extensas masas boscosas. Los manglares cubanos ocupan por su extensión, el noveno lugar en el mundo, están entre los de mayor representación en el continente americano y ocupan el primer lugar entre los países del Caribe. (Suman, 1994)

Yáñez-Arencibia y Lara-Domínguez (1999), plantean, como una de las soluciones a la actual encrucijada en que se encuentran los manglares de Latinoamérica, conocer la estructura y funcionamiento del ecosistema, su vulnerabilidad así como su capacidad de carga y respuesta a cambios globales; en este sentido el presente trabajo tiene como objetivo abordar aspectos de funcionamiento de los manglares cubanos como conocimiento básico que permita gestionarlos adecuadamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización general del ecosistema y de los diferentes tipos de bosques de mangles se llevaron a cabo a partir de la recopilación de la información bibliocartográfica existente y ampliada con las comprobaciones, observaciones y muestreos realizados en el trabajo de campo en las diferentes áreas de manglares.

Los datos de estructura, biomasa de hojarasca, fenología y aspectos de regeneración, se obtuvieron en la estación de investigaciones ecológicas de manglares, situada al oeste de Playa Majana, provincia Habana. El área de estudios ocupa una franja de 3 Km. de ancho, donde se desarrollan bosques de manglares típicos y representativos de nuestro archipiélago. (Fig. 1)

La estructura de estos bosques se obtuvo mediante parcelas permanentes situadas a diferentes distancias de la costa se seleccionaron cuatro parcelas de 20 por

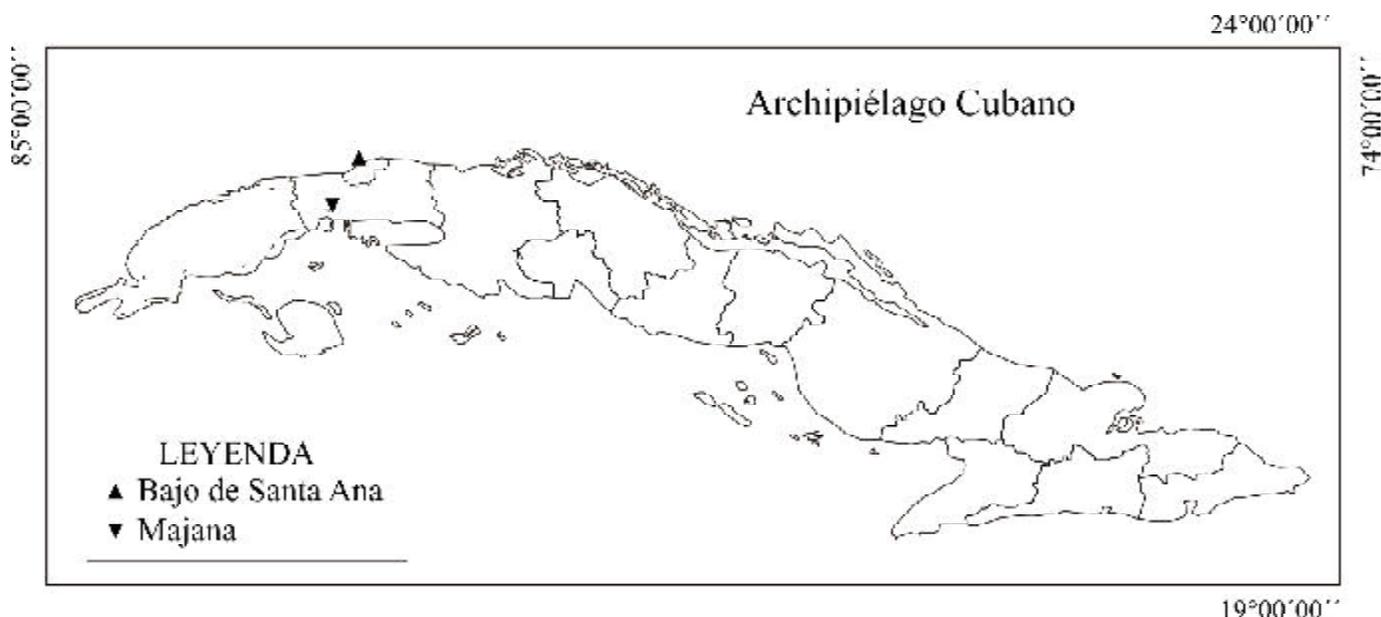


Figura 1. Localización de las áreas de estudio.

50 metros (1000 m²). En cada parcela se inventariaron todos los árboles y se identificaron por especies, se realizaron mediciones de los diámetros de los troncos utilizando una cinta métrica a 1.30 m de altura del suelo (DAP) en cada árbol se realizaron dos mediciones perpendiculares que luego fueron promediadas, a partir de estos datos se obtuvieron el área basal y la densidad de árboles por ha. La altura de los árboles se obtuvo por estimación visual. La primera parcela corresponde fundamentalmente a la franja de *Rhizophora mangle* (mangle rojo), en la línea de costa; la segunda se corresponde al bosque con dominancia de *Avicennia germinans* (mangle prieto), a setecientos metros de la costa, la tercera a un bosque mixto de *Laguncularia racemosa* (patabán) y mangle prieto, cerca de una laguna a un kilómetro y medio de la costa, y en la cuarta se encuentran representadas las cuatro especies arbóreas que conforman nuestros manglares, esta parcela está a más de dos kilómetros de la costa, muy cerca del límite de la franja costera.

El aporte de biomasa del bosque al ecosistema se obtuvo midiendo mensualmente la cantidad de hojarasca producida en las cuatro parcelas anteriormente señaladas en la determinación de la estructura del bosque de manglares. Para recoger las muestras se colocaron 10 colectores en cada parcela, las que se subdividieron en 10 cuadrados de 10 por 10

metros y se situó un colector en la parte central de cada cuadrado. Los colectores se confeccionaron con madera y polietileno negro en forma de embudo y agujereado para evacuar el agua de lluvia, cada colector tiene una superficie de 0.25 m² (cuadrados de 50 cm por 50 cm), colocado a un metro del piso del bosque. Las muestras se tomaron mensualmente durante cuatro años, se separaron por componentes y especies, se secaron en estufa hasta peso seco constante. Se representaron en un gráfico los promedios mensuales de biomasa producidos en las parcelas de estudio. Cada valor promedio se acompañó de la desviación estándar correspondiente, lo que permitió hacer comparaciones generales entre los valores promedio.

Se realizaron observaciones de las diferentes fases fenológicas en las especies arbóreas de manglares, para lo cual se seleccionaron y marcaron grupos de quince árboles por cada especie en las parcelas de estudio, los árboles de *Rhizophora mangle* se marcaron en la parcela 1, los de *A. germinans* se marcaron en la parcela 2, los de *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* (yana) se marcaron en las parcelas 3 y 4. Las observaciones se realizaron mensualmente durante dos años, con la ayuda de binoculares, los componentes observados fueron hojas, botones, flores y frutos. Los datos de cada individuo observado por

especie fueron promediados y los resultados se ofrecen en forma de gráficos.

En un área de bosque de mangle caracterizada por claros provocados por la caída de varios árboles y cercana a la línea de costa, se estudio el y crecimiento y la sobre vivencia de plántulas de mangle rojo en diferentes momentos de su desarrollo, para lo cual se diseñaron y analizaron experimentos o tratamientos. En el primer caso se seleccionaron cinco grupos con 10 plántulas en cada grupo implantadas de forma natural con solo dos hojas, y que su altura no sobrepasara los 10 cm medidos desde el cuello (punto de unión ente la raíz y el tallo) de cada plántula hasta la punta de la yema terminal, en el segundo caso, se establecieron y plantaron 5 parcelas con 10 individuos cada una, para lo cual se seleccionaron propágulos de entre 20 y 30 cm de largo y sin hojas. En el tercer caso, se seleccionaron y marcaron cinco plántulas de mangle rojo con alturas entre 50 cm y un metro y que tuviesen al menos dos ramas. En cada caso se realizaron observaciones mensuales durante dos años, de sobre vivencia, incremento en altura y número de hojas. En el tercer caso se realizaron observaciones del número de raíces zancudas.

En el área de manglar situado en el Bajo de Santa Ana, al oeste de ciudad de la Habana (Fig. 1) se marcaron parcelas permanentes para entender el proceso de regeneración de la vegetación de manglar, esta área sufrió reportó afectaciones y muerte parcial del manglar provocadas por el dragado realizado al río Santa Ana en 1983 (García, 1986), y la utilización de parte del área de manglar como depósito de arena hasta el año 1989. Al inicio de los años 90 en la parte más occidental del Bajo de Santa Ana el manglar había desaparecido y se observaba un área totalmente desprovista de vegetación. En 1999, esta área presentaba un comienzo de recuperación de forma natural, por lo que se seleccionó para su estudio. El área se dividió en dos parcelas denominadas P1 y P2, en ellas se marcaron 14 y 16 cuadrados permanentes respectivamente, de 1 m² cada uno, según criterios de Mueller-Dombois y Elleberg, (1974) y Menéndez, (1997).

Los muestreos se llevaron a cabo en febrero de 1999 y 2000, y en septiembre del 2000. El porcentaje total de cobertura vegetal en los cuadrados se estimó

visualmente y se contó la cantidad de individuos. A cada individuo se le determinó: especie, altura desde el cuello hasta la yema terminal con cinta métrica, y posición dentro del cuadrado. Para cada parcela se compararon las medias de cobertura vegetal y de altura, se determinaron la frecuencia total y las densidades de los individuos, la dinámica de la mortalidad y colonización.

Se compararon medias mediante la prueba t de Student atendiendo a Sigarroa (1985). El paquete estadístico empleado fue Statistica para Microsoft ® Windows. Para señalar abreviadamente en las tablas la significación de las pruebas estadísticas se emplean asteriscos; respecto a la significación de las pruebas y la probabilidad de error asociada (*P*) se consideró lo siguiente: no significativa (*P*>0.05) (ns), significativa (0.01< *P* <0.05) (*), muy significativa (*P* <0.01) (**), altamente significativa (*P* <<0.01) (***)

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MANGLARES DEL ARCHIPIÉLAGO CUBANO.

Los manglares ocupan de manera general las costas biogénicas, acumulativas, cenagosas y con esteros, donde el efecto de las mareas y los escurrimientos de agua dulce determinan su presencia. La distribución del ecosistema de manglar está condicionada en gran medida por la geomorfología y las características de la red hidrográfica de los territorios y por los regímenes climáticos. Se observa una desigual distribución entre las cuencas de la vertiente norte y las de la vertiente sur, con una distribución apreciablemente mayor en cuanto a áreas de manglar y a la vez las mayores extensiones al sur del parte aguas central de la isla, siendo representativa la cuenca del río Negro o Hatiguanico que influye en la existencia de una de las áreas de manglar y ciénagas más significativas de Cuba y el Caribe insular.

En las cuencas del norte se aprecia un limitado desarrollo del ecosistema de manglar, caracterizado por una aparición más frecuente, pero cuya extensión no logra alcanzar las dimensiones de los de la cuenca sur. La característica más importante que diferencia este ecosistema en ambas cuencas es el grado de fragmentación de la cuenca norte, provocado en primer lugar por un factor natural como es la génesis y evolución del relieve, y en segundo lugar por el nivel

de asimilación socioeconómica a que han estado sometidos estos territorios.

Los manglares cubanos se desarrollan en condiciones climáticas tropicales húmedas con una marcada estacionalidad en el grado de humedecimiento; es posible, sin embargo, diferenciar al menos tres regiones, donde el comportamiento de las variables meteorológicas generan condiciones distintas: Región Occidental y Costa Sur de la Región Central con precipitación media anual de hasta 1600 mm, y un 70 % de la precipitación en período lluvioso (mayo-octubre), la temperatura media del aire hasta 27°C, y la evaporación media anual hasta 2200 mm; Costa Norte de Región Centro Oriental con precipitación media anual hasta 1200 mm, y un 50 % de la precipitación en período lluvioso (mayo-octubre), la temperatura media del aire 28°C, y la evaporación media anual hasta 2300 mm y Costa Sur y Región Oriental con precipitación media anual de hasta 800 mm, y un 60 % de la precipitación en período lluvioso (mayo-octubre), la temperatura media del aire hasta 30°C, y la evaporación media anual hasta 2500 mm. (Menéndez y Priego, 1994).

Debe señalarse que en la región occidental y hasta la costa sur de la región central se presentan las mejores condiciones hidroclimáticas para el establecimiento de los manglares, con una precipitación media anual de hasta 1 600 mm, menor evaporación media anual y menor temperatura media del aire y predominio de costa acumulativa favorable al desarrollo de los manglares. Estas condiciones van decreciendo hacia la costa sur de la región oriental donde las precipitaciones medias llegan hasta 800 mm, aumenta la transpiración media anual y la temperatura media del aire, con un evidente estrés hídrico; por otra parte esta última zona es menos apta para el desarrollo de los manglares y tiene un predominio de costa abrasiva. En la costa norte de la región central y oriental los manglares se desarrollan con una precipitación media anual de 1,200 mm, la evaporación media anual y la temperatura tiene valores intermedios entre la región occidental y la región sur oriental (Díaz, 1989).

En correspondencia con las condiciones ecológicas más favorables, las áreas de mayor distribución de los manglares de nuestro país se localizan fundamentalmente en los siguientes tramos: del Cabo

de San Antonio a Bahía Honda y de la Península de Hicacos a Nuevitás, en la costa norte; de Cabo Cruz a Casilda y de Bahía de Cochinos a Cayo Francés por el sur. Es de destacar también que los cayos e isletas que rodean a la Isla de Cuba, están conformados fundamentalmente por manglares, así como en los regímenes estuarinos, formando parte de la vegetación de los ríos, estuarios, bahías y ensenadas.

Bosques de mangles

La vegetación de manglar, en correspondencia con la gran diversidad de condiciones ecológicas existentes en las costas, presenta diversas variantes fisonómicas, conformando bosques altos entre 20 y 25 metros de altura en aquellos sitios donde la abundancia de nutrientes y los escurrimientos de agua dulce permiten su implantación, hasta los manglares achaparrados, enanos o de pequeña talla que no sobrepasan los dos metros de altura, situados en sitios altamente tensionados, tanto por la pobreza de los suelos como por los altos valores de salinidad. (Menéndez *et al.*, 1987; Vilamajó y Menéndez 1987; Menéndez y Priego, 1994) La especies vegetales arbóreas que conforman los bosques de mangles son fundamentalmente cuatro: *Rhizophora. Mangle*, *Avicennia. germinans*, *Laguncularia. Racemosa* y *Conocarpus erectus* que es considerado como pseudo mangle o especie periferal Se han identificado otras especies vegetales asociadas al manglar, entre las que se destacan *Batis marítima* por su presencia en los sitios de mayor salinidad, generalmente acompañando los bosques de *Avicennia germinans*; *Thespesia populnea*, (majagua de la florida), *Hibiscus tiliaceus* (majagua), *Bontia daphnoides*, (aceituna americana), *Haematoxylum campechanum* (palo de campeche), *Bravasia tubifloray*, *Dalbergia ecastophyllum*, el helecho *Acrostichum aureum* y varias especies arbóreas del género *Bucida*.

Los bosques de manglares pueden ser mono dominantes o mixtos, estableciéndose una gran variedad de comunidades o tipos ecológicos. *Rhizophora mangle* ocupa generalmente la primera línea de la costa formando una franja prácticamente mono específica, también se localiza en los bordes de los canales y de las lagunas costeras. En dependencia

de las condiciones ecológicas, pueden desarrollarse bosques altos de hasta 15 metros de altura, o achaparrados o enanos cuando la salinidad aumenta y los nutrientes son deficitarios.

En cayos del Archipiélago Sabana-Camagüey y Los Colorados se pueden encontrar comunidades de mangle rojo achaparrado con individuos de más o menos dispersos, con alturas entre 2 a 3 metros y copas muy ralas, detrás de la primera franja de bosques mas altos, generalmente de *Rhizophora mangle* o mixto, asociadas a lagunas de agua someras, las que alcanzan elevadas temperaturas, con fuerte evaporación altos valores de salinidad.

En las llanuras cársticas situadas al sur de algunos cayos del Archipiélago Sabana-Camagüey como Sabinal, Guajaba, Romano Coco y Guillermo, se desarrolla una comunidad mono dominante de *Rhizophora mangle*, los individuos se establecen en los agujeros presentes en el pavimento cárstico, y sus raíces zancudas buscan otras oquedades en el carso para penetrar. Posiblemente en el fondo de estos agujeros se encuentra turba acumulada y este influenciado por las mareas.

Por otra parte *Rhizophora mangle* se asocia a las otras especies arbóreas de manglar para conformar manglares mixtos los que pueden ser altos, medios y achaparrados según las condiciones sean más favorables o adversas.

Avicennia. germinans y *Laguncularia racemosa* se localizan frecuentemente detrás de esta primera franja de *Rhizophora mangle*, a veces conformando bosques mixtos, y en otras ocasiones distribuyéndose por franjas; generalmente la franja de *A. germinans* se localiza detrás de la franja de *R. mangle*. Es frecuente localizar áreas con bosque mono dominantes de *L. racemosa*, denominados patabanales detrás del bosque de mangle mixto o en sitios donde el efecto de marea y la inundación son menores, como en la zona de Itabo en playas del Este, Ciudad Habana.

Conocarpus erectus ocupa en general la última faja del manglar y en muchas ocasiones está asociado con parches de vegetación halófito baja en aquellos

sitios salinos; se localizan bosque monodominantes de esta especie, conocido como yanales en extensas zonas situadas en el borde de la franja de mangle y con mínima inundación.

Estructura del bosque de mangle

En las cuatro parcelas el bosque de mangle presenta una altura promedio de los árboles de 10 metros, aunque se encontraron individuos de hasta 12 metros, la menor densidad de árboles se encontró en la parcela 2, donde comparativamente el área basimétrica resultó mayor. El elevado número de individuos de la parcela 1 indica una mayor dinámica en el crecimiento y mortalidad de los arbolitos, con una constante entrada de propágulos, y con individuos cuyo diámetro no sobrepasan los 7 cm. La segunda parcela presenta una mayor estabilidad con un mayor número de árboles distribuidos homogéneamente en clases diamétricas y con una mayor área basal, a pesar de presentar la menor densidad del total de parcelas lo que se compensa con un mayor diámetro promedio.

Parcela 1000 m ²	Densidad (árboles/ha)	Área basal (m ² /ha)	Altura media(m)	No. de Especies
1	4 150	23,2	10	2 (<i>R. Mangle</i> y <i>A. germinans</i>)
2	2 930	20,8	10	2 (<i>A. Germinans</i> y <i>R. mangle</i>)
3	3 500	18,0	10	2 (<i>L. racemosa</i> y <i>A. germinans</i>)
4	3 030	25,1	12	4 (<i>L. racemosa</i> , <i>A. germinans</i> , <i>R. mangle</i> y <i>C. erectus</i>)

Tabla 1. Estructura del bosque de mangle de Majana en cuatro parcelas de estudio.

En la parcela 1 se encontraron un total de 415 árboles de los cuales 309 pertenecen a la especie *R. Mangle* y 106 a *A. germinans*. Los individuos de *R. mangle* varían desde los 4 hasta los 8 y 10 metros de altura presentando diámetros que van desde los 3 hasta los 13 cm conformando 6 clases diamétricas predominando los árboles con diámetros entre 3 y 7 cm lo que representa el 96,9 % del total de árboles de esta especie; en estas áreas influenciadas por una elevada energía procedente del mar, la estructura del manglar está caracterizada por una dinámica de regeneración y crecimiento muy alta.

A. germinans, por su parte alcanza alturas de entre 5 y 10 m y diámetros que van desde los 3 hasta los 27 cm. Esta parcela presenta un solo estrato de vegetación y un área basimétrica total de 23.21 m²/h de la que 17.29 m²/h corresponde a *A. germinans* y 5.92 m²/ha *R. mangle*.

En la parcela 2 los árboles de *A. germinans* suman un total de 291, solamente hay 2 individuos de *R. mangle*. En esta parcela. *A. germinans* alcanza alturas de entre 5 a 10 (12) m y presenta troncos con diámetros entre 3-32.9 cm, los más abundantes están entre 3 y 12.9 cm Los individuos de *R. mangle* son de pequeño porte con diámetros que no pasan de los 5 cm de diámetro. Esta parcela, al igual que en el caso anterior, presenta un solo estrato de vegetación y un área basimétrica total de 20.80 m²/h de los cuales 20.79 m²/h es aportado por *A. germinans*.

La parcela 3 está constituida por individuos arbóreos de *A. germinans* y *L. Racemosa*. Aquí los árboles de ambas especies llegan a alcanzar alturas promedio de hasta 10 m y forman un solo estrato. *L. racemosa* resulta ser más numerosa en esta parcela con 298 árboles de los cuales el mayor número presenta diámetros entre 3 y 13 cm. Por su parte *A. germinans* presenta un total de 72 individuos y la mayor parte de los mismos tienen diámetros entre 3 y 9 cm

El área basimétrica total de la parcela fue de 18.07 m²/h, 10.82 m²/h corresponden a *L. racemosa* y 7.25 m²/h a la especie *A. germinans*. Estos datos evidencian que el bosque en esta parcela está conformado fundamentalmente de *L. racemosa*, los cuales presentan un mayor desarrollo que *A. germinans*.

La parcela 4 presenta un total de 303 individuos arbóreos, con la participación de las cuatro especies típicas de los bosques de mangles cubanos, de los cuales 161 son de *L. racemosa*, lo que representa el 53.1% del total de árboles de la parcela, 72 individuos pertenecen a la especie *A. germinans*, 45 a *R. mangle* y 25 a *C. erectus*. Se observa dominancia de *L. racemosa* con más de la mitad de los árboles de la parcela. La altura de los árboles alcanza los 12 m, el área basimétrica fue 24.1 m²/ha, y la densidad encontrada fue de 3030 árboles/ha.

Biomasa de hojarasca

Los mayores valores de biomasa aportados al sistema se encontraron para las parcelas 3 y 4, sobre

todo para esta última, y el menor valor correspondió a la parcela 2, lo que puede estar influido por las diferencias en estructura y composición florística de las parcelas. (Tabla 2).

Años	Parcelas			
	1	2	3	4
1988	9793.8	7618.0	12366.9	13675.2
1989	10196.2	5695.8	11702.4	11897.3
1990	10646.6	7408.2	11644.5	13055.7
1991	9879.9	6008.8	11650.6	12208.7
Valores medios	10129.1	6682.7	11841.1	12709.2

Tabla 2. Biomasa de hojarasca (kg/ha/año) producida por el bosque de manglar en Majana.

Resultados semejantes a los obtenidos en estas dos últimas parcelas se han reportado para los llamados manglares ribereños por Cintron y Schaeffer-Novelli (1983), con valores estimados de 3,5 g/m².día; la parcela 1 mostró un comportamiento semejante al de los manglares de borde (2,9 g/m².día), mientras que en la 2 estos valores fueron cercanos a los reportados por diversos autores para manglares de cuenca con 1,9 g/m².día (Pool *et al.*, 1975; Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983; López-Portillo y Ezcurra, 1985).

La producción de biomasa de hojarasca del manglar es mayor en la zona tropical con valores máximos de 14 ton/ha/año estos valores disminuyen sensiblemente en las zonas subtropicales (Twilley y Day, 1999) Estos autores reportan valores de biomasa de hojarasca que varían entre 11700 kg/ha/año para manglares ribereños, 9060 kg/ha/año para manglares de franja y 7300 kg/ha/año para manglares de cuenca. Los valores encontrados en las parcelas con diferentes bosques de mangles en Majana fueron semejantes, aunque mayores en tres de las cuatro parcelas, y solo en el caso de la parcela 2 resultaron menores (Tabla 2).

En la figura 2 se muestra el comportamiento de la dinámica de biomasa de hojarasca mensual multianual en las cuatro parcelas. Aunque en general se observó una caída continua de hojarasca durante todo el año se evidencia una tendencia general a la ocurrencia de máximos en la producción de hojarasca en los meses

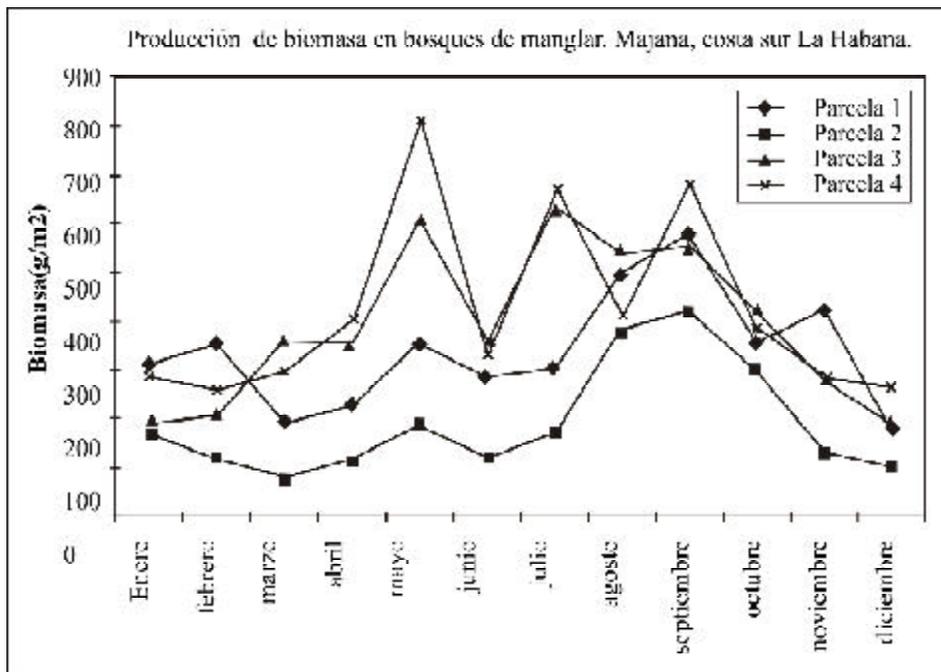


Figura 2. Dinámica de biomasa de hojarasca cuatro tipos de bosques de mangle.

comprendidos de mayo a octubre coincidiendo con el período más lluvioso, el comportamiento de las cuatro parcelas muestra patrones diferentes, con mayores valores de biomasa en las parcelas 4 y 3 y menores en las parcelas 2 y 1. En las dos primeras los picos de biomasa se corresponden con el mes de mayo, fundamentalmente la parcela cuatro; aunque también se encontraron valores altos en los meses de julio y septiembre. En las parcelas 1 y 2 se manifiesta una tendencia a presentar los mayores valores de biomasa de hojarasca en los meses de agosto y septiembre.

Existe semejanza en el patrón de comportamiento de las parcelas 1-2 por una parte y 3-4 por otra, en las primeras los montos de biomasa de hojarasca son menores y es más evidente el pico de caída de hojarasca hacia el final de la época lluviosa, mientras que en las parcelas 3-4, aunque se diferencian picos, los valores se mantienen altos durante la mayor parte de la época lluviosa.

La figura 3 resume los valores de biomasa de hojarasca de las cuatro parcelas durante los cuatro años de muestreos. Las desviaciones estándares, evidencian que las variaciones para algunos meses son muy grandes por lo que cualquier posible diferencia queda oculta, y los valores obtenidos en los meses más estables en los cuatro años de muestreos quedan

contenidos en los valores que presentaron mayor variabilidad.

En los meses de mayo se recoge la mayor variabilidad en cuanto a la producción de biomasa de hojarasca, seguido por julio; si se tiene en cuenta que aunque en mayo se produjo un máximo de caída de hojarasca, los mayores valores se produjeron en los meses de septiembre, pero con una menor variabilidad lo que señala el mes de septiembre como el final del periodo de mayor producción de biomasa. El patrón observado responde a una mayor variabilidad en los meses que coinciden con el periodo más lluvioso a la vez que se registran

los mayores valores de biomasa de hojarasca.

Al parecer, la composición florística de cada parcela puede influir en el peso y la distribución de la biomasa de hojarasca en los meses y como monto anual, en este sentido se manifiestan los resultados de la parcela dos, compuesta casi exclusivamente por *A. germinans*. En esta parcela el patrón de caída de hojarasca fue más definido, con máximos más localizados en los meses de julio a octubre; mientras que en la parcela cuatro, con participación de las cuatro especies arbóreas mostró un patrón menos estable, tanto en los meses como en los años de muestreos.

Los datos indican que la parcela 2 compuesta casi exclusivamente por *A. germinans*, tuvo comparativamente una menor producción de hojarasca con respecto a las otras tres parcelas donde participan las otras especies arbóreas de mangles. Este resultado nos indica que *A. germinans* no es la que más biomasa de hojarasca produce, en comparación con los resultados obtenidos en la parcela 4, donde la participación de *L. racemosa* es determinante en el monto total de biomasa de hojarasca, la mayoría de los árboles de esta especie en la parcela 4 son de gran porte y copas frondosas, y la biomasa de sus hojas representa un alto porcentaje del total.

En cuanto a los componentes de la hojarasca, la biomasa de hojas fue dominante en todos los

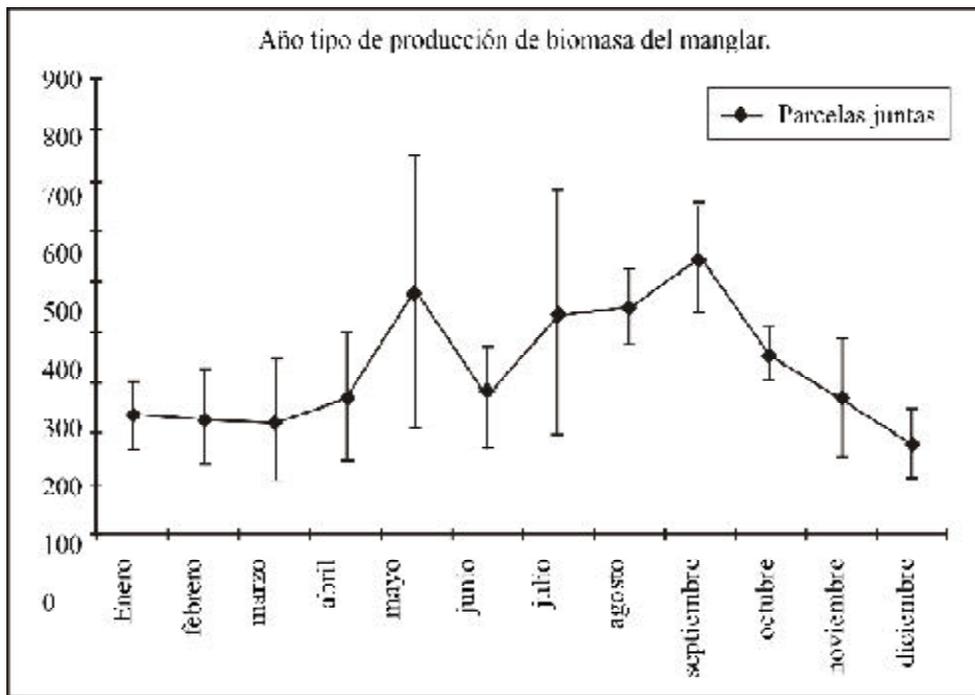


Figura 3. Dinámica de biomasa de hojarasca cuatro tipos de bosques de manglar.

muestreos seguida de la biomasa de tallos; la contribución de biomasa de flores y frutos fue pequeña, mostrando estos componentes valores máximos en los meses de agosto a octubre como tendencia general.

Aun cuando algunos meses presenten diferentes montos de producción de hojarasca, lo más importante es el aporte del manglar como ecosistema, que como sistema abierto exporta materia orgánica a la plataforma cercana, fertilizándola, por eso es necesario comprender la función del bosque en su producción de biomasa de hojarasca de forma integral, como la resultante del aporte de todas las parcelas en su conjunto, las diferencias entre cada tipo de manglar como comunidad vegetal indican posibles limitantes o posibilidades para su manejo y estrategias a seguir para su protección. Cintron y Schaeffer-Novelli (1983), plantearon que la hojarasca representa entre el 20% y el 40% de la productividad neta de este ecosistema y constituye un elemento fundamental en el aporte de materia orgánica a la plataforma adyacente.

Fenología

El comportamiento fenológico de las especies arbóreas arrojó los siguientes resultados: Las fases de

floración y fructificación de *R. mangle* se presentaron durante todo el año con máximos de floración en los meses de octubre a febrero (período menos lluvioso), mientras que la fructificación fue mayor en los meses de abril a agosto, período en que la mayoría de los propágulos alcanza su mayor madurez y que coincide con la estación lluviosa, como se observa en la figura 4.

En el caso de *A. germinans* se encontró un período definido de floración, fundamentalmente de mayo a junio, aunque pueden aparecer flores desde abril y hasta julio, las flores se

mantienen abiertas entre 6 a 8 días, resultados semejantes encontró Pérez Piñeiro (1988). Los frutos o propágulos maduran de junio a agosto y en algunos individuos se han observado frutos hasta el mes de noviembre (Fig. 4).

Laguncularia racemosa (patabán) y *Conocarpus erectus* (yana) también mostraron períodos definidos en sus fases de floración y fructificación. En el primer caso, la floración comienza en abril y se extiende hasta octubre, mientras que los frutos son más abundantes a partir de junio. La yana florece de marzo a septiembre, aunque en individuos jóvenes es posible encontrar flores durante todo el año.

Durante las observaciones se comprobó que la franja de mangle rojo colindante con el mar se mantiene con abundantes flores y frutos durante todo el año, mientras que los individuos que se encuentran a continuación de esta primera línea o que se mezclan con individuos de mangle prieto, con copas que queda bajo el dosel de bosque, presentan una menor floración y fructificación, debido posiblemente a una menor iluminación en estos sitios.

Estos criterios fueron corroborados en observaciones realizadas en las cuatro especies de mangles en un bosque mixto, abierto, situado al este

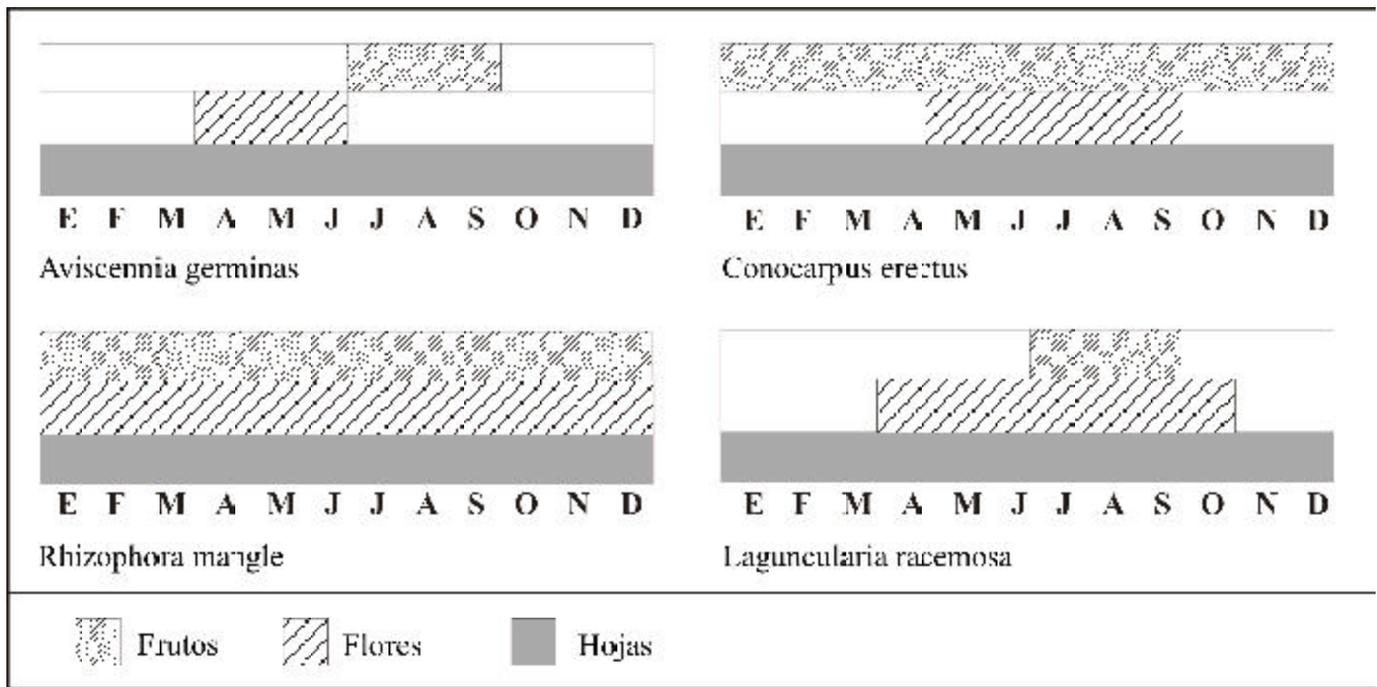


Figura 4. Comportamiento fenológico de las cuatro especies arbóreas de mangle en Majana

de las parcelas a aproximadamente 2 kilómetros y conformado por individuos arbóreos relativamente jóvenes, con alturas entre 4 y 8 metros. Se seleccionaron y marcaron cinco árboles de cada especie y se realizaron observaciones mensuales durante dos años. Los arbolitos de mangle rojo presentaron flores y frutos desde edades tempranas y con poca altura (aproximadamente 4 metros); esto indica la posibilidad de esta especie de florecer y fructificar estimulada por la luz, garantizando así su propagación. Los resultados obtenidos en las observaciones coinciden con los ya expuestos anteriormente correspondientes a los árboles seleccionados en las parcelas permanentes.

Aspectos de la regeneración en el manglar de la estación de Majana.

En el primer tratamiento, como se observa en la tabla 3, el porcentaje de sobrevivencia fue muy bajo, en todos los grupos de plántulas, la mortalidad fue de 86,7%. Estos resultados señalan que el éxito de los propágulos que de manera natural llegan a implantarse en los sitios cercanos a la línea de costa, de mayor influencia de las mareas, es relativamente bajo ya que estos propágulos no han alcanzado aun un enraizamiento adecuado que les permita soportar la

energía de las olas y las mareas, lo que en la naturaleza se compensa con el gran número de propágulos que produce esta especie vegetal. Es de señalar que además se observaron daños drásticos en algunos casos, causados por fitófagos que se comieron las yemas de las plantulitas. De manera general se observó que el crecimiento de los propágulos fue menor en el período de seca, (noviembre a mayo) y se incrementó en el período lluvioso.

En el segundo tratamiento el porcentaje de sobrevivencia fue considerablemente mayor, así como el incremento en altura. El segundo tratamiento el porcentaje de supervivencia fue alto, los propágulos plantados mostraron también una tendencia a tener menor crecimiento en los meses de seca, con un incremento brusco a inicios del periodo lluvioso, las hojas estuvieron presentes en el primer mes de observaciones, y el crecimiento no estuvo directamente relacionado con el tamaño del propágulo, al menos en el período estudiado.

En los dos tratamientos, el mayor porcentaje de mortalidad ocurrió en los meses invernales o secos, por lo que pudiera pensarse que la disminución de las precipitaciones, así como el aumento de la marejada constituyen una limitante para la supervivencia de las

plantas; los mayores incrementos de altura fueron observados en los meses lluviosos.

En el tercer tratamiento, no hubo mortalidad en el período de estudio con una sobre vivencia de un 100% y el incremento en altura también fue mayor con los mayores valores de crecimiento en los meses más lluviosos. Estas plántulas que llegan a alcanzar más de 50 centímetros, al parecer ya han sobrepasado un período crítico en esta etapa de su ciclo de vida, y por tanto son menos vulnerables al efecto del oleaje y las mareas y también al efecto de los predadores fitófagos, ya poseen raíces zancudas que le permiten una mejor adaptación al ambiente acuático y salino, con una mayor competitividad, lo que puede constituir un aspecto importante de la estrategia de regeneración de esta especie.

Las experiencias realizadas en cuanto a la mangle rojo mostraron en general una mayor viabilidad en los propágulos que fueron plantados con respecto a aquellos que se implantaron de forma natural. Resultados similares se obtuvieron en experiencias realizadas en un área de monitores en Cabo Cruz entre 1985 y 1987 (Herrera *et al.*, 1987).

Comparando los tres tratamientos se evidencia la tendencia de las plántulas de menor edad a crecer con más lentitud y ser más vulnerables al efecto de las mareas y las olas, y a su vez, las plantadas tienen mayor supervivencia, debido posiblemente a que fueron enterradas con más fuerza y profundidad, lo que les permitió resistir el embate de olas y mareas.

Las primeras hojas aparecieron en la primera observación después de ser seleccionadas, (experiencia 1) o plantadas (experiencia 3), al cabo de un año el número de hojas promedio por plántula fue de cuatro. En la experiencia 3 el número de hojas

nuevas promedio fue de seis, y las raíces zancudas que aparecieron por año varió entre 1 y 3 en las cinco plántulas observadas. La plántula marcada con el número 4, la de mayor altura, produjo dos raíces en el primer año de observaciones y tres en el segundo. La ubicación de estas plántulas en un sitio con entrada de abundante luz ha representado un importante estímulo para su crecimiento y desarrollo.

Regeneración en el manglar del Bajo de Santa Ana

En esta área se encontró la presencia de arena en el suelo sobre un horizonte de turba alterada; lo cual se corresponde con lo reportado por García (1986). Durante las visitas al área se comprobó que este sitio está sometido a la influencia de las mayores amplitudes de mareas en el período lluvioso del año. IOC (1996), plantea que con la ocurrencia de inundaciones estacionales de la superficie, lo que constituye un factor de gran importancia en el funcionamiento del manglar, influyendo entre otros aspectos en el acarreamiento de los propágulos.

En el área se detectaron las siguientes especies de mangles: *L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle* en todos los muestreos, y las frecuencias totales de individuos fueron altas en todos los casos (Tabla 4). Estos valores de frecuencia total de individuos son semejantes a los reportados por Rabinowitz (1978 a, b) y Jiménez *et al.* (1985) para áreas de regeneración de manglares. Respecto a las frecuencias de individuos por especie, se destaca principalmente la alta frecuencia de *L. racemosa*, y el bajo valor de este parámetro para *R. mangle*. Las alturas de los individuos están en el rango de 20-450 centímetros, aunque la mayoría no sobrepasa los 2 metros.

La altura media de los individuos presentó aumentos muy significativos en P1 y P2 (Tabla 5); por

Tratamientos	Porcentaje de sobre vivencia	Tasa de crecimiento mensual (cm)	Incremento medio anual (cm)	Longitud media en el primer año	Longitud media en el segundo año
1	13.3	1.2	12.3	23.5	43.5
2	86.0	2.2	15.3	32.1	52.4
3	100.0	2.5	22.2	69.9	81.2

Tabla 3. Comportamiento de las experiencias de sobre vivencia y crecimiento de plántulas de *R. mangle* en el manglar de Majana

	Parcela 1			Parcela 2		
	Feb 1999	Feb 2000	Sep 2000	Feb 1999	Feb 2000	Sep 2000
<i>A. Germinans</i>	17	82	34	35	53	46
<i>L. Racemosa</i>	329	447	192	580	327	97
<i>R. Mangle</i>	?	?	?	?	?	?
Total	348	532	228	622	382	145

Tabla 4. Frecuencia de individuos total y por especie en los tres muestreos en las Parcelas 1 y 2

otra parte la media de la cobertura vegetal total aumentó significativamente en P1 (variando de 40% en febrero de 1999, a 68 y 80 % en febrero de 2000 y septiembre de 2000 respectivamente), mientras que este parámetro en P2 solo aumentó significativamente entre febrero de 1999 (74%) y febrero del 2000 (89%).

La tendencia al aumento de la altura y cobertura de la vegetación en P1 y P2 durante el período de estudio, y el hecho de que los manglares que se desarrollan en condiciones semejantes en los

alrededores del área de estudio tienen valores altos valores de cobertura y altura media de 5-7 metros, constituyen una prueba que la vegetación de manglar en estas parcelas está en un proceso de regeneración. De no ocurrir perturbaciones fuertes en esta área, la regeneración debe continuar con un aumento de la altura

media y de la cobertura vegetal. Hay que señalar que en estas parcelas no se detectó la presencia de individuos de otras especies que no fueran *L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle*, incluso donde los valores de cobertura vegetal total son menores, lo cual indica que esta área ha mantenido las condiciones necesarias para el desarrollo de la vegetación de manglar.

La densidad total de individuos en P1 varió de 23.19 a 15.20, mientras que por el contrario en P2 disminuyó de 38.55 a 9,05. La variación de la densidad de

	Parcela1			Parcela2		
	Feb-1999	Feb-2000	Sep-2000	Feb-1999	Feb-2000	Sep-2000
<i>A. Germinans</i>	47,35	39,40 (t= -0,64 n.s.)	77,21 (t= -3,43 n.s.)	55,43	51,21 (t= -0,24 n.s.)	59,11 (t= -0,45 n.s.)
<i>L. Racemosa</i>	24,02	38,60 (t= -7,34***)	73,06 (t= -10,80***)	35,66	59,31 (t= -5,82***)	154,71 (t= -9,62***)
<i>R. Mangle</i>	55,00	107,00 (t= -9,66*)	142,50 (t= -2,02n.s.)	112,50	159,00 (t= -11,9n.s.)	180,00 (t= -1,37n.s.)
Total	25,34	38,97 (t= -6,50***)	74,29 (t= -11,10***)	36,89	58,71 (t= -5,50***)	124,73 (t= -7,62***)

Tabla 5. Altura media de los individuos total y por especie en los tres muestreos en las Parcelas P1 y P2 (en cm).

individuos permite decir que en P1 está más favorecido el establecimiento de nuevos individuos, mientras que en P2 hay mayor tendencia a limitar el número de individuos. Esto, unido a que P2 presenta valores medios de altura y cobertura vegetal total que tienden a ser mayores que los de P1, posibilita afirmar que el estadio del proceso de regeneración en que se encuentra P2 es más avanzado que el de P1.

La caracterización de estos dos estadios de regeneración de la vegetación de manglar se complementa al notar que en febrero del 2000, los valores de densidad de individuos colonizadores tendieron a ser mayor en P1 que en P2. En P1 se encontró menor densidad de muertes.

Jiménez *et al.* (1985) señalaron para las primeras fases de desarrollo de un manglar, que tras un aumento inicial del número de individuos, este comienza a disminuir a medida que aumenta la altura del manglar, período tras el cual sobrevendría una fase de mayor estabilidad para el número de individuos y la altura. La parcela P1 es más representativa de la fase inicial de desarrollo del manglar, en la cual aumentan su altura media y la densidad de individuos; por su parte ya P2 se encuentra en la segunda fase, en la cual aumenta también la altura media pero disminuye la densidad de individuos.

Los valores de la densidad de individuos por especie en ambas parcelas en 1999 y 2000, muestran que *A. germinans* y *L. racemosa* dominan numéricamente sobre *R. Mangle*, este hecho fue favorecido por la escasa presencia de esta especie en las cercanías a la parcela, lo que limita la llegada de propágulos, se conoce que el previo acarreamiento de los propágulos es una condición fundamental para el establecimiento de nuevos individuos (Mueller-Dombois y ElleMBERG, 1974)

El manglar de *L. racemosa* que colinda con P1 y P2 presenta un flujo de mareas de baja energía, lo cual no favorece la dispersión de los propágulos de *R. Mangle*, criterios señalados por Rabinowitz, (1978a). Esta área no es propicia para la regeneración *R. mangle*, ya que para sitios típicos de colonización y desarrollo de esta especie se reportan densidades de propágulos establecidos entre 0.6 y 2.4 (Lugo y Snedaker, 1974; Ball, 1980), con una tasa de establecimiento anual de 0.1 propágulos /m² (Banner, 1977).

Los propágulos de *L. racemosa* y *A. germinans*, que necesitan del agua para ser dispersados (Tomlinson, 1986), son transportados hasta P1 y P2 con la influencia estacional de las mareas. Este período comprende los máximos de floración y fructificación de estas especies reportados por Menéndez (1997), con lo cual ocurren al mismo tiempo la producción de propágulos y el agente dispersor de los mismos. Los propágulos de *L. racemosa* y *A. germinans* están adaptados para la flotación durante esta fase de dispersión y pueden flotar durante algunas semanas luego de haber caído del árbol madre manteniendo su viabilidad según Cintron y Schaeffer-Novelli (1983). Durante la flotación los propágulos pueden incluso desarrollar su sistema radicular según Macmillan (1971) y Rabinowitz (1978 a, b), pero la implantación ocurre cuando la profundidad del agua ha disminuido considerablemente. Estas condiciones existen en las parcelas P1 y P2 en el período que precede a la influencia estacional de las mareas.

Aunque en las dos parcelas, la dominancia numérica corresponde a *L. racemosa*, los cambios en estos años han mostrado una tendencia a la disminución de esta dominancia; y en cada muestreo se observó una menor cantidad de individuos de *L. racemosa* por individuo de *A. germinans*, tendencia que es más marcada en P2, parcela en un estadio más avanzado de la regeneración. Esto está ocurriendo aún cuando en las comunidades de manglar colindantes con las parcelas *A. germinans* no es abundante, por lo que los individuos adultos de esta especie que se han desarrollado en P1 y P2, constituyen las fuentes principales de propágulos para el área en regeneración.

L. racemosa fue la única especie que aumentó significativamente la altura media en los dos períodos estudiados. Tomlinson (1986) señala a *L. racemosa* como una especie que puede desarrollarse en sitios que han sido recientemente perturbados. Holdridge (1940) encontró que en un área de manglar talada, en las primeras etapas de la regeneración *L. racemosa* crecía más rápido que *A. germinans*. Este autor no indicó qué especie predominó finalmente, pero en área objeto del presente estudio los próximos estadios en las parcelas P1 y P2 podrían caracterizarse por una mayor dominancia relativa de *A. germinans* que la que se encuentra actualmente.

CONSIDERACIONES GENERALES

· Los manglares cubanos se desarrollan en condiciones climáticas tropicales húmedas con una marcada estacionalidad en el grado de humedecimiento diferenciándose al menos tres regiones, donde el comportamiento de las variables meteorológicas generan condiciones distintas.

· Las áreas de mayor distribución de los manglares de nuestro país se localizan fundamentalmente en los siguientes tramos: del Cabo de San Antonio a Bahía Honda y de la Península de Hicacos a Nuevitas, en la costa norte; de Cabo Cruz a Casilda y de Bahía de Cochinos a Cayo Francés por el sur. Es de destacar también que los cayos e isletas que rodean a la Isla de Cuba, están conformados fundamentalmente por manglares, así como en los regímenes estuarinos, formando parte de la vegetación de los ríos, estuarios, bahías y ensenadas.

· La vegetación de manglar, en correspondencia con la gran diversidad de condiciones ecológicas existentes en las costas, presenta diversas variantes fisonómicas, conformando bosques altos en aquellos sitios donde la abundancia de nutrientes y los escurrimientos de agua dulce permiten su implantación, hasta los manglares achaparrados, que no sobrepasan los dos metros de altura, situados en sitios muy tensionados, tanto por la pobreza de los suelos como por los altos valores de salinidad.

· La estructura del bosque de mangles varía según las comunidades florísticas que lo conforman, con una mayor densidad de árboles en el bosque con dominancia de *Rhizophora mangle*, expuesto a la acción del oleaje y con mayor dinámica de reclutamiento y crecimiento de las plántulas. El bosque dominante de *Avicennia germinans* las densidades observadas fueron menores, caracterizando un bosque más estabilizado y maduro.

· La caída de hojarasca en el manglar se mantiene durante todo el año, pero con diferencias en cuanto a la producción anual entre los cuatro tipos de bosques estudiados, y estas diferencias están dadas fundamentalmente por la estructura y composición de especies en cada uno, además se observaron diferencias entre los meses, con una tendencia a un mayor aporte de biomasa al sistema en los meses de mayo a octubre.

· El comportamiento fenológico de las cuatro especies arbóreas típicas de los manglares cubanos mostraron patrones definidos para cada especie: *Rhizophora mangle*, aunque mantiene flores y frutos todo el año, presentó máximos de floración en los meses de octubre a febrero (período menos lluvioso), mientras que la fructificación fue mayor en los meses de abril a agosto, período en que la mayoría de los propágulos alcanza su mayor madurez y que coincide con la estación lluviosa; *Avicennia germinans* mostró un período floración, fundamentalmente de mayo a junio, aunque pueden aparecer flores desde abril y hasta julio. *Laguncularia racemosa* tuvo un período de floración que comienza en abril y se extiende hasta octubre, mientras que los frutos son más abundantes a partir de junio. *Conocarpus erectus* florece de marzo a septiembre, con frutos prácticamente todo el año, en individuos jóvenes es posible encontrar flores durante todo el año.

· La regeneración natural de *Rhizophora mangle* en áreas conservadas mostró una tendencia a una mayor mortalidad en la primera etapa de implantación de los propágulos, y una mayor sobre vivencia cuando las plántulas sobrepasan los 50 centímetros de altura. En áreas afectadas, la recuperación del manglar se alcanza a través de la regeneración natural, en este caso la disponibilidad de los propágulos puede ser factor limitante.

BIBLIOGRAFÍA

- BALL, M.C. 1980. Patterns of Secondary Succession in a Mangrove Forest of Southern Florida. *Oecologia* (Berl.) 44:226-235.

- BANNER, A. 1977. Revegetation and maturation restored shorelines in Indian River 13-44 pp. En Proceeding Fourth Annual Conference on Restoration of Coastal Vegetation in Florida, Environmental Studies Center, Hillsborough Community College, Tampa, Florida.

- CINTRON, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1983. *Introducción a la Ecología de Manglar*. ROSTLAC, Montevideo. 109 pp.

- GARCÍA, R. 1986: *Ecosistema de manglares: Contribución a su estudio en Cuba*. Trabajo de Diploma. Instituto de Ecología y Sistemática. Academia de Ciencias de Cuba. 50 pp.

- DIAZ, L. R. 1989. Regionalización Climática General, escala 1: 2 000 000. VI Clima, mapa No 55, VI.4.4 En: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. ACC e ICGC. Instituto Geográfico Nacional de España. Gráficas ALBER, España.
- HERRERA, M; L. MENÉNDEZ; R. ALAYO; D. VILAMAJÓ & E. RAMÍREZ, 1986. *Situación Actual del Ecosistema de Manglar en Cuba*. ACC-IES, 82 pp.
- HOLDRIDGE, L.R. 1940. Some notes on the mangrove swamps of Puerto Rico. *Caribbean Forester* 1(4):19-29.
- IOC 1996. *Variabilidad Estacional y Multianual del Nivel del Mar en Aguas del Golfo de México y Cuba*. Archivo Científico del Instituto de Oceanología. Instituto de Oceanología, CITMA.
- JIMÉNEZ, J. A. 1985. *Rhizophora mangle L. Red Mangrove. Rhizophoraceae. Mangrove family*. U.S. Forest Service. Institute of Tropical Forestry. Silvics Manual. Issue 27 pp.
- JIMÉNEZ, J. A. 1985. *Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. F. White Mangrove. Combretaceae. Combretum family*. U.S. Forest Service. Institute of Tropical Forestry. Silvics Manual. Issue 34 pp.
- JIMÉNEZ, J. A; A. E LUGO & G. CINTRÓN, 1985. Tree Mortality in Mangrove Forests. *Biotropica* 17(3): 177-185.
- LUGO, A.E & S.C SNEDAKER, 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 5: 39-64.
- MCMILLAN, C. 1971: Environmental factors affecting seedling establishment of the black mangrove on the central Texas Coast. *Ecology* 52(5): 927-930.
- MENÉNDEZ, L; D VILAMAJÓ; R. CAPOTE 1998. The health of some forest ecosystems of Cuba. 324-342 en: Rapport, D., R. Constanza, P. R. Epstein, C. Caudet y R. Levins (edt). *Ecosystems Health* Blackwell Science 372 pp.
- MENÉNDEZ, L. & A. PRIEGO 1994. Los manglares de Cuba: Ecología. 64-75. en: Suman, D. (ed.) *El ecosistema de manglar en America Latina y la Cuenca del Caribe: su manejo y conservacion*. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science & The Tinker Foundation. 263 pp.
- MENÉNDEZ, L. 1997. Características generales de los manglares en el Archipiélago cubano. 1-22 pp.
- Memorias del I Seminario-Taller Nacional del Ecosistema de Manglar en Cuba*. UNESCO-IES, Ciudad de La Habana. 213 pp.
- MUELLER-DOMBOIS, D & H, ELLENBERG 1974: *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons, Inc. 547 pp.
- PÉREZ-PIÑEIRO, A. 1988. *La Apicultura en las Zonas de Manglar y en el Área del Proyecto PCT/CUB/8851*. Informe de Campo “Manejo Integral del Ecosistema de Manglar”. La Habana. 6 pp.
- POOL, D.J; A .E. LUGO, & S.C. SNEDAKER 1975. Litter production in mangrove forest of Southern Florida and Puerto Rico. 213-237. en: G.E. Walsh; S.C. Snedaker y H. J. Teas, (eds.). *Proceedings of International Symposium on Biology and Management of Mangroves* East-West Center, Honolulu, Hawaii. 823 pp.
- RABINOWITZ, D. 1978a: Dispersal properties of mangrove propagules. *Biotropica* 10(1):47-57.
- RABINOWITZ, D. 1978b: Mortality and initial propagule size in mangrove seedlings in Panama. *Journal of Ecology* 66:45-51.
- SIGARROA, A. 1985. *Biometría y Diseño Experimental*. T. I y II. Ed. Pueblo y Educación. 793 pp.
- SUMAN, D. O. 1994. *El Ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe*. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. Universidad de Miami & The Tinker Foundation. New York. 263 pp.
- TOMLINSON, P.B. 1986. *The Botany of mangroves*. Cambridge University Press. 419 pp.
- TWILLEY, R. R. & J. W. DAY, JR 1999. The Productivity and Nutrient Cycling of Mangrove Ecosystems. P 127-152 En A. Yáñez Arencibia y A. L. Lara Domínguez (eds) *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología A. C. México UICN/HORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA 380 pp.
- VILAMAJÓ, D. & L. MENÉNDEZ 1987. Flora y vegetación del grupo insular Los Colorados, Cuba. *Acta Botánica Cubana*. No 38. Academia de ciencias de Cuba, La Habana, 14 pp.

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS DEL DELTA DEL CANAL DEL DIQUE COLOMBIA (CAÑO MATUNILLA-BOCA LUISA- CORREA)

CONSERVATION STATE OF THE STRATEGIC ECOSYSTEMS
FROM THE DIQUE CHANNEL DELTA, COLOMBIA (CAÑO MATUNILA-BOCA LUISA-CORREA)

María Teresa Vélez de López
Grupo de Química Ambiental y Computacional, Universidad de Cartagena.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Campus de Zaragocilla, Cartagena, Colombia.
mavelo@col3.telecom.com.co

Luisa Marina Niño Martínez
B.M. IADA Ltda. Manga, Avenida de la Asamblea, No. 25-125 Cartagena, Colombia.
luisamarina51@hotmail.com

Amparo Ramos
Centro de Estudios para el Desarrollo y Manejo de las zonas costeras "COSTAS"
Carrera 13 No. 5-31 Apto. 5, Edificio Lindaraja, Castillogrande, Cartagena.
hugobear@telecom.com.co

RESUMEN

Adaptando la metodología para evaluar Eco-regiones Terrestres, se realizó una aproximación al método para definir la prioridad de conservar los ecosistemas estratégicos del Delta del Canal del Dique. Para tal fin se realizó una evaluación instantánea de la conservación de esta región reduciendo la escala de análisis, a partir de las características al nivel de paisaje plasmadas en la cartografía del área de estudio, de acuerdo con los indicadores de pérdida total de hábitats originales, número, tamaño y continuidad de las áreas de hábitats intactos, tasa de conversión del hábitat, grado de fragmentación o degradación, calidad del agua, alteración de la cuenca y grado de protección; posteriormente se tomaron en cuenta las amenazas para los próximos 20 años, (sobre-extracción, deforestación, reforestación, entre otros) para definir el estado de conservación final. El uso de esta metodología reportó resultados a la síntesis diagnóstica del área de estudio para la formulación del Plan de

Gestión Ambiental de este Delta, debido a que se logró definir cuáles son los ecosistemas más críticos, y de esta manera priorizar las intervenciones que tiendan a prevenir, mitigar y controlar su degradación o conversión. En este sentido se pudo concluir, que por el riesgo al que están expuestas las ciénagas su estado de conservación final es crítico, al estar en vías de desaparecer por el acelerado proceso de colmatación debido al creciente aporte de sedimentos en estos cuerpos de agua.

Palabras clave: ecosistemas, delta, ciénaga, conservación, Canal del Dique, Colombia

SUMMARY

Adapting the methodology to evaluate terrestrial eco-regions, an approximation was made to define the conservation priorities of the Canal del Dique delta. In order to achieve this goal, an instantaneous evaluation of the region's conservation was carried out, reducing the scale of the analysis, from the

landscape-based characteristics within the cartography of the study area, based on loss indicators of original natural habitats; number, size and continuity of intact habitat areas; habitat conservation rate; degree of fragmentation or degradation; water quality; basin alterations; percentage of protection. Subsequently, the basin hazards for the next 20 years were taken into account (over-extraction, deforestation, reforestation, among others) to define the final conservation state. The use of this methodology contributed key results to the diagnostic synthesis of the studied area necessary to formulate the Environmental Management Plan for this delta. With this methodology, it was possible to define which ecosystems were the most critical, and thus establish an order of priorities to prevent, mitigate, and control the degradation or conversion. It was possible to conclude that due to the degree of risk, to which the marshes are exposed, their conservation state is critical because they are disappearing due to the accelerated process of sedimentation in these water bodies.

Key words: Ecosystem, delta, marsh, conservation, Dique Channel, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas estratégicos son según Márquez (1996) aquellos que cumplen funciones ambientales de prestación de bienes y servicios sin los cuales es imposible el bienestar y desarrollo de la sociedad. Estos bienes y servicios incluyen, entre otros, los siguientes: Satisfacción de necesidades básicas; productividad económica; prevención de riesgos; relaciones políticas, sociales, culturales e históricas; mantenimiento de equilibrios ecológicos; sumidero o vertedero de desechos y proveedores de recursos naturales, entre otros. En el Delta del Canal del Dique se han identificado como estratégicos los manglares, las ciénagas, los bosques de corcho y los planos aluviales.

El Estado de Conservación de un ecosistema estratégico representa la habilidad del mismo para mantener poblaciones viables de especies, procesos ecológicos y su capacidad de respuesta a los cambios de corto y largo plazo.

El objetivo central de esta investigación fue definir el estado de conservación de los ecosistemas estratégicos del Delta del Canal del Dique, e identificar

las zonas prioritarias para la conservación, y así lograr que sean incorporadas en los planes de ordenamiento de las autoridades ambientales de la jurisdicción.

Los resultados de este trabajo fueron insumos de la síntesis diagnóstica dentro del proceso de formulación del Plan de Gestión Ambiental del Delta del Canal del Dique llevado a cabo durante el año 2001. Basándose en ellos se han propuesto a las autoridades ambientales las intervenciones necesarias de acuerdo con el grado de degradación y conversión del Delta, particularmente en aquellas zonas donde se prevé que las amenazas a la biodiversidad continuarán siendo intensas en los próximos 5 años, igualmente se han delimitado zonas que de acuerdo con su estado de conservación pueden absorber proyectos intensivos de desarrollo adicionales, indicando las actividades de conservación apropiadas para los diferentes tipos de paisaje. (C.I. Océanos-UJTL, 2001).

ÁREA DE ESTUDIO

El área total de humedales en Colombia es de 20.252.500 hectáreas (20.252.5 km²), representados en ciénagas, lagos, turberas, llanuras y bosques inundados, excluyendo los marinos y costeros (Ministerio del Medio Ambiente-Instituto Alexander von Humboldt, 1999). Entre ciénagas y otros cuerpos de agua similares existen 5.622.750 hectáreas (5.622.7 km²), siendo de gran importancia la región Caribe por la presencia del 71% de humedales de carácter permanente o semipermanente, los cuales se encuentran principalmente en los departamentos de Bolívar y Magdalena, destacando para efectos de este documento el complejo del Delta del Canal del Dique con 319.6 km² de extensión, geográficamente localizado al sur de la Bahía de Cartagena, entre los 10°00" y 10°12" de latitud Norte y entre los 75°37" y 75°24" de longitud Oeste.

El sistema en estudio hace parte del Delta del Canal del Dique en jurisdicción de los Municipios de Arjona (Bolívar) y San Onofre (Sucre), corresponde a una superficie casi plana en forma de triángulo acostado con el ápice en el estrecho de Correa y sus vértices situados, uno al Norte en el brazo Matunilla y el otro al Sur, en Boca Luisa. Mientras el Canal del Dique bordea el flanco nororiental del Delta para luego verter sus aguas en la bahía de Barbacoas, el caño Correa

fluye paralelo al flanco sur para desembocar en la Boca de Luisa. Limita al Norte con la Bahía de Barbacoas, al Este con el Mar Caribe, al Oeste con el Canal del Dique y al Sur con los caños Correita, Correa y San Antonio, tal como se muestra en la Figura 1. Tiene un área aproximada de 18.240 ha (182,4 km²) y 727 habitantes, pobladores del único corregimiento del sistema, Boca Cerrada. Esta población se caracteriza por ser en un 95% nativa, dedicada en su mayoría a labores forestales y pesqueras. (C.I. Océanos-UJTL, 2001).

El Delta presenta un paisaje fluvio-marino complejo, con marismas, ciénagas salobres, acantilados y cordones litorales atravesados por paleocauces y el actual Canal del Dique. La presencia humana ha transformado en forma intensiva las características naturales, no sólo a través de la construcción y dragado periódico del mismo Canal del Dique, sino mediante la adecuación de zonas para la ganadería, la agricultura y camaroneras en varias partes del mismo. (Cormagdalena, 1999).

De acuerdo con la caracterización realizada como etapa previa de este estudio, los principales aspectos biofísicos y socioeconómicos de este sistema costero son los siguientes: (C.I. Océanos-UJTL, 2001).

La configuración del litoral está directamente influenciada por factores como: cambios en el nivel del mar, acción del oleaje y las corrientes marinas. La morfología costera está sujeta a fenómenos erosivos y de acrecimiento sedimentario. Como resultado de estos fenómenos se presenta la zona emergida del sistema deltaico del Canal del Dique, definido por costas bajas constituidas principalmente por tres unidades: Planos aluviales, Planos fluvio-marinos (zonas de manglar) y depresiones de poca profundidad (ciénagas), Figura 1.

La zona emergida correspondiente a la llanura deltaica, constituye terrenos aptos para el desarrollo de la agricultura y la ganadería. De acuerdo con estudios del Centro de Investigaciones Hidrográficas y Oceanográficas, CIOH (1988), esta llanura tiene tres zonas con base en la repartición de los distributarios: una zona Norte artificial, con dos distributarios: caño Lequerica y caño Matunilla, con una morfología típica de sistema fluvial; la zona intermedia, que puede corresponder a la zona inactiva, debido a la elevación de una parte del delta por un movimiento tectónico,

causando una defluviación de los caños hacia el Sur; y la zona Sur, que es la zona actualmente activa con el caño Correa que se ramifica en varios brazos con sus respectivas desembocaduras, formadas por la acumulación de cordones arenosos. Actualmente el sector Norte está ocupado por el desarrollo de la industria camaronera.

Los planos aluviales son superficies planas horizontales o ligeramente inclinadas en el mismo sentido de la corriente que la forma. Son de origen fluvial, constituidos principalmente por material lodoso y están sometidas ocasionalmente a inundaciones por los cambios periódicos de la marea y al aporte de los arroyos y ríos que vierten sus aguas allí, incrementando su caudal en época de lluvia.

En el área de estudio la planicie aluvial, junto con los planos fluvio-marinos corresponde a las unidades geomorfológicas dominantes, asociadas al sistema de drenaje del Canal del Dique, que vierte sus aguas a la Bahía de Cartagena por Pasacaballos y a la Bahía de Barbacoas a través de sus brazos Lequerica y Matunilla.

El plano fluvio-marino está representado por zonas pantanosas bajas aptas para el desarrollo del manglar, de naturaleza limo-arcillosa y con abundante materia orgánica. Esta unidad geomorfológica ocupa el sector central y oeste del área donde se presenta a manera de bosques que son interrumpidos por algunas ciénagas y se encuentran como cuerpos aislados entre Matunilla y Punta Barbacoas separados entre sí por camaroneras, y más hacia el Sur aparecen a manera de parches cerca de caño Rico y Caño Correa.

Las ciénagas asociadas al sistema deltaico del Canal del Dique, en su mayoría están interconectadas a través de pequeños caños y rodeadas de bosque de manglar. Hacia el Sur del canal están alimentadas por el caño Correa que se divide en varios brazos al llegar al mar, donde forma pequeños deltas constituidos por zonas arenosas correspondientes a crestas de playa y conformados principalmente por arena fina bien clasificada. Entre las principales ciénagas se destacan: Honda, Palotal, las Tres Cotorras, Lebranche, Guaranao, Arroyo de Plata, Arroyo Hondo y Pablo, siendo las de mayor extensión la Ciénagas Honda y Palotal.

Teniendo en cuenta su conexión con los distributarios estas ciénagas presentan dos tipos de sedimentos, unos constituidos por arcillas orgánicas

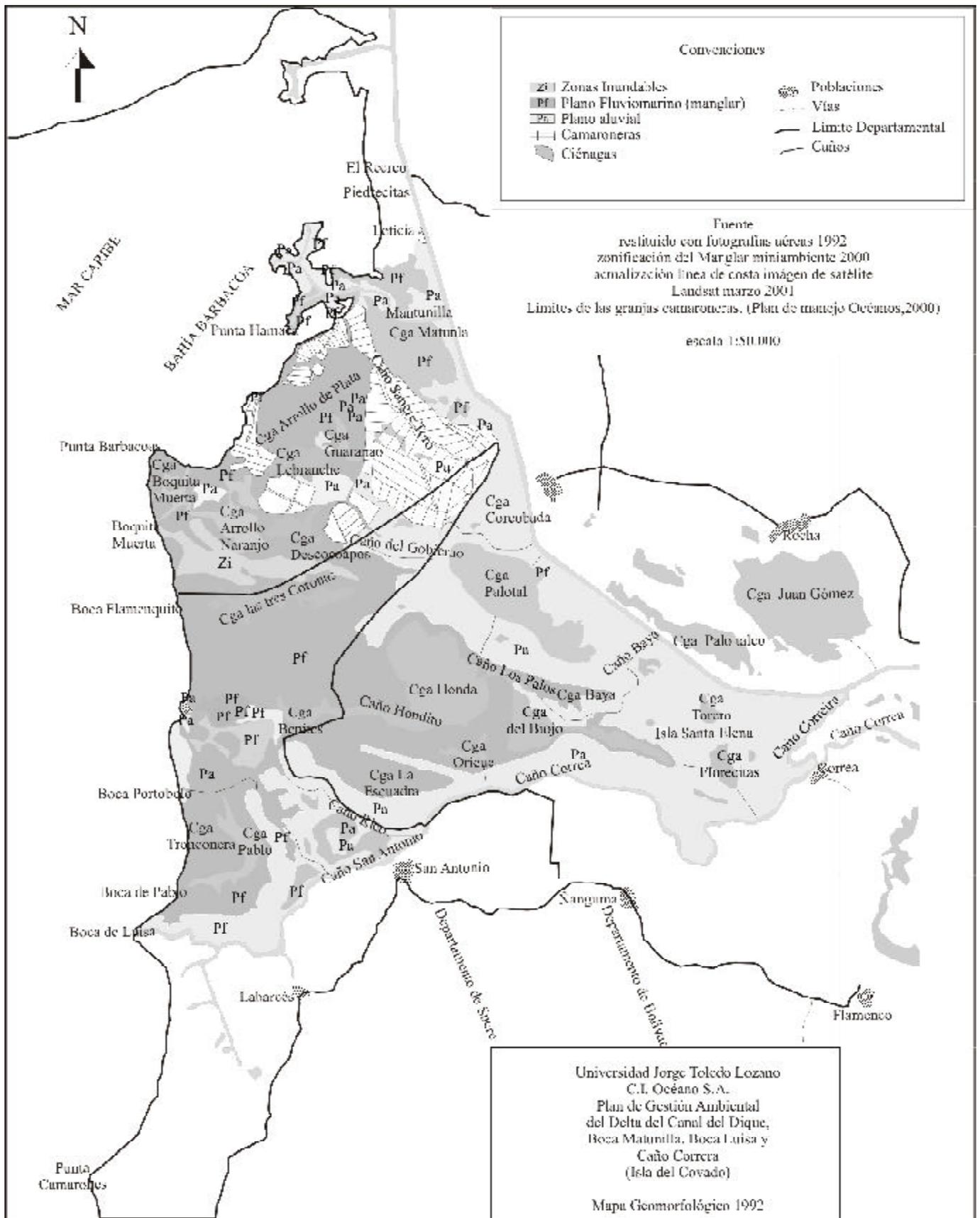


Figura 1

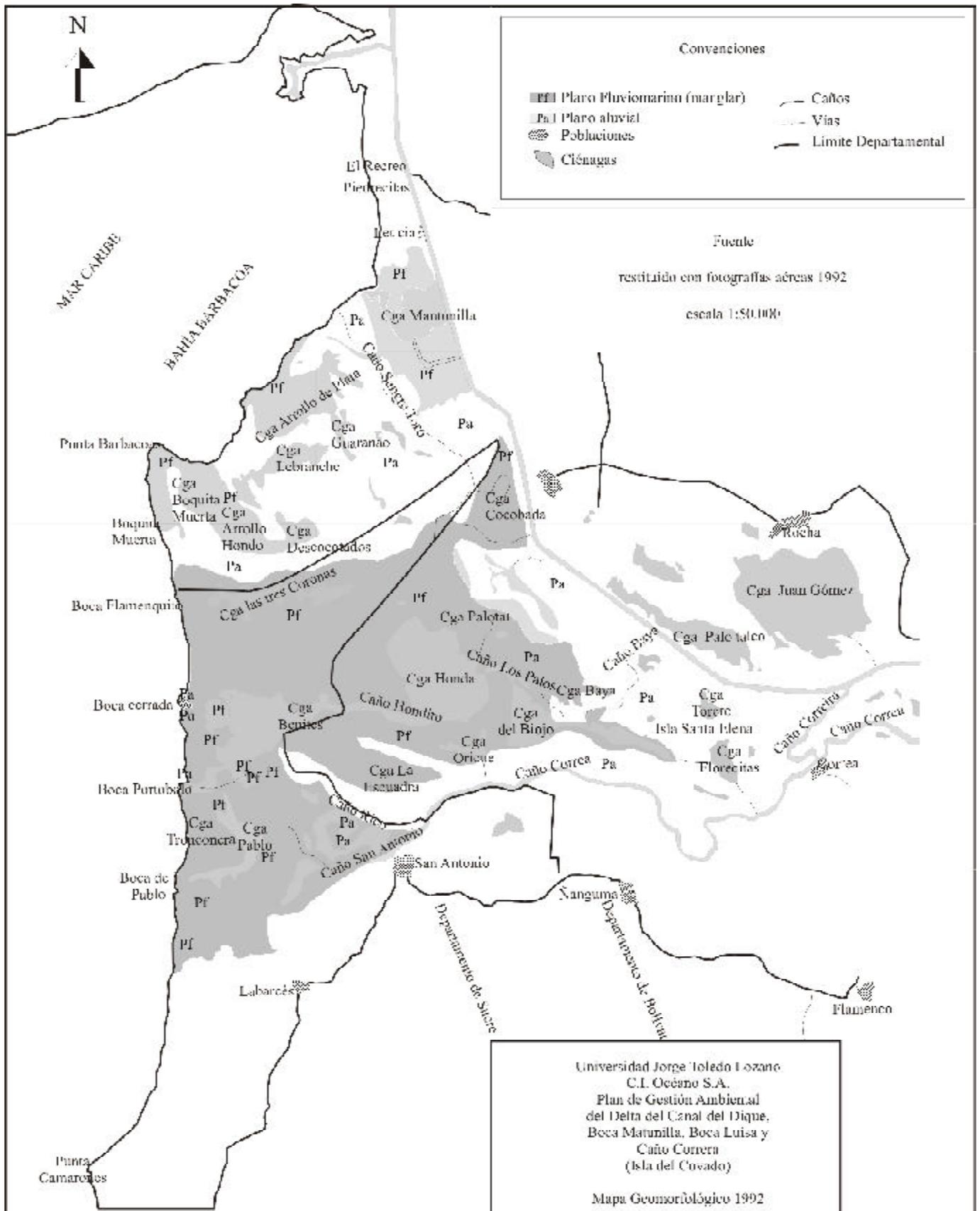


Figura 1a

característicos de las que no están conectadas directamente, formados a partir de la colmatación de las aguas de sus afluentes, y los que se originan a partir del aporte de un distributario forman un microdelta de aspecto arenoso y con depósitos de limos y arcillas en sus cercanías, mientras en la parte restante se observan arcillas (Leblanc, 1988).

La cobertura vegetal, se ha identificado y georreferenciado, destacándose las siguientes formaciones (figura 2).

Bosque inundado de agua dulce HELOBIOMA: Específicamente en la zona Sur del Delta, al margen derecho de la Ciénaga de Pablo y al Norte de Caño Rico prevalece este tipo de bosque dominado por la especie *Pterocarpus officinalis* (corcho). También se registra al Norte de las Ciénagas de Palotal y Honda; este ecosistema es considerado de importancia ambiental por su alta biodiversidad. El porte del arbolado, cobertura del dosel y estado de la regeneración natural, permiten colegir en primera instancia que estas comunidades se encuentran en un estado sucesional muy avanzado, sin que se observen procesos de intervención antrópica que estén propiciando algún tipo sensible de alteración (Cormagdalena, 1999).

Vegetación de ciénagas y pantanos HIDROBIOMA: La vegetación de estas unidades se caracteriza porque ha sufrido una considerable disminución en su área original de ocupación. Este tipo de cobertura se registra en el plano aluvial solamente y la mayor parte se encuentra localizada al Sureste del Delta, entre Ciénaga Palotal y Ciénaga Honda.

Ciénagas: Estos cuerpos de agua se han identificado como ecosistemas estratégicos en términos que representan un potencial hídrico importante. El uso más frecuente es la pesca artesanal.

Bosque de Manglar HALOHELOBIOMA: Los bosques de manglar muestran una gran variabilidad en cuanto a su desarrollo estructural. Este es el resultado de la respuesta de adaptación a los múltiples factores físicos como los nutrientes, periodicidad de la escorrentía, la cantidad de precipitación e intensidad de la evaporación, además de los impactos producidos por tensesores como las fluctuaciones de temperatura, sequías y alta salinidad. Se puede identificar un tipo de bosque ribereño en los márgenes de las ciénagas y

los canales, donde la especie dominante es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*). En las partes más internas y estancadas del interior de los rodales las especies de mangle bobo (*Laguncularia racemosa*) y de mangle negro (*Avicennia germinans*), sustituyen al mangle rojo. En las planicies inundables se establece un tipo de manglar de cuenca, especialmente en las partes más interiores, detrás de los bosques ribereños o de borde. Son áreas de poco relieve donde la renovación ocurre mucho más lentamente. Las especies más dominantes son el mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Los bosques de cuenca pueden ser monoespecíficos o mixtos (Cardique, 1998).

Cultivos y pastos: El proceso de desarrollo ha generado una amplia transformación del uso del suelo. Esto ha implicado, entre otros hechos, la paulatina desaparición de actividades tradicionales y la desapropiación de la tierra por parte de la población nativa. En el caso del delta del Dique se observa un incremento de actividades agrícolas de pancoger y ganadería semi-extensiva en áreas que se invaden para realizar estas actividades. Por esta razón la presencia de áreas de producción agrícola y pecuaria es notoria hacia el margen del Canal del Dique, brazo Matunilla y Caño Correa.

Áreas pantanosas con formaciones cumulares de manglar: Estas áreas ubicadas en el plano aluvial se caracterizan por permanecer casi todo el año inundadas. La cobertura vegetal es muy pobre y solamente se observan algunos brotes de manglar en forma de cúmulos. Esta área se encuentra ubicada al Norte de las ciénagas las Tres Cotorras y al Suroeste de la Ciénaga Benítez.

Salitrales: Estas áreas no registran ningún tipo de vegetación. El origen de sus sedimentos es de tipo fluvial o marino y el sustrato es principalmente lodoso. Se encuentran especialmente a lo largo del brazo Matunilla y al Norte de la Ciénaga de Arroyo Hondo. Son frecuentemente utilizadas para la ganadería y cultivo de arroz.

Arenales PSAMMOBIOMA: Se encuentran ubicados en las bocas: Cerrada, Portobelo y Luisa. Están constituidos por sedimentos arenosos de grano fino. Su cobertura vegetal está representada por *Sesuvium portulacastrum* y *Batis marina*, especies que

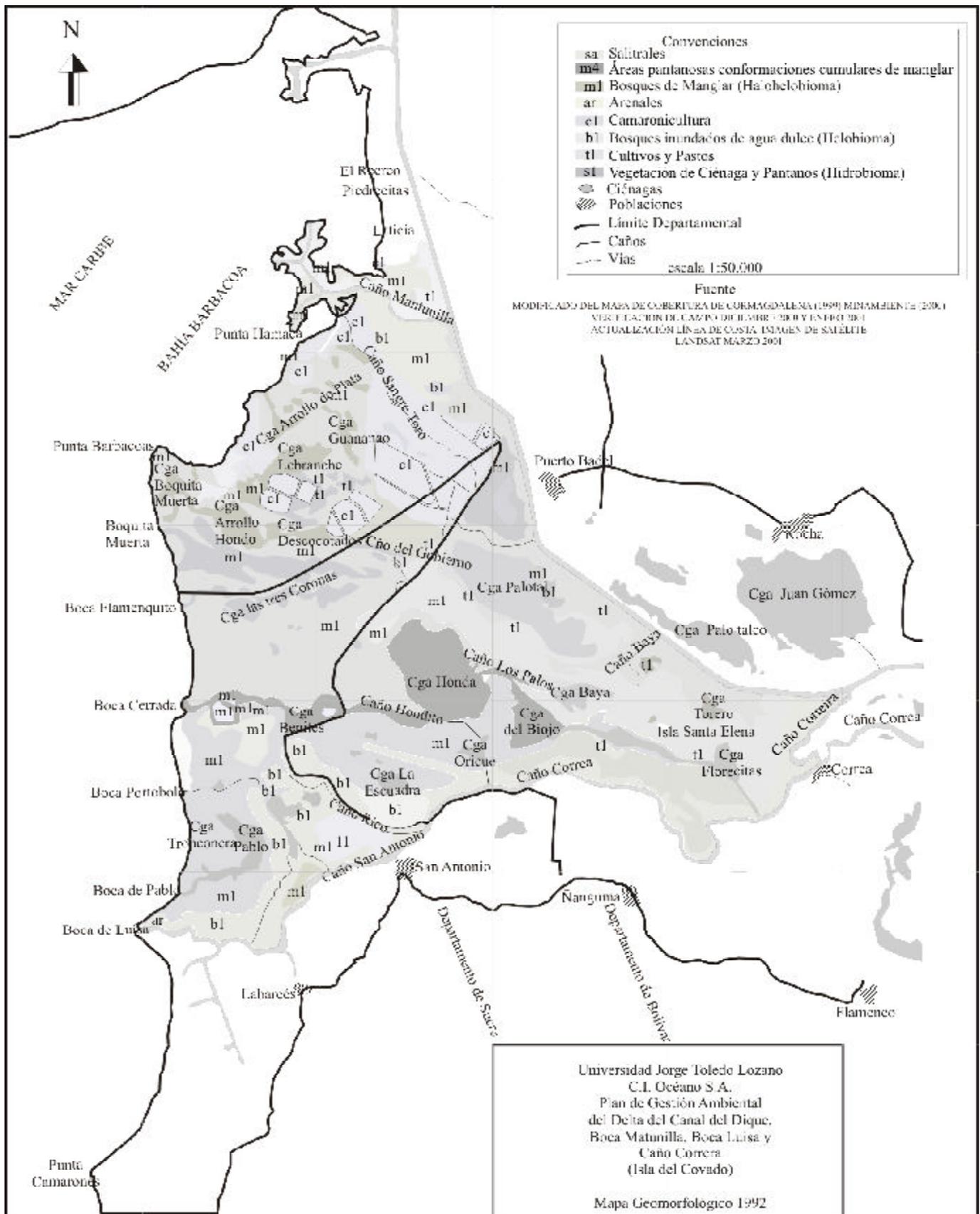


Figura 2

ayudan a mantener la estabilidad de los abanicos deltaicos.

Cultivos de camarón: Se ha calculado una cobertura aproximada de 17,31 km² de área destinada al cultivo de camarones.

Los procesos de sedimentación son intensos debido al aporte de sedimentos del Canal del Dique, desde 1984, el Canal ha permitido por Calamar la entrada de unos 10 millones de toneladas de sedimentos al año, de los cuales un 25% aproximadamente sale por Pasacaballos y se deposita en la bahía de Cartagena; el resto se reparte en el camino, inundando en épocas de crecientes, las ciénagas aledañas y sale al mar al Sur de Punta Barbacoas por los 4 distributarios del caño de Correa, con un caudal que puede variar a la entrada, de un mínimo de 90 m³/s, en épocas de sequía, a un máximo de 1.200 m³/s, en épocas de lluvias (Cormagdalena, 1999), lo que se refleja por un rápido incremento de los terrenos emergentes que modifican constantemente los límites de la costa y la rápida colmatación dificulta hasta la navegación con embarcaciones de remo. Por otra parte, la tala del manglar para producción de carbón, para su rellenamiento y establecimiento de viviendas o venta de los terraplenes, constituye otro de los procesos más evidentes dentro de este paisaje.

Las alteraciones causadas, han conducido a que la vegetación actualmente existente, muestre, con respecto a la original, una comunidad menos biodiversa y más homogénea, donde evidentemente en muchos sectores deben haber desaparecido varias de las especies originales. El sobrepastoreo propicia la compactación del suelo y la pérdida de su capacidad de retención de agua, limitando de esta manera, las posibilidades de recuperación del mismo suelo y por lo tanto de la vegetación.

La fauna y flora que se encuentra en sus ecosistemas son importantes en el ámbito nacional por cuanto se han identificado especies únicas no reportadas en otras regiones del país. En el sector Ciénaga de Pablo, se colectaron reptiles machos de *Gonatodes albugularis*, totalmente melánicos, lo cual resulta ser interesante para la biología y la ecología de la especie. Igualmente se colectó un nuevo registro para Colombia del reptil *Sphaerodactylus notatus*, contribuyendo de esta forma al conocimiento de la biodiversidad, del Manglar, del

Delta y de Colombia. Otro orden de Reptiles, representado en la jurisdicción, corresponde a los Crocodylia, pues para la zona de humedales se identificó la Babilla (*Caiman crocodilus fuscus*). El *Crocodylus acutus* o caimán aguja o del Magdalena, está listado en el Libro Rojo de las especies en peligro extinción bajo el Apéndice 1 de CITES; en la jurisdicción es una especie rara y tan solo se ha registrado en la Bahía de Barbacoas (Ulloa y Gil, 2001).

Con relación a la fauna asociada al manglar, es abundante *Procyon lotor* o zorra manglera en el sub-Delta del Canal de Caño Correa, igualmente en este sitio se han observado otros mamíferos como *Didelphis marsupialis*, *Tamandua mexicana*, *Marmosa robinsoni*, perezosos o *Bradypus variegatus*, ositos de cristal o *Cyclopes didactylus*, ponche o *Hydrochaeris hydrochaeris*, zorras bayas o *Cerdocyon thous*, mono aullador o *Alouatta seniculus* y maicero capuchino o *Cebus capuchinus*. Dentro de los insectos del Manglar, que no han sido estudiados, los alacranes y las arañas han mostrado ser especiales pues en el sector de la ciénaga de Pablo, se descubrió una familia nueva para Colombia (hembra zorridae), nivel taxonómico excepcional y una centena de alacranes identificados para 4 especies y 3 todavía sin determinar, de ahí, parte de la recomendación de preservar este sector (Ulloa y Gil, 2001).

En la historia del área de influencia del Canal del Dique, se destaca una sucesión de actividades productivas de pancoger que solo logran satisfacer las necesidades básicas alimentarias de la población. Otras actividades como el comercio y el transporte han llegado a alcanzar períodos de auge, pero hoy en día no han podido establecer en la región el capital y los recursos tecnológicos necesarios para estructurar una economía con capacidad endógena de crecimiento y desarrollo.

En la zona no han existido experiencias productivas, a excepción de la Camaronicultura, que logren integrar dentro de la región actividades de “enlace” hacia atrás (provisión de insumos y servicios productivos), ni hacia delante (procesamiento y transformación), y por esa razón, la sostenibilidad de la fase agrícola o extractiva es muy vulnerable a los cambios desfavorables en las condiciones del clima y del mercado de los productos.

La situación de la población que no tiene contacto con la actividad camaronera presenta niveles muy bajos de ingresos y de satisfacción de necesidades básicas. De acuerdo a la caracterización económica del Delta, se observa que actualmente el desempleo estructural es muy elevado y las oportunidades de empleo y generación de ingresos son escasas. Esto podría llevar a la zona a una situación de rezago aún mayor y al bloqueo de posibilidades de desarrollo económico y social.

El Delta del Canal del Dique cumple principalmente con dos funciones a escala global: Equilibrio ecológico y satisfacción de necesidades; en el ámbito nacional sustenta un porcentaje importante de la actividad camaronera y sirve para el transporte fluvial, adicionalmente actúa como recolector de sedimentos protegiendo a otros sistemas importantes como el Archipiélago Corales del Rosario y la Bahía de Cartagena y es un reservorio de fauna y flora silvestre. Regionalmente mantiene el equilibrio ecológico por cuanto actúa como un sistema de regulación hídrica, y climático, también satisface las necesidades básicas de la población de Boca Cerrada y su área de influencia en lo referente a alimentación, transporte, suministro de agua, funciones que se sustentan en todos los cuerpos de agua y sus bosques asociados, además, previene los riesgos en lo referente a inundaciones y eventos como maremotos, funciones que se apoyan en las ciénagas, planos inundables y el manglar litoral.

Sectorialmente la actividad más destacada es la camaricultura, mientras que a escala local sustenta la actividad agrícola que en él se desarrolla y la productividad económica que de ella se deriva, función que se adelanta sobre los planos aluviales y las riberas de caños y ciénagas.

MÉTODOS

A partir de la propuesta de Dinerstein *et al.* (1995) se propone una metodología para la evaluación del Sistema que consta de dos etapas: la primera, es la determinación del estado de conservación instantáneo de sus ecosistemas y la segunda, el estado de conservación final de los mismos, adaptando la metodología original en lo referente a los indicadores de integridad de paisaje que son tenidos en cuenta para la clasificación en un determinado estado de conservación.

1. Determinación del estado de conservación instantáneo.

La evaluación del estado de conservación instantáneo (es decir, una evaluación basada en la configuración presente del ecosistema) proporciona una idea acerca de qué tan seriamente ha sido degradada una área. Sus posibilidades de conservación son resaltadas por la presencia de grandes bloques de hábitat original remanente y su grado de protección. Desde una perspectiva biológica estas variables combinadas con la tasa de conversión, el grado de degradación y fragmentación, también ayudan en la predicción del mantenimiento de los procesos ecológicos, que finalmente determinarán qué tanta biodiversidad persistirá a largo plazo.

Persigue esta primera etapa clasificar los ecosistemas del Sistema en las categorías de: *Extinto*, es decir que no existen comunidades similares a los ecosistemas originales, alguna biota original persiste pero dentro de comunidades y paisajes muy modificados, por tanto no hay posibilidades de restauración; *Crítico*, cuando el hábitat intacto remanente se encuentra restringido a fragmentos pequeños y aislados con baja probabilidad de persistir en los próximos cinco a diez años y tiene posibilidad de restauración mediante medidas de protección; *En peligro*, si el hábitat original remanente está restringido a fragmentos aislados de tamaño variable, con posibilidades medias a bajas de persistir en los próximos diez a quince años, si se restauran y protegen continuamente; *Vulnerable*, cuando el hábitat intacto remanente se encuentra en bloques que varían de tamaño, con mucha probabilidad de persistencia en los próximos 15-20 años, especialmente si se implementan medidas de protección y restauración moderadas; *Relativamente Estable* si hay disminución de las poblaciones explotadas y perturbación de los procesos ecosistémicos, pero esas áreas perturbadas están distribuidas en parches respecto a las áreas de hábitat intacto o *Relativamente Intacto* cuando las comunidades naturales al interior del ecosistema se encuentran en gran parte intactas.

Estas categorías representan los diferentes grados de alteración y los distintos patrones espaciales de hábitats remanentes a lo largo del paisaje. También reflejan el efecto que tienen el aumento de la pérdida

de hábitat, la degradación, y la fragmentación, en la alteración o detención de los procesos ecológicos y en la pérdida continua de los principales componentes de la biodiversidad.

Las características a nivel del paisaje son utilizadas como indicadores de la integridad ecológica de los ecosistemas. Es necesario asumir que al interior de un determinado sistema, cambios desfavorables en estos indicadores reducen la probabilidad de mantener los procesos ecológicos y los principales componentes de la biodiversidad. Por lo anterior, la clasificación se basa en los siguientes indicadores de la integridad del paisaje:

Pérdida total del hábitat original: La pérdida de hábitat reduce la biodiversidad debido a: (a) la eliminación de especies o comunidades que están limitadas a determinadas localidades geográficas; (b) la disminución del área original de hábitat por debajo del tamaño mínimo para mantener la dinámica ecológica crítica a gran escala a nivel de ecosistemas; y (c) la degradación y fragmentación de hábitat remanente que se hace tan pequeño o aislado que los fragmentos individuales o su conjunto, pierden la habilidad de mantener poblaciones viables o procesos ecológicos importantes.

Para calificar este indicador se asigna de acuerdo con el porcentaje de hábitat original perdido un puntaje así: 0-10% equivalen a 0 puntos, 10-24% a 10 puntos, 24-49% a 20 puntos, 50-89% a 32 y 40 a una pérdida de hábitat original del 40%.

Número y tamaño de las áreas de hábitat: la presencia de áreas grandes y continuas de hábitat es un parámetro crítico para la evaluación del estado de conservación. La dinámica de poblaciones ecosistémicas, tiene requerimientos específicos y por lo tanto, los bloques de hábitat deben ser suficientemente grandes para poder mantener dicha

dinámica en funcionamiento. Grandes bloques de hábitat mantienen poblaciones de especies muy grandes y viables; además permiten la persistencia de una gama mayor de especies y dinámica ecosistémica. El cubrimiento geográfico de varios bloques grandes, también conserva una gama mayor de hábitats, gradientes ambientales, y especies.

Para evaluar este indicador se tienen en cuenta los criterios recomendados en la Tabla 1, los cuales fueron elegidos de acuerdo con el tamaño del área de estudio y por tipo de ecosistema. Siguiendo lo sugerido por la metodología original, para un determinado sistema dentro de una columna y de acuerdo con su tamaño, se deben leer de arriba hacia abajo, hasta llegar a una descripción aplicable al Sistema. El texto "500" se debe interpretar como: "el sistema contiene por lo menos un bloque de hábitat de tamaño superior a los 500 km². Los valores en porcentajes se refieren a la proporción del tamaño original del sistema que todavía se considera como hábitat intacto.

Criterio	Para Plano aluvial y ciénagas		Para Unidades de manglar y bosques de corcho
	100-1.000 km ²	<100 km ²	<1.000km ²
Puntaje			
2	>500	80-100% intacto	90-100 %
5	>250	40-80% intacto	70-90 %
10	≥3 bloques >100	10-40% intacto	40-70 %
15	>100	1-10% intacto	10-40 %
20	Ninguno >100	<1% intacto	<10 bloques

Fuente: Tomado y adaptado de Dinerstein *et al.* (1995)

Tabla 1. Puntaje según el número y tamaño de los bloques de hábitat.

Grado de fragmentación: La fragmentación de hábitat coloca en peligro demográfico a especies que presentan bajas densidades poblacionales (Berger, 1990; Laurence, 1991; Newmark, 1991; Wilcove *et al.*, 1986). Un porcentaje relativamente grande del área intacta de los ecosistemas fragmentados se encuentra bajo presión de cacería, fuegos causados por la acción humana en sus alrededores, cambios en microclima y

la invasión de especies exóticas (Lovejoy, 1980; Saunders *et al.*, 1991; Skole y Tucker, 1993). A medida que la fragmentación aumenta, la cantidad de área de hábitat central crítico disminuye. Fragmentos inferiores a los 100 km² no son adecuados para mantener poblaciones viables de la mayoría de vertebrados grandes.

La evaluación de este indicador según Dinerstein *et al.* (1995), se basa en la consideración de los siguientes escenarios:

0.(0) - Relativamente Contiguo: alta conectividad, baja fragmentación, la dispersión a grandes distancias es aún posible.

5.(1)* - Bajo: la conectividad es más alta; más de la mitad de todos los fragmentos se agrupan en cierto Grado (es decir, hay cierto grado de interacción con otros bloques de hábitat intacto).

12.(3) - Medio: La conectividad es intermedia, los fragmentos están algo agrupados; el paisaje intervenido permite la dispersión de muchos taxa a través de algunas partes del sistema.

16.(4) - Avanzado: baja conectividad; fragmentos más grandes que en la categoría Alta; los fragmentos están muy aislados; el paisaje intervenido imposibilita la dispersión de la mayoría de los taxa.

20.(5) - Alto: la mayoría de los fragmentos son pequeños y/o no circulares; poco hábitat central debido al efecto de borde, la mayor parte de los fragmentos individuales y de los grupos de fragmentos están muy aislados; el paisaje intervenido imposibilita la dispersión de la mayoría de los taxa.

* Los puntajes entre paréntesis corresponden a los sugeridos para los bosques de manglar. Para este caso la fragmentación es evaluada dentro de bloques individuales y no basándose en la conectividad entre bloques.

Grado de degradación: La degradación del hábitat producida por actividades humanas como la extracción selectiva de madera, la exposición a pesticidas, las quemadas y el sobrepastoreo, puede tener un gran impacto en la viabilidad a largo plazo de los ecosistemas. El puntaje para este indicador se asigna según Dinerstein *et al.* (1995), teniendo en cuenta los siguientes criterios:

0 - Bajo: las poblaciones de especies de plantas nativas, los procesos sucesionales y los regímenes de perturbaciones

están relativamente poco afectados por el pastoreo y las quemadas causadas por actividades humanas.

5 - Medio: las poblaciones de especies de plantas nativas persisten en números reducidos; los procesos de sucesión y perturbación han sido modificados.

10 - Alto: solo unas pocas especies de plantas nativas persisten; los grandes herbívoros nativos han sido eliminados; los procesos de sucesión y perturbación han sido alterados significativamente.

Teniendo en cuenta que el Delta presenta ecosistemas acuáticos fuertemente interrelacionados con los terrestres y la metodología original está diseñada para terrestres, se incluyeron para evaluar el grado de fragmentación o degradación, los criterios de calidad del agua e integridad hidrográfica y el grado de alteración de las cuencas de captación, indicadores propuestos inicialmente para los bosques de manglar únicamente, pero que a juicio de los investigadores son aplicables a todos los ecosistemas evaluados. Este cambio en la metodología condujo a modificar también la propuesta de ponderación de Dinerstein *et al.* (1995), en lo referente al puntaje total de dichos indicadores, el cual se redujo a la mitad para que cada uno pudiera ser equivalente al 10% en la tabulación final, como se indica más adelante.

Calidad del agua e integridad de los procesos hidrográficos: Aún los bosques de mangle intactos pueden tornarse como hábitat no viables a corto plazo, debido a cambios significativos en la calidad del agua o en los procesos hidrográficos. Algunos parámetros importantes son el pH, la turbidez, el oxígeno disuelto, presencia de pesticidas, metales pesados, sólidos suspendidos, hidrocarburos, y alteración de los ciclos de mareas y descargas de agua dulce.

Para su evaluación proponen Dinerstein *et al.* (1995) los siguientes puntajes según el porcentaje de hábitat original afectado por los cambios en la calidad del agua sin que haya una restauración significativa: 2, de 0 a 20%; 4, para una afectación del 21 al 40% del hábitat; 6, del 41 al 60%; 8, del 61 al 80% y 10 de 81 a 100%.

Grado de Alteración de las Cuencas de captación: Los cambios en las cuencas de captación que pueden afectar a los ecosistemas acuáticos y los

manglares, incluyen la alteración del flujo de entrada de agua dulce desde ríos y por escorrentía, el incremento de la sedimentación, de la polución, el incremento en el acceso de cazadores y leñadores, la pérdida de poblaciones de la vida silvestre que habita en los alrededores y de áreas con recursos para las especies asociadas al manglar; todos presentes en el Delta del Canal del Dique.

Según el porcentaje de cuenca alterada estimada por estos cambios, Dinerstein et al. (1995) proponen el siguiente puntaje: 0, para un rango de 0 a 19% de alteración; 2, de 20 a 39%; 3, de 40 a 59%; 4, de 60 a 89% y 5 para un porcentaje de alteración entre 90 y 100%.

Tasas de conversión del hábitat remanente: Son estimadores menos poderosos del estado de conservación que las características del paisaje, sin embargo las tasas de conversión recientes, proporcionan alguna información acerca de las trayectorias de pérdida de hábitat y fragmentación a corto plazo y son utilizadas para mejorar la precisión de las evaluaciones del estado de conservación y no para estimar las amenazas a largo plazo.

Para cada sistema se estima la tasa reciente de conversión (es decir, la proporción de hábitat remanente que se convierte de intacto a alterado por año), dándole relevancia al período de los últimos cinco años, asignando puntos así: para una tasa menor de 0.5%, 0 puntos; para una de 0.5 a 2.0%, 6; de 2.1% a 3%, 8; de 3.1 a 4%, 9 y para más del 4%, 10 puntos.

Grado de protección: Este indicador evalúa qué tan bien los humanos han conservado bloques de hábitat intacto suficientemente grandes. Las áreas protegidas no son utilizadas como los principales indicadores del estado de conservación del sistema porque no reflejan necesariamente la extensión y configuración del hábitat original que aún existe o la integridad de los ecosistemas en todo el paisaje; porque muchas contienen hábitats no considerados intactos y la mayoría son escasas y pequeñas. En el análisis de amenazas se puede enfatizar en la falta de áreas formalmente protegidas.

Debido a que en el área de estudio no hay ecosistemas terrestres protegidos y sólo los bosques de manglar, de corcho y las ciénagas asociadas podrían estar protegidas por la legislación vigente, se adopta para evaluar este indicador lo recomendado por

Dinerstein et al. (1995), para las unidades de manglar de tamaño menor a 250 km², Tabla 2. Es importante aclarar que aun cuando el manglar y las ciénagas legalmente cuentan con restricciones para su uso, la realidad es que son manejados de manera insostenible y se desconoce su potencial biológico o hidrológico.

Tamaño de la Unidad	
Puntajes	< 250 km²
1	> 50% del área protegida
4	40-50% área protegida
6	20-40% área protegida
8	< 20% área protegida
10	No hay áreas
Fuente: Dinerstein et al (1995)	

Tabla 2. Grado de protección para Unidades de manglar.

La clasificación de un ecosistema dentro de una de las categorías, se determina evaluando los valores numéricos definidos para cada uno de los indicadores al nivel de paisaje anotados arriba, dándole especial importancia a la pérdida de hábitat y al número de grandes áreas de hábitat intacto, según se muestra en la Tabla 3.

Así, el estado de conservación de un sistema se determina sumando los valores numéricos asignados a los cinco indicadores al nivel de paisaje. Dentro de cada indicador la determinación de los puntajes pretende reflejar procesos biológicos reales o la contribución relativa de una situación particular, para la conservación de la biodiversidad a largo plazo. Los puntos umbrales para las diferentes categorías de los estados de conservación se listan en la Tabla 4, (la clasificación de “extinto” se basa en la evaluación de un experto).

2. Estado de conservación final: El estado de conservación instantáneo se modifica mediante la incorporación de las amenazas potenciales al sistema en los próximos 20 años, de acuerdo con las tendencias actuales, utilizando la tasa de conversión y el grado

%	CRITERIO
40%	Pérdida total del hábitat
20%	Bloques de hábitat
20%	Fragmentación del hábitat (para los pastizales, sabanas, y matorrales y los pastizales inundables: 10% fragmentación y 10% degradación del hábitat) o Calidad del agua e integridad hidrográfica 10% y grado de alteración de las cuencas de captación 10% para los ecosistemas acuáticos
10%	Conversión del hábitat
10%	Grado de protección

Fuente: Tomada y adaptada de Dinerstein *et al* (1995)

Tabla 3. Ponderación de los Indicadores para definir Estado de Conservación Instantáneo.

Puntos	Estado de conservación
0-6	Relativamente intacto
7-36	Relativamente estable
37-64	Vulnerable
65-88	En peligro
89-100	Crítico

Fuente: Dinerstein *et al* (1995)

Tabla 4. Puntajes para definir Categorías de Estado de Conservación Instantáneo.

Puntos	Descripción*
0	No hay amenaza reconocida
10	Alteración de un 5 a 9%
20	Alteración entre un 10 y 24%
50	Alteración de un 25% o más

Fuente: Dinerstein *et al* (1995)

Tabla 5. Puntos por Amenazas de Conversión. * Indica porcentaje de alteración del hábitat remanente en los próximos 20 años según este tipo de amenaza.

de degradación y con su tipo de escala espacio-temporal e intensidad, obteniéndose de esta forma el estado de conservación final.

La evaluación de las amenazas es esencial, porque aun cuando la evaluación instantánea es valiosa, esta solamente proporciona una visión de lo que existe en el presente. La evaluación de amenazas tiene en consideración factores que van a tener un impacto en la conservación de la biodiversidad en un sistema.

Esta evaluación se hace estimando para cada ecosistema un puntaje, utilizando un índice de 0-100 puntos para las

amenazas pendientes; puntajes entre 70 y 100 se califican como alto, entre 20 y 60 como amenaza media y entre 0 y 19 baja. Aquellos ecosistemas calificados con un valor alto se ascienden una categoría en la clasificación de su estado de conservación instantáneo, por ejemplo pasa de Vulnerable a En Peligro. Las amenazas calificadas como medias, influyen la categoría asignada a un ecosistema a juicio de los investigadores y las calificadas como bajas no modifican ninguna categoría.

Para este estudio se identificaron las amenazas, se agruparon y calificaron los tres tipos de acuerdo con lo recomendado por Dinerstein *et al.*(1995), así:

Amenazas por Conversión: tala, quema construcciones, cambios en la dinámica costera por construcción de obras civiles, drenaje o canalización (alteración de los regímenes de mareas o de aguas dulces), aterramiento, extracción forestal y producción de carbón vegetal, expansión agrícola y deforestación, extracción de sal, granjas camaroneras, recolección de cortezas, construcción de vías y pastoreo intensivo. Para este tipo de amenazas se asigna un puntaje según la Tabla 5.

Amenazas de degradación: quemadas, extracción de leña, introducción de nuevas especies, contaminación (petróleo, pesticidas, metales pesados, defoliantes), pastoreo, extracción no sostenible de productos no madereros, construcción de carreteras y la erosión y derrumbes asociados; daño por paso de vehículos, extracción forestal selectiva, uso recreacional excesivo. Para este tipo de amenazas se asigna un puntaje según la Tabla 6.

Puntos	Descripción
0	No hay amenazas reconocidas.
15	Mortalidad de especies de plantas es significativa. Amplia distribución de contaminantes en especies.
30	Alta mortalidad en especies nativas de plantas. Alteración significativa de los procesos de sucesión. Amplia distribución de contaminantes en el ecosistema.

Fuente: Dinerstein *et al* (1995)

Tabla 6. Puntos por Amenazas de Degradación.

Puntos	Descripción
0	No hay explotación de la vida silvestre.
10	Niveles moderados de explotación. Persistencia de poblaciones en números reducidos.
20	Alta intensidad de explotación, con inminente o total eliminación de poblaciones locales de especies blanco.

Fuente: Dinerstein *et al* (1995)

Tabla 7. Puntos por Amenazas Explotación de Vida Silvestre

Amenazas por explotación de vida silvestre: cacería furtiva, comercio de fauna y flora, sobreexplotación de la pesca, hostigamiento y desplazamiento por parte de usuarios comerciales y recreacionales. Para este tipo de amenazas se asigna un puntaje según la Tabla 7.

RESULTADOS

Para aplicar la metodología se elaboró la cartografía en escala 1:50.000 a partir de la identificación de las unidades geomorfológicas del área de estudio, revisión bibliográfica sobre una base cartográfica y de fotografías aéreas monocromáticas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC de los años 1954 y 1992 a escalas 1:50.000 y 1:20.000 respectivamente, revisión del mapa Proyecto Manglares de Colombia del año 2000. La información obtenida del análisis fotográfico se restituyó en mapas a escala 1:50.000, fue actualizada a 2001 con una imagen de satélite LANDSAT, con los datos aportados por las comunidades y la verificación de campo.

También se realizó un Taller con la participación de los miembros del equipo investigador, representantes de las autoridades ambientales e invitados especiales, utilizando los mapas geomorfológicos de dos épocas diferentes, el de cobertura vegetal del Delta, así como el conocimiento que se tiene de la zona, Figuras 1, 1a y 2.

Teniendo en cuenta la información primaria y secundaria disponible se definió el Estado de Conservación Instantáneo de los ecosistemas estratégicos del Delta del Canal del Dique. Para la asignación de los valores a cada indicador, fue necesario estimar previamente, el área cubierta por cada ecosistema de acuerdo a la cartografía de 1954, de 1992, y la actualización a 2001, los datos obtenidos figuran en la Tabla 8:

Estas unidades geomorfológicas han presentado algunos cambios en red comparado especialmente en la

extensión y cobertura de los planos aluviales, que ha aumentado 10,7 km² debido al incremento del aporte de sedimentos provenientes del Canal del Dique (Brazo del Río Magdalena), generando cambios en el uso del suelo. Es así como en 1954, en el plano aluvial no se registraban industrias camaroneras y en 2001 de su área total, 17,31 km² estaban ocupados por la industria camaronera y 5,5 km² para ese entonces ya se encontraban cubiertos por corcho (*Pterocarpus officinalis*).

En cuanto al manglar se observa una reducción de 2,79 km² de cobertura, posiblemente debido al aumento del plano aluvial en el área comprendida entre la ciénaga Palotal y Honda. Se estima que la disminución ha podido ser un poco mayor pero, se ha visto compensada por la formación de nuevos bosques en zonas de acreción por el proceso activo de sedimentación del Delta.

El área total de cobertura de ciénagas registra una reducción de 8,61 km² desde 1954 hasta el 2001,

ECOSISTEMA	AREA 1954 km ²	AREA 2001 km ²
Manglar	70,28	67,49
Plano aluvial	77,4	82,51
Ciénagas	34,65	26,04
Bosque de corcho	No se tiene información	5,5

Tabla 8. Área de los ecosistemas por año 1954-2001.

Es necesario resaltar que no se tiene una información científicamente válida que permita apoyar la estimación de la “pérdida” o ganancia de hábitat para el bosque de corcho ya que aparentemente este ecosistema no se encontraba en los años 50, o es posible que encontrándose fuera considerado como parte del manglar,

Ecosistema indicador	Manglar	Ciénagas	Planos aluviales	Bosque de corcho
Pérdida de Hábitat Original	0	20	0	0
No. de Áreas grandes de Hábitat Original	15	20	NA	5
Grado de Fragmentación y Degradación	8 (4)*	22 (11)*	10 (5)*	17 (8.5)*
Calidad del agua e integridad hidrográfica y alteración de las cuencas	7 (3.5)*	7 (3.5)*	0	2 (1)*
Tasa de Conversión de Hábitat Remanente	6	0	6	0
Grado de Protección	6	10	6	10

* El valor entre paréntesis corresponde a la mitad del puntaje total en consideración a la propuesta de evaluar todos los indicadores para los ecosistemas del Delta del canal del Dique.

Tabla 9. Indicadores del Estado de Conservación Instantáneo.

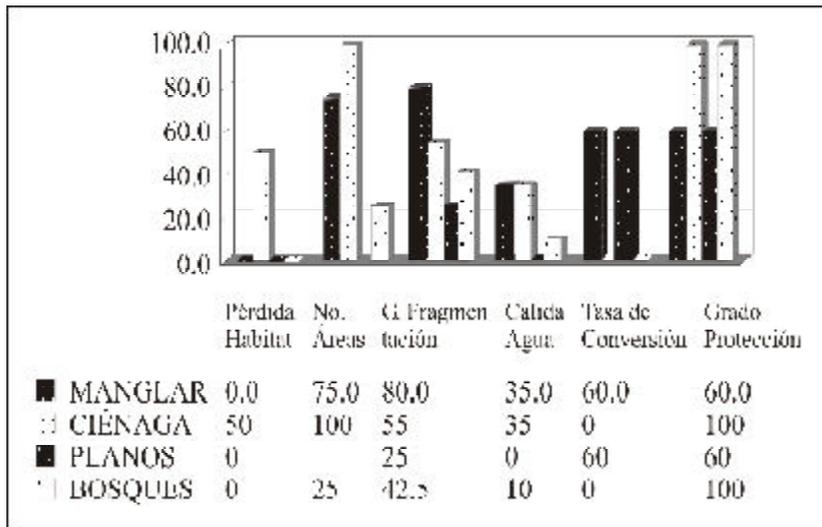


Figura 3. Indicadores del Estado de Conservación Instantáneo.

posiblemente por el aporte permanente de los sedimentos provenientes del Canal del Dique, que han favorecido su colmatación con la consecuente ampliación del plano aluvial.

aseveración aún vigente puesto que fue confirmada en los talleres con las comunidades (C.I. Océanos-UJTL, 2001).

Determinado el valor numérico para cada indicador, Tabla 9, se normalizó a una escala de 100 y se diseñó una gráfica para su análisis e interpretación, Figura 3.

De acuerdo con el gráfico los indicadores que mayor efecto tienen sobre el Estado de Conservación Instantáneo de los Ecosistemas Estratégicos del Delta del Canal del Dique son el Grado de Protección, el Número y Tamaño de las áreas de hábitats y el Grado de fragmentación o degradación, por tanto son los que se deben controlar para mejorar la condición de estos ecosistemas.

El manglar es el ecosistema más fragmentado lo cual afecta su integridad ecológica, presentando junto con los planos aluviales la mayor tasa de conversión, lo cual sin duda se debe al mal uso de estos ecosistemas.

Las ciénagas y el bosque de corcho son los más afectados por la carencia de medidas de protección, por lo que su conservación puede mejorarse para el primero, y mantenerse para el segundo, enfocando hacia allá su manejo. Esto explica la mayor pérdida de hábitat en las ciénagas, lo cual teniendo en cuenta el peso de este indicador sobre el Estado de Conservación, determina se encuentren actualmente en peligro.

La sumatoria del puntaje de cada indicador permite obtener para cada ecosistema el Estado Conservación Instantáneo, tal como se muestra en la Tabla 10.

La falta de información válida acerca del comportamiento de los ecosistemas y de la dinámica del Delta afectó la definición del puntaje para definir el grado de fragmentación y degradación. No obstante se realizó una aproximación al mismo. El Estado de Conservación de las Ciénagas aun estando 0,5 puntos por debajo de 65, se definió en Peligro, pues a juicio de los investigadores y dadas las condiciones actuales de este ecosistema, esta diferencia fue considerada despreciable.

El Estado de Conservación Final se logró definir incorporando en la evaluación las amenazas que se

ciernen sobre los ecosistemas en los próximos 5-20 años, tabuladas según la Tabla 11.

Dada la dinámica del Sistema y su comportamiento de los últimos 50 años, así como también las alternativas de manejo que están en consideración para la problemática del Canal del Dique, se estimó que los ecosistemas acuáticos estarán afectados en términos de conversión en los próximos años, por ello este tipo de amenazas tiene un puntaje alto.

Considerando los efectos de la contaminación proveniente del Canal del Dique ampliamente reportados; el vertimiento de los residuos de la actividad camaronera, agrícola y ganadera y la carencia de medidas sanitarias para el manejo de desechos, esta amenaza de degradación es calificada con 15 puntos.

Realmente no existe una explotación formal de la vida silvestre en el Delta, sin embargo, se da la cacería furtiva o casual cuando hay oportunidad, hay una sobreexplotación del recurso pesquero con pérdida de algunas poblaciones, por ello el puntaje para esta amenaza es de 20.

Incorporando el grado de amenaza al valor obtenido en el Estado de Conservación Instantáneo para cada

Ecosistema Estratégico, resulta el Estado de Conservación Final, según se observa en la Tabla 12.

CONCLUSIONES

- La metodología aplicada es una herramienta útil para realizar diagnósticos ambientales y formular propuestas encaminadas a la planificación de la conservación de los ecosistemas.

- El Sistema estudiado posee ecosistemas estratégicos que estarán expuestos a múltiples amenazas en los próximos años, algunos como el manglar y el bosque de corcho albergan una biodiversidad única a escala nacional, mantienen invaluables servicios a todo nivel, y son importantes para las comunidades humanas locales, por

ECOSISTEMA	Manglar	Ciénagas	Planos aluviales	Bosque de corcho
Puntaje total	34,5	64,5	17	24,5
Estado de Conservación Instantáneo	Relativamente estable	En Peligro	Relativamente estable	Relativamente estable

Tabla 10. Estado de Conservación Instantáneo de los Ecosistemas Estratégicos del Delta del Canal del Dique.

Tipo de amenaza/ Ecosistema	Manglar	Ciénagas	Planos aluviales	Bosques de corcho
De Conversión	50	50	10	50
De Degradación	15	15	15	15
Por Explotación de Vida Silvestre	20	20	NA	10
TOTAL	85	85	25	75

Tabla 11. Puntaje de Amenazas por Ecosistema.

Ecosistema	Manglar	Ciénagas	Planos aluviales	Bosque de corcho
Estado de conservación instantáneo	Relativamente estable	En Peligro	Relativamente estable	Relativamente estable
Grado de amenaza	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA
Estado de conservación final	Vulnerable	Crítico	Relativamente estable	Vulnerable

Tabla 12. Estado de Conservación Final de los Ecosistemas Estratégicos del Delta del Canal del Dique.

tanto debe ser incluido en las estrategias nacionales de conservación.

- Es necesario manejar el bosque de corcho con precaución y profundizar en el conocimiento de sus relaciones ecosistémicas, pues a pesar de estimarle un estado de conservación final vulnerable, hay que conocer más de cerca su vulnerabilidad y determinar su resistencia frente a futuras amenazas.

- Cualquier propuesta para el manejo de la problemática del Canal del Dique, debe considerar que el estado de sus ecosistemas depende fundamentalmente de la hidrodinámica que se favorezca o desfavorezca.

- El manglar en el área de estudio bordea las ciénagas y el litoral, permite mantener un vínculo más estrecho entre los ecosistemas terrestres y marinos, se encuentra bastante fragmentado y posee una riqueza biológica, por lo que es necesario una atención urgente para conservarlo con acceso restringido, es decir protegerlos.

- Un aporte significativo tanto para la Gestión Ambiental del Delta como para el desarrollo de la investigación en esta zona costera es actualización de la cartografía del área del estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores dejan su especial reconocimiento a la Comercializadora Internacional Océanos S.A; la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Seccional Caribe, y a la Universidad de Cartagena; a la interventoría de la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, Cardique.

BIBLIOGRAFÍA

- BERGER, J. 1990. Persistence of different-sized populations. An empirical assessment of rapid extinctions in Bighorn Sheep. *Conservation Biolog.* 4: 91 –98.
- CARDIQUE. 1998. *Diagnóstico, Zonificación y Planificación Estratégica de las Áreas de Manglar del Departamento de Bolívar*. Informe técnico. Cartagena, Colombia, 350 p.
- C.I. Océanos – UJTL. 2001. *Plan de Gestión Ambiental del Delta del Canal del Dique. Caño Matunilla – Boca Luisa – Correa*. Informe final. Cartagena, Colombia, 300 p.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS, CIOH. 1988. Boletín científico No.8, julio, 110 p.
- CORMAGDALENA. 1999. *Estudio de Factibilidad del Plan de Restauración Ambiental de los Ecosistemas Degradados del Área de Influencia del Canal del Dique*. Informe Final Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia, 320 p.
- DINERSTEIN, E., D. OLSON; D. GRAHAM., W. AVIS; S. PRIMM., et al. 1995. *Una evaluación del Estado de Conservación de las Ecorregiones Terrestres de América Latina y el Caribe*. Banco Mundial – Fondo Mundial para la Naturaleza. Washington, 135 p.
- LAURANCE, W.F. 1991. Ecological correlates of extinction proneness in Australian tropical rain forest mammals. *Conservation Biology* 5: 79 – 89.
- LEBLANC, F. 1988. Informe final Estudio Geológico Litoral Caribe Colombiano, fase III (Isla del Rosario). *Boletín Científico C.I.O.H*, Cartagena, No.8. p. 83-108.

- LOVEJOY, T. E. 1980. Discontinuous wilderness: Minimum areas for conservation. *Parks* 5: 13 – 15.
- MARQUEZ, G. 1996. *Ecosistemas Estratégicos y otros estudios de Ecología Ambiental*. Fondo FEN. Santa Fe de Bogotá, Colombia, 211 p.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE – INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT. 1999. *Humedales Interiores de Colombia: Bases Técnicas para su conservación y Desarrollo Sostenible*. Santa Fe de Bogotá, Colombia, 138 p.
- NEWMARK, W.D. 1991. Tropical forest fragmentation and local extinction of understory birds in the eastern Usambara Mountains, Tanzania. *Conservation Biology* 5: 67 – 78.
- REPUBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2002. *Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia*. Panamericana Formas e Impresos S.A. Santa Fe de Bogotá, Colombia, 67 p.
- SAUNDERS, D.A R.J. HOBBS, y C.R. MARGULES. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- SKOLE, D.L., y C. TUCKER. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. *Science* 260: 1905-1910.
- ULLOA, G, y GIL, W. 2001. *Caracterización, Diagnóstico y Zonificación Manglares del Departamento de Sucre*. Corporación Autónoma Regional del departamento de Sucre CARSUCRE. Colombia, 182 p.
- WILCOVE, D. S., C.H. McLELLAN, y A.P. DOBSON. 1986. Hábitat fragmentation in the temperate zone. Páginas 237-256 en M.E. Soule, compilador, *Conservation Biology: The science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.

PERSPECTIVA ANTROPOLÓGICA CULTURAL PARA EL USO SOSTENIBLE DE LOS HUMEDALES DEL PARAGUAY

CULTURAL ANTHROPOLOGIC PERSPECTIVE FOR THE SUSTAINABLE USE OF PARAGUAY'S WETLANDS

Lic. Margarita Miró

RESUMEN

Se analizan las interrelaciones de diferentes grupos sociales, desde las épocas precoloniales hasta el presente, con los ambientes de humedales ubicados en la República del Paraguay. Cada grupo social ha tenido formas de abordaje para la ocupación y uso de estos ambientes. Algunas estrechamente vinculadas con sus creencias religiosas, en especial las culturas aborígenes, que les permitió utilizarlos con un criterio que hoy se llamaría conservacionista, bien adaptado a las posibilidades de cada ambiente y de bajo impacto. El período moderno se caracteriza por su utilización dirigida por criterios económicos casi exclusivos, lo que implica introducir alteraciones importantes en estos sistemas tan especiales y vulnerables. En base al rescate de la experiencia de los antiguos, complementada con estudios científicos apropiados a cada realidad socio-ambiental, se proponen pautas orientativas para revertir esta situación, y lograr su manejo sostenible con el menor costo ambiental.

Palabras clave: humedales tropicales - uso sostenible - Paraguay - culturas nativas - Recuperación cultural - Antropología.

SUMMARY

The interrelations of the different social groups, from the Precolombine age till the present with the

wetlands of Paraguay are analyzed. Each social group has occupied and used these wetlands in its own particular way. Some closely related with religious believes, specially the aboriginal cultures, which allowed them to use the wetlands with conservationist criteria, well adapted to the possibilities of each environment and with a low ecological impact. At the present time, it is the economical criteria that prevail leading to the introduction of important changes in such vulnerable ecosystems. Guiding principles to change this situation and obtain a sustainable use with a lower environmental impact are proposed based on the experience of the ancestors complemented with scientific studies fitted to each social-environmental reality.

Key words: tropical wetlands, sustainable use, Paraguay, native cultures, cultural recovery, anthropology.

INTRODUCCIÓN

La UNESCO (1992), define Cultura como: “el conjunto de conocimientos, creencias, arte, moral, valores, leyes, costumbres, capacidades y hábitos adquiridos, que une e identifica a los individuos de determinada sociedad y los motiva y que viven en un espacio físico determinado”.

Cultura = ser humano y su relación con el medio ambiente.

Evolución, visión y acción en el tiempo junto con la redefinición de los conceptos históricos.

El ser humano = un ser en el mundo - es un ser en el tiempo.

El concepto de conocimiento producto de la relación hombre/ambiente, es uno de los que más aporta a encontrar soluciones oportunas para resolver conflictos ambientales y sociales dentro del marco de sustentabilidad. Esta definición de cultura también ayuda a generar un mayor respeto y sinergias entre los distintos niveles sociales, entre las etnias y las distintas minorías, así como a disminuir la discriminación y numerosos conflictos.

RESULTADOS

Luego de realizar un análisis minucioso, se puede afirmar que la IDENTIDAD está determinada principalmente por los elementos de la naturaleza y cómo el hombre fue transformando esos recursos durante siglos, para dar una respuesta a sus múltiples necesidades.

La identidad tiene mucho que ver con la diversidad, en razón que cada uno tiende a desarrollar su entidad en base a los elementos físicos e histórico-sociales de una región determinados : *el clima, el tipo de territorio, la geografía, los recursos naturales existentes en ese territorio y los grupos étnicos que ocuparon ese territorio en el transcurso del tiempo* .

Dentro de este proceso de regionalización partiendo de los recursos naturales, los humedales ocupan un nivel de suma importancia, por ser proveedores de agua y por brindar un aporte esencial para el desarrollo de los distintos niveles de vida.

En la gran diversidad de conocimientos que es posible obtener en un humedal y su entorno geográfico, que sirve para revalorizar el conjunto, se encuentran: las leyendas, arte, artesanía, técnicas de construcción de viviendas, cultura culinaria, medicina natural, aporte a la lingüística con las adecuaciones al lugar, cosmovisión asociada a ritos religiosos producto del sincretismo milenario, y cronología histórica. Todo unido siempre a los recursos faunísticos y de la flora, ya sea autóctona o adaptada al lugar. Cada una de estas partes puede contribuir con algo para la revalorización de los humedales y de la población de su entorno, lo cual podrá fortalecer la autoestima de

los pobladores y, al mismo tiempo, constituir aportes para fomentar o fortalecer el turismo natural y cultural, contribuyendo, en su conjunto, con datos a las ciencias naturales, la antropología y la historia.

La mayoría de las poblaciones del entorno de los humedales, pertenece a las clases sociales empobrecidas. Tanto la sociedad como el estado mismo, les ofrecen escasas oportunidades de cambios.

La importancia del enfoque de patrimonio y la revalorización de lo natural y cultural para elevar la autoestima de la población del entorno a los ecosistemas.

En este contexto quiero transmitir el resultado de mis experiencias de trabajos con campesinos, tantos del entorno a humedales como de otros ecosistemas realizados en todo el territorio paraguayo, y también en algunas comunidades indígenas, brindándome un resultado positivo en las áreas de implementación.

El interés y mis estudios sobre los humedales se inician hace 12 años luego de radicarme en la ciudad de Carapeguá, ubicada a 85 km. al sur de Asunción, a orillas de los humedales del Ypoá.

Este hecho contribuyó a cambiar los paradigmas profesionales y dar una reinterpretación de la relación hombre-naturaleza y la producción. Me permitió también, comprender la gran importancia del componente de las historias locales, ausentes en la historia nacional.

Aprendí el gran valor de todos los aspectos de la cultura oral y de la sabiduría ancestral, que sobrevivieron en la población del presente y que no se le permitió traspasar las fronteras universitarias sumados a los conocimientos provenientes de la Historia, Antropología, Ciencias Sociales y Naturales.

Por lo que puede observar en los ámbitos de campesinos, durante mis investigaciones y trabajos sociales, puedo destacar cuanto sigue:

- El lugareño sabe que su subsistencia depende de los recursos naturales.
- Perdió la valoración de la cosmovisión de su entorno.
- Toda la naturaleza vale sólo por satisfacer una necesidad inmediata, pero como elementos independientes.
- No perciben ni visualizan la importancia de conservar los recursos y el impacto de perderlos.
- Conservan una mentalidad que la naturaleza lo renueva todo.

- No dimensionan el efecto de la degradación ambiental como consecuencia del mal uso de los recursos naturales.

- A pesar del uso múltiple tanto de algunos vegetales como animales, no valoran en forma holística el uso o la función que les aportan dichos elementos.

Propuesta o solución

- Plantearles que lo espiritual, abstracto, sobrenatural y afectivo del ser humano y la naturaleza, es una unidad que se debe tener presente en todo momento. Justamente, el principal problema que causó la cultura eurocentrista, es el divorcio de este concepto, siendo hoy la causante de tanta miseria y desastres. Las culturas milenarias son un ejemplo de la sostenibilidad de sus sistemas culturales, económicos y sociales.

- Presentarles, como ejemplos, algunos elementos de la naturaleza en sus múltiples usos, ya sean espirituales, o simbólicos, nutricionales, medicinales y utilitarios. La palma del Pindó tenía un simbolismo ritual, que estaba unido al génesis de la cultura guaraní, al mito de la adquisición del fuego por los hombres. Su semilla es nutritiva, su hoja sirve para fabricar artesanías, cuerdas, techos y el tronco se utiliza como material de construcción. De esta manera podemos presentar distintos vegetales y animales, como el maíz, el tabaco, el arroz, el trigo, el urucú, el cocotero, el tabaco, el carpincho, la serpiente, los felinos, las águilas, por mencionar algunos. En torno a los lagos, lagunas y humedales siempre existen diversidad de leyendas y mitos que tienen un punto de verdad o de interpretación, justificación o pautas culturales de las distintas etnias que ocuparon el sitio. Este acervo contribuye a que los pobladores valoren más sus recursos y, sobre todo, que se lo enfoque desde las distintas disciplinas y que tenga una valoración moderna e intelectual.

- Presentar los recursos naturales con la dimensión de lo patrimonial y que su pérdida altera el equilibrio emocional, afectivo, psicológico y espiritual de los seres humanos. Con ejemplos sencillos se logra un impacto muy fuerte, que le ayudan a comprender esta dimensión. En el caso paraguayo acostumbro a usar los siguientes ejemplos:

- 1) ¿Cómo un músico podría componer hoy una música como guyra campana (pájaro campana), si ya no escucha su sonido?;

- 2) Ya no se puede componer la misma música sobre el lago Ypacaraí, ni Mburicao (arroyo de Asunción), o canto a mi selva, o el compuesto amenaza pyhare (amenaza de lluvia a la noche);

- 3) Lo que representa para los paraguayos de la Región Oriental el aroma de la flor de coco como anuncio de la Navidad;

- 4) ¿Sería el mismo Paraguay sin la floración de tajy o lapacho? Además, la floración de este árbol estaba unida al calendario agrícola, pues era un indicador que habían pasado las heladas fuertes y ya se podía iniciar el cultivo de las especies menos resistentes al frío.

- 5) Plantearnos si será que nuestros nietos podrán disfrutar del sabor de una comida cocinada como la chipa y la sopa en tatakú (horno de barro) o del asado cocinado con carbón.

- 6) Se deben plantear ciertos paisajes urbanos relacionados con cerros, que tengan además simbolismo mitológico y usos sociales, como el caso de Paraguarí y Yaguarón en Paraguay.

Este tipo de ejemplos mueve, conmueve y despierta en las personas de cualquier estrato social o nivel intelectual, las siguientes reacciones:

- Relacionar que la naturaleza humana está condicionada a los climas regionales y eso nos da una capacidad de sobrevivir en zonas aparentemente adversas y que fuera de esos ambientes nos dificulta la sobrevivencia.

- Que cada ecorregión nos ofrece aportes fundamentales para nuestra alimentación y que omitirlos nos produce estragos en la salud, especialmente entre los marginados, quienes se llenan de comida chatarra o rica en hidratos de carbono.

La valoración de las tecnologías autóctonas como ejemplos de tecnologías limpias, que pueden ser adaptadas en función a la demanda de propuestas del desarrollo sostenible. Tecnologías que mantenían el equilibrio natural y social de las poblaciones, y pueden ser valorizadas con todo el rigor científico, demostrándonos la sabiduría popular. Con esto se demuestra que mucho del conocimiento tradicional o popular, puede ser aprovechado, mejorado y contribuir con la ciencia y tecnología modernas. Dentro de la tecnología, se pueden analizar instrumentos tradicionales de pesca, sistema de

dormideras para atrapar peces, sistemas de conservación de peces, harina de pescado, prácticas para el mantenimiento de las especies, maderas asociadas a las construcciones acuáticas, sistemas de viviendas, recopilación de información referente al pescado y a la pesca. Ejemplos recogidos de la memoria colectiva: *El pescado no se debe colocar bajo la luz de la luna, pues acelera rápidamente su descomposición.*

Lo presentado aquí son diversos ejemplos que pueden ser usados y adecuados a cada región natural y cultural, y es un aporte que se puede hacer desde las Ciencias Sociales a las Ciencias Naturales.

Es muy probable encontrar semejanzas en los recursos naturales que ofrecen los diversos humedales. Encontraremos también similitudes en los grupos étnicos que los habitan y, por ende, usos y costumbres similares. Por este motivo, los estudios e investigaciones realizadas en sitios semejantes, nos facilitarán los datos para conocer y valorar sitios donde se tenga menos información.

Estos aportes servirán para analizar tanto las prácticas positivas como las dañinas y proponer las soluciones más adecuadas, según hoy nos plantea el manejo sostenible. Los aportes que puedan realizarse a partir de las investigaciones de la Antropología y la Historia contribuirán, en gran medida, para que en las campañas de educación y concientización a los pobladores del presente, puedan darle un valor cultural mucho mayor.

A algunos les puede parecer utópico pensar en una sostenibilidad a largo plazo ante las demandas alimenticias y otras necesidades de una población cada vez más empobrecida. Pero si no lo hacemos y nos esforzamos a encontrar soluciones más apropiadas, peores consecuencias se tendrán.

Con este aporte realizado desde las Ciencias Sociales, se puede cooperar con los especialistas de las ciencias ambientales y, como producto del trabajo interdisciplinario, podemos lograr implementar la sostenibilidad ambiental y social.

Propuestas para una solución sostenible

- Investigación y recopilación de datos de la memoria colectiva de los pobladores. Este proceso tiene una doble entrada, ya que al realizar el

levantamiento de datos se está demostrando a los lugareños que su saber es muy importante. Este levantamiento de datos deben realizarlo personas sensibles y bien entrenadas, que tengan presente en todo momento, que es un proceso para interactuar con el lugareño, revalorizando su papel. De nada servirá que vengan personas con una actitud de superioridad y de menosprecio hacia el lugareño y su ambiente.

- Con los datos obtenidos de las distintas investigaciones, realizar campañas de educación devolviendo a los pobladores la información que se obtuvo de ellos y, al mismo tiempo, demostrarles el valor de ese conocimiento. Esta campaña de educación y concientización debe hacerse en los distintos estratos sociales e institucionales.

- Este proceso de devolverles su información y que ellos se den cuenta que tanto su entorno, sus conocimientos, sus recursos y su historia local son importantes y están dentro de un contexto de macro región, es fundamental para elevar la autoestima individual y colectiva y asegurar su pertenencia al lugar. Dentro de este plan, se deben prever campañas de educación por radio, la población rural quiere sentirse identificada con las informaciones, comentarios y aportes que dan las radios. Se ha demostrado que los programas que contienen información referida al entorno de los grupos sociales afectados, son escuchados y tenidos en cuenta. También brindan un efecto positivo inmediato las campañas con teatro, formando elencos locales y trabajando sobre su problemática. El teatro puede decir y demostrar, haciendo uso de lo cómico o lo dramático, cosas que muchas veces crearía problemas si lo decimos en una charla.

- Diagnósticos y soluciones participativas. Es el otro elemento que, si se lo realiza bien, simplifica y puede prevenir muchos conflictos posteriores. En la medida que se concretan, se les puede demostrar -sin ofenderlos- los errores cometidos o las propuestas equivocadas.

- Para lograr la sostenibilidad en los procesos sociales, toda acción debe plantearse realizarla en un proceso mínimo de tres años, sin perder de vista el seguimiento.

- No es factible encarar sólo educación. El plan debe ir acompañado siempre de acciones cortas, realizables, motivadoras, útiles que contribuyan a la resolución de problemas existentes. Esta relación entre

la teoría y la práctica acelerará el proceso para disminuir las cargas negativas sobre los humedales.

Los humedales en la conservación del patrimonio cultural

La gran extensión territorial de los humedales, sean éstos clasificados por el tipo de formación geológica, latitud y altitud, nos aportan un esquema básico para que hoy, dentro de las nuevas propuestas de desarrollo cultural y sostenible, puedan brindarnos todas ellas un bagaje importante de conocimientos.

Para este fin, es fundamental determinar la macro-región en donde se encuentran y una vez definido su territorio, investigar todas las culturas que lo ocuparon. Con esos datos, buscar la influencia de cada cultura en ese territorio.

De todo ese proceso en el presente encontraremos datos en el patrimonio intangible de sus habitantes, en la toponimia, en la nominación de la flora y la fauna, en las costumbres, creencias, técnicas, etc. Este conocimiento nos ayudará para encontrar respuestas y potenciar usos en favor de un desarrollo sostenible y ecoturismo.

Humedales del Ypoa y Ñeembucú: un ejemplo de los valores culturales

A continuación se mostrará parte de los elementos compartidos a nivel local, regional y universal de un humedal, partiendo de las culturas que usufructuaron el mismo recurso en distintas etapas de la historia.

1. Grupos étnicos.

Paleo Amazonide o Preguaraní

Los estudios arqueológicos de la zona son escasos, pero se detectó la antigüedad de los pobladores de la cultura paleo-amazonica, que seguían la vía fluvial del río Paraguay con dirección norte, como lo indican los hallazgos de Belén al sur de Concepción, los montículos de Pindoty en Yvytymi y los hallazgos del lago Ypacaraí.

Los datos que se poseen son muy pocos, pero se los coloca dentro de los LAGUNEROS MONTICULARES, es decir que realizaban cultivos en las pequeñas elevaciones de los lugares bajos que siempre habitaban, preferentemente lagunas. Esta ola migratoria es preguaranítica.

Los restos arqueológicos encontrados son: material lítico primitivo, compuesto de piedra clivada, pedazos de morteros, piedras rompe coco y otros elementos. Los fragmentos de cerámica indican estilos diferentes, el más común es el de cerámica lisa o lineal surcada, entrelazándose fragmentos de la cerámica incisa del tipo paleo-guaraní.

Sin embargo, en las islas Mocito y Caapucumí, abunda la cerámica incisa con diseños muy variados, pero toda ella muy fragmentada.

Teoría sobre el origen de los moluscos

1. Se considera que fueron sedimentados por las corrientes de aguas depositadas por el gran mar



Figura 1

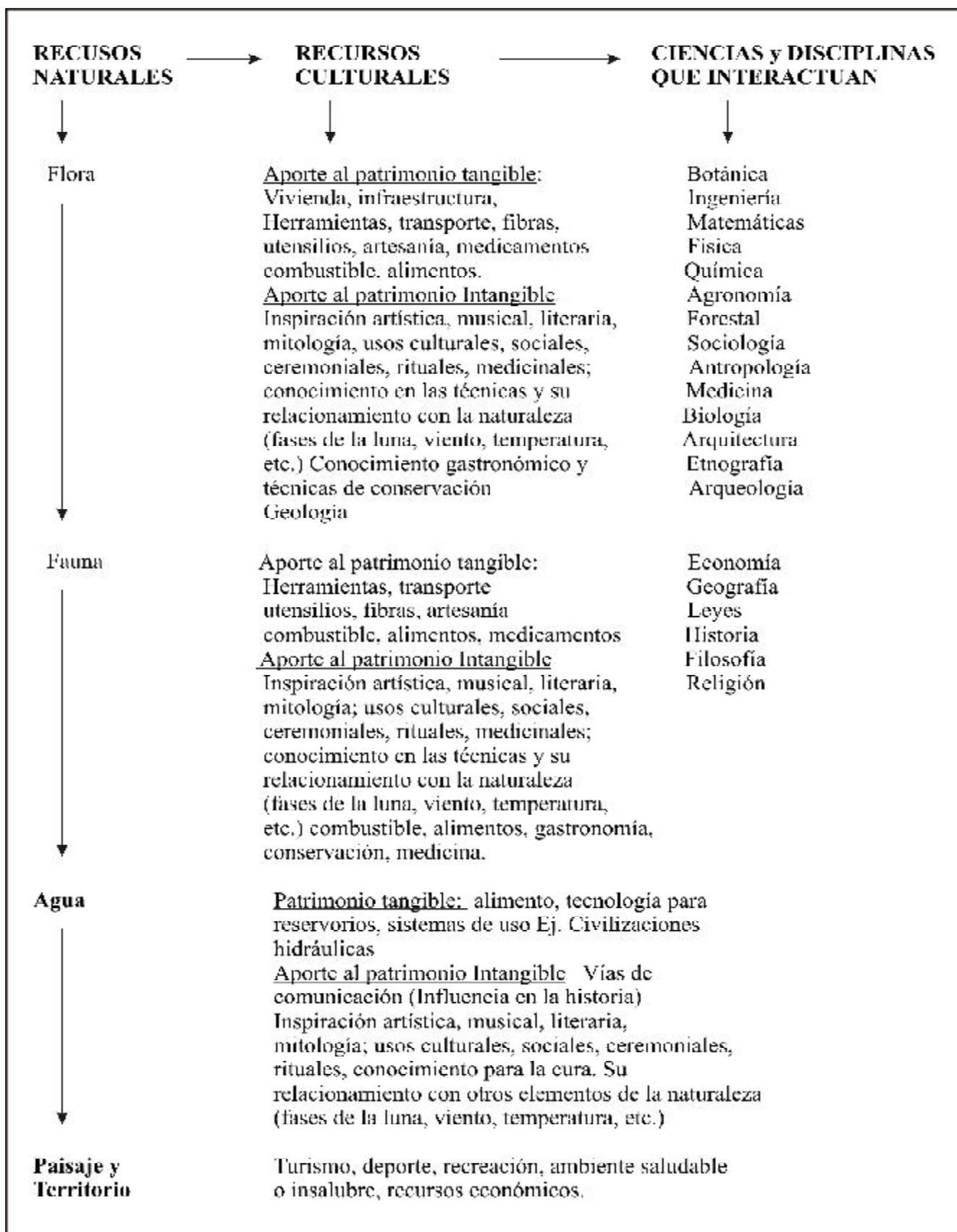


Figura 2. Esquema del relacionamiento para el uso sostenible de los humedales.

que alguna vez fue. En estas islas y sus alrededores, se encuentran gran cantidad de cantos rodados, algunos solidificados con otra masa ígnea.

2. Que fueron depositados por las aves consumidoras de moluscos, entre ellos el taguato caracolero.

3. Que estas islas hayan sido habitadas por los paleo-amazónides, laguneros, preguaraní, que generalmente ocupaban los lugares altos cercanos a lagunas y los hayan usado como alimento.

En la zona de Quiindy, en el borde del lago se realizaron investigaciones sobre una formación semejante, encontrando restos óseos con 4.000 años de antigüedad, según estudios de Pallestrini.

Entre los años 1986-1988 se ha hecho un estudio arqueológico en el lugar denominado Frutos, del Distrito de Caballero, en el Noveno Departamento, que se denomina “el Hombre Prehistórico del PY-PUKU”. Laguneros, dando una antigüedad máxima de 3.600 años. Dataciones obtenidas por el estudio del Carbono 14 procesadas en el laboratorio GIL-SUR-YVETTE (FRANCIA).

Un buen levantamiento de datos y los estudios correspondientes de los restos cerámicos, líticos y óseos encontrados en la zona, podrían determinar la antigüedad del hombre y de los moluscos en ese lugar.

Existen datos de que habitaron la zona hombres primitivos. Las tres hipótesis son válidas. La cantidad de restos de moluscos en esa proporción y características son propias del lugar. Hasta el momento no se tienen versiones de otros lugares.

Caracterización de los sitios arqueológicos de la zona

El estudio presentado a continuación pertenece a la investigación realizada por Jorge Vera, basada en los trabajos de Pallestrini y Perasso, investigadores de Paraguay.

El enfoque de la investigación de esta unidad se aborda desde el aspecto etnoarqueológico, que consiste en la relación de los sitios identificados con el fenómeno de ocupación del espacio local y regional por un componente étnico de antigua tradición, registrados en los resultados de la investigación de Arqueología Prehistórica, llevada a cabo por el Instituto Paraguayo de Prehistoria y el Museo

Arqueológico y Etnográfico Guido Boggiani de San Lorenzo, en los años 1989 y 1990 en el sitio Ypoa del distrito de Quiindy. Las dataciones realizadas por el método del C14 (Carbono 14) en el Centre des Faibles Radioactivities. Laboratoire Mixte CNRS-CEA/Gif Sur Yvette-France, dieron una franja de ocupación humana entre 1420 a 1060 años antes del presente (1950).

Sitios insertos en unidades geomorfológicas homogéneas en forma de islas o pequeños relieves topográficos que sobresalen de los humedales.

Estos sitios presentan la particularidad de poseer capas superpuestas de moluscos con material LÍTICO y CERÁMICO en superficie. Reciben en Brasil el nombre de SAMBAQUI; palabra de origen nativo y significa tamba (caracol) y ki (depósito). En países de habla francesa son denominados ESCARGOTIERES, EN PAÍSES DE LENGUA INGLESA SHELLS-MOUNDS; en los países escandinavos KJOKKENMODINGERS, en el Japón KAIZUKA Y CONCHEROS.

Sitios arqueológicos localizados

Se han localizado geográficamente cinco sitios arqueológicos de interés científico-cultural e histórico-cultural, con las siguientes características:

Sitios arqueológicos insertos en unidades geomorfológicas homogéneas o Sambaquí. Estas unidades están caracterizadas como testimonios de instalaciones humanas en forma de pequeños relieves topográficos que sobresalen de los humedales del lago Ypoá en la forma de islas. Estas islas presentan un sinnúmero de sobreelevaciones de altura y dimensiones diversas, las que a su vez están constituidas por capas superpuestas de moluscos y tierra, con evidencias superficiales de material lítico y cerámico y recubierta de vegetación: grama, arbustos y árboles. Otras islas están localizadas al inicio mismo del espejo de agua del lago Ypoá, como el caso de Tarumá Fondo, distrito de Quiindy.

El territorio delimitado por la unidad ambiental categorizada como islas de los humedales del lago Ypoá, está inserto en un ambiente de características homogéneas. Estas características se constituyen en los indicadores válidos para la localización de los sitios arqueológicos identificados y a identificarse:

a. Sistema geomorfológico: estructura geológica local y regional.

b. Sistema hidrológico: espejos de agua, humedales y la cuenca hídrica del lago Ypoá.

c. Sistema fitogeográfico: vegetación característica de humedales y tierra firme.

El hombre de Pypucú en Paraguay

El hombre de Pypucú en Paraguay, es el de Arene Candide en Italia, el Dolni Vestonice en Moravia, el Zaniatnianina en Rusia, el Combe-Cepelle en Francia. Del hombre de Barma Grande IV, en Liguria, Italia se dijo: “individuo Carbonizado in situ; sin orientación: muslos ligeramente flexionados sobre la cintura pélvica y pierna en flexión forzada sobre los muslos”.

Mucho se habló, también, de adornos postmortem. En el Sambaquie de Burucão (Guarujá-Estado de Sao Paulo) y en Pypucú, encontramos situaciones análogas a las descritas.

La arqueología pone en evidencia la ausencia de fronteras, barreras inútiles y artificiosas. Si bien existen adaptaciones regionales, estas se manifiestan dentro de un “corpus” homogéneamente estratificado.

Este hombre *cuasi* único, ocupó las “islas” de Frutos, en Paraguay; las grutas de Dordogne, en Francia y las de Minas Gerais, en Brasil. Intentó dominar su medio ambiente de varias maneras, e instalándose donde fuera más conveniente.

Por ejemplo: un cuchillo hecho de piedra es muy similar en el altiplano, en las selvas subtropicales de Paraguay o Brasil, o en las cuevas de Altamira (España): hay sólo diferencias de tiempo, pero la secuencia de gestos que concluyeron en un cuchillo son las mismas.

Hoy podemos hablar de una arqueología sin fronteras intentando demostrar que el hombre se instaló en un sustrato ambiental específico, aprovechándolo según sus necesidades y sus aptitudes.

Construyó sus viviendas, sus talleres primitivos para el trabajo con la piedra. El hábitat de los vivos y de los muertos se estructuró en su relación biunívoca de vida y postvida. La reconstrucción de la existencia del hombre y su proceso evolutivo es semejante en Paraguay Brasil, Francia, Italia, etc.

En la Isla D, se encontró la datación más antigua que hoy se conoce: Nivel I 400 a 450 años antes del

presente (aap); Nivel II entre los 550 a 600 años (aap) y el Nivel III, 3600 a 3660 (aap).

El hombre de Pycucú desarrolló el arte de hacer cerámica, de trabajar la piedra, de vivir día a día y convivir con la muerte y su misterio, que él intentó suavizar con los anexos de las sepulturas. Este habitante confeccionó sus viviendas en un ambiente semiacuático, que supo aprovechar al máximo de sus habilidades manuales e intelectuales, favorecido por la abundante fauna y flora útiles a sus propósitos, y la buena disponibilidad de arcilla y rocas (el hombre prehistórico del Pycucú, Luciana Pallestrini, José Perasso y Ana M. Castillo).

Estos paleoamazónides eran cultivadores de montículos, lo que se pudo verificar en Pindoty Yvytymiense e Ypacaraiense.

Los Kaingang-Ge del sur del Brasil, manifiestan un carácter batallador en sus relaciones interpersonales e intergrupales; las batallas entre las bandas vecinas constituyen casi una norma cultural. Las guerras intertribales más frecuentes eran con los Tupi Guaraní y Charrúas, pero los españoles ya los encontraron marginados y parcialmente guaranizados.

Los Nambicuaras de la meseta del Matogroso, defiendían su territorio contra las tribus norteñas a manera de una guerra de exterminio, quemaban sus aldeas y repartían el botín entre guerreros.

Primeros pobladores en la zona del Ñeembucú

Investigadores de la Universidad Nacional de Pilar, liderados por José María Gómez (2000), rescataron en la zona de Cerrito (Ñeembucú) vestigios de la presencia en la región de los paleoindios que llegaron antes de la era cristiana, que fueron desarrollando estrategias adaptativas para explotar recursos de la ecorregión.

El material lítico está compuesto básicamente por puntas de piedra, atadas a vástagos de flecha y a puntas de lanza, y hachas manuales de piedra. Estos artefactos de piedra son semejantes a los hallados a lo largo de la ruta de los antiguos pobladores del continente, que partían de Mongolia, pasando por Beringia, Alaska, Norteamérica, América Central, el macizo montañoso de América del Sur hasta el extremo austral del continente.

Los vestigios arqueológicos de estos paleoindios cazadores y recolectores, se sitúan cerca de Nuevo

México entre 9.000 y 8.000 a.C. La ruta que pasa por Turrialba y los Andes ecuatorianos, llega hasta la Patagonia a través de la cadena montañosa andina. Entre 4000 y 2000 a.C. se encuentran artefactos de los paleoindios Ge en el planalto oriental brasileños. (Fiedel, 1996; Susnik y Chase Sardi, 1996).

- Los protopobladores Kaingang Ge, cazadores, pescadores y recolectores, especificaron la cultura de los Macro G, que descendieron del planalto brasileño y se adaptaron a los lugares más altos. Estos antiguos pobladores habrían estado ya en Ñeembucú hacia el 2000 a.C. Sobrevivían de la caza, la pesca y la recolección. Su conocimiento de la ecorregión, su dinámica y posibilidades de manejo se fue acumulando desde entonces, transmitida de generación a generación.

- Los Mbya, que llegaron a la región hacia el 1000 y 400 de la era cristiana, asimilaron a los Kaingang, y recibieron y acrecentaron ese capital cultural. El equipo de investigadores de la Universidad Nacional de Pilar también halló en varios cerritos piezas de cerámica guaraní, básicamente urnas funerarias.

- Los cazadores-recolectores del Chaco, que intensificaron sus incursiones antes de la llegada de los europeos, particularmente los Payaguá, que mantenían el dominio de los cursos de agua, incorporaron a ese hábeas de conocimientos nuevos; el cachiveo de hecho constituye la supervivencia de la canoa payaguá, construida de una sola pieza de madera.

En el periodo prehispanómico, la región ribereña estaba ocupada por los Tupi-Guaraní que utilizaron los ríos Paraguay y Paraná constituyendo la expansión colonizadora. En efecto, los ríos Paraguay y Paraná constituyeron la principal vía de comunicación de la región desde siglos antes de la llegada del europeo.

Los hallazgos arqueológicos permiten reconstruir confiablemente las rutas de la expansión colonizadora de los Tupi-Guaraní a lo largo del sistema fluvial Paraguay-Paraná, ya desde tiempos anteriores a la era cristiana. (Brochado 1989; Noeli, 1994; González 1993).

Carios-Guaraní

Los Carios Guaraní, que constituían un grupo muy numeroso a la llegada de los españoles, habitaban la comarca asuncena y parte de la zona del Ypoá. Según Branislava Susnik, los Carios se impusieron a los primeros habitantes, dominándolos y

absorbiéndolos. En toda la zona de estudio se han encontrado restos arqueológicos de ambas culturas.

Los Guaraníes en la expansión de su cultura utilizaron, desde remotos tiempos precolombinos, uno de los ríos más extensos del planeta, y le dieron su nombre: Paraguay, que significa el río de los hombres del mar (*para* = mar, *guá* = perteneciente o oriundo de, e y agua o río). Esta es la definición más probable de todas las que se tienen.

A principios de la era cristiana, más de mil años antes de la llegada de los europeos, los Paranagua o Paranaes, que luego se especificarían como Mbya, ocupaban el territorio entre el Tebycuary y el Paraná y tenían su asiento principal en la isla Yacyreta.

Estos cultivadores de mandioca y maíz, encontraron establecidos en la región a los Kaingang cazadores y recolectores, asimilándolos progresivamente. Con la conquista y la colonización se intensifican, desde el siglo XVI, el tráfico fluvial, y los nativos canoeros que mantienen su autonomía se desplazan a los tributarios del Paraguay y Paraná, a lugares menos accesibles de las cuencas de los ríos Tebycuary, Ypané, Monday, Acaray, etc).

Influencia de la colonia en la región

En 1526, Alejo García con otros españoles guiado por los indios de la costa del Brasil, realiza la primera travesía, reconociendo las tierras del sector y llega hasta el Perú (muere en 1527).

En el mismo año, Sebastián Gaboto penetra por el Paraná; Uruguay y Paraguay. En 1536 se organiza en forma precaria el puerto o fuerte de Buenos Aires. En 1537 es fundada Asunción sobre la bahía del Paraguay y se convierte, en las primeras décadas de la conquista, en el centro colonial más importante, hasta la fundación de la ciudad y puerto de Santa María de los Buenos Aires.

Durante ese lapso, son las huestes que parten de Asunción las que protagonizan todas las fundaciones de tierra adentro, traspasando el Paraguay y el Paraná en los cuatro puntos cardinales, dando origen al último proceso de colonización de la Cuenca del Plata.

Con la llegada de los españoles a la tierra dominada por los Carios-Guaraní, éstos ofrecen sus víveres, su hospitalidad y sus mujeres para sellar el pacto con los españoles y recibir, a cambio, protección y apoyo

para luchar en contra de sus eternos enemigos, los nativos del Chaco.

La zona de estudio, estaba poblada por los Carios, Caraibá y Acahyences Guaraní. Según Schmidl los Caraibá habitaban la región limitada al oeste por el lago Ypoá y los pantanos del Villeta, al sur por el Tebicuary, al norte por la frontera y al este por el cerro Acahay.

Aguirre delimita el territorio de la provincia del Acahay de la siguiente manera: “Está limitada aproximadamente por el Tebicuary al sur, el cerro Acahay al noreste, la cordillera al norte y el Tebicuarymí al este”.

Estos grupos eran los dueños de estas tierras hasta la llegada de los españoles. Se realiza el mestizaje, que, con los años, forma la unidad cultural que da origen al paraguayo. Es a partir de este fenómeno social, lo que da lugar a la creación de los primeros asentamientos bajo la dominación española. De esta manera se forma el núcleo cultural-mestizo del Paraguay y del Río de la Plata.

La población quedó protegida por un cinturón formado por el ecosistema del Caañabé-Ypoá. Esta zona fue muy rica en cuanto a elementos naturales con los cuales la población se abastecía casi en su totalidad, necesitando muy poco de la ciudad.

Esto se expresa en la cerámica, los tejidos de lana y algodón, la cestería, artesanías de fibra vegetal, los frutales, maderas, las salinas y una tierra excelente para la agricultura, juntamente con abundantes peces y animales silvestres.

Los recursos agrícolas y naturales que disponía el Guaraní contribuyeron para esta alianza, factor determinante para los españoles que querían llegar a la Sierra Dorada, como menciona Ulrico Schmidl: “Ahí nos dio Dios el Todopoderoso su gracia divina, que entre los susodichos Carios-Guaraní hallamos trigo turco o maíz y una raíz que llaman madiotín y otras buenas raíces que llaman batatas, mandioca-poropí, mandioca-pepirá. La raíz de batata se parece a una manzana y tiene un igual gusto; también la mandioca-poropí tiene gusto como castaña. También de la mandioca-pepirá se hace vino que toman los indios y maní, mbokaya y otros alimentos más, también pescado y carne, venados, puercos del monte, avestruces, ovejas indias, conejos, gallinas, gansos y otras salvajinas

las que no puedo describir todas en esta vez. También hay en divina abundancia la miel de la cual se hace el vino; tienen también muchísimo algodón en la tierra”.

Se han extraído restos de cerámica y material lítico de:

Carapeguá: *Kaá Ybaté*, urnas con restos óseos y abundante material de cerámica. Barrio Santo Domingo, a un metro de profundidad. Barrio Virgen de los Remedios urnas y utensilios. En la compañía de Cerro Pé, en la chacra de la familia Benítez-Sosa y en el terreno de la escuela Gda. N° 2991. Cañete Cúe; en Mocito Isla, el señor Vicente Ruiz Díaz bajo tierra al tumbiar con el arado y en Altura Hovy excavando un ex cementerio, las dos últimas son islas dentro de los humedales del Ypoá. Así como en la ribera del Caañabé.

Acahay. A orillas del pueblo, abundante material de cerámica perteneciente a distintos momentos históricos.

San Roque González ex Tavapy: cerca de la ciudad por el lado del lago y en la compañía de Matachi-Tavapy.

En Quiindy: a orillas del lago Ypoá en Tarumá fondo y a orillas del arroyo Tobatinguá. En la zona noroeste del pueblo en el lugar denominado Tobatinguá, cerámica, material lítico e inclusive hacha Celt, en este lugar existían varias personas que se dedicaban a fabricar cántaros, jarras y demás enseres domésticos hasta aproximadamente la década el 80.

Los Guaycurúes (los Mbayáes, los Evuevis-Payaguáes, Emok-Tobas, Abipones, Mocovíes y Charrúa)

Los Evuevis-Payaguáes, Pertenecen al grupo paleolítico del gran complejo Chaqueño, son netamente acuáticos, canoeros, solo acampaban en la rivera para ciertos ritos y en forma temporal.

La pesca era su fuente de subsistencia básica, siguiéndole en menor importancia, la recolección o la caza ribereña.

Pescaban desde la tierra, en canoa o a nado usando flechas, arpón y pequeñas redes, pero no empleando la típica pesca del Pilcomayense, hábiles canoeros que pusieron en zozobra a los conquistadores y a los guaraníes, enemigos tradicionales por los asaltos constantes a sus poblados o tabas.

No conocían el anzuelo de hueso, solo usaron el de metal luego de la venida de los españoles. Desde fines del siglo XVI se hablaba del arroz silvestre en el área del Alto Paraguay y el litoral del Paraná. Muchas tribus se desplazaban en la época de la cosecha hacia la laguna Gaiba, entre ellos los Payagua y los Guasarapos.

Recogían el arroz sacudiendo los tallos de manera que los granos caían en la canoa; los Mbayaes adquirían el “nacacodi” por medio del trueque con los Payaguas (Sanches Labrador II, p185, Se supone que el arroz, *Oryza sativa*, se difundió cuando las huestes españolas se dirigieron en busca de El Dorado, creciendo luego la planta como silvestre (Smidt, 13, p. 244) Branislava Susnik Cultura Material p. 65 y 66). Llegaron hasta la provincia de Santa Fe, Argentina. Se extinguieron totalmente en la década de 1940.

Los Payaguá durante la época de Don Carlos

La comunidad Payaguá, perteneciente a los grupos paleolíticos del Chaco, asentada en cercanías de Remanso Castillo era la más tradicionalista, menos mestizada y en comunicación periódica con los chaqueños Toba y Maskoy? (Mocovíes), a quienes prestaban sus canoas, cuando estos acometían algún robo en la orilla oriental.

En 1854, Carlos A. López confinó a toda la comunidad de los payaguaes, compuesta de 300 almas, a las márgenes del río Caañabé, obligándolos a ocuparse de la agricultura. El castigo implicaba un factor deculturalizador: “el cultivo por la canoa”, ensayo que ya se planteaba muchas veces en la época colonial.

En su mensaje del año 1857, López confirmó que “viendo la buena conducta.” de los payaguaes de Caañabé, les permitía volver “a las playas de esta capital”.

En realidad, los confinados Payaguaes se dividieron en dos grupos; los capitaneados por Eugenio Carrillo volvieron a las playas, pero otro grupo menor quedó por más tiempo en el Caañabé, si bien no se dedicaban a la agricultura. Al parecer, este grupo se desintegró rápidamente por el mestizaje con los mulatos. Es una de las pocas referencias que se encuentran de la existencia de mulatos en Carapeguá.

Acontecimientos en la época colonial

Zona de los primeros enfrentamientos entre guaraníes y españoles, donde son sometidos luego de una cruenta batalla el 3 de mayo de 1560.

Primeros asentamientos y ciudades de la conquista sobre las poblaciones Guaraníes.

Primer documento del Rey en 1537, que daba la autonomía de elegir Gobernador.

Primeras elecciones por el sistema de voto directo en Asunción.

Asentamiento de los Franciscanos para la cristianización, fundando las primeras reducciones desde 1596.

Asentamiento de los Jesuitas tomando los asentamientos Franciscanos de San Ignacio y paulatinamente apoderándose de las tierras desde el sur del Río Tebycuary, traspasando el Río Uruguay.

Lucha por el poder económico entre los gobernantes de Asunción y la hegemonía jesuítica denominada Revolución Comunera, donde vencen los Jesuitas, muriendo nuevamente miles de guaraníes y mestizos.

Primera incursión Independentista desde Buenos Aires para someter al Paraguay al Gobierno de Buenos Aires, Expedición de Belgrano.

Época Independiente

Guerra de la Triple Alianza escenario principal y por tres años de la guerra

Los humedales favorecieron la conservación de los siguientes aspectos del patrimonio Cultural:

Idioma

Religiosidad

Alimentación

Sabiduría ancestral

Artesanía

Tecnologías apropiadas

Transporte

Mitología, leyendas, rarezas y casos en torno a los humedales del Ypoá

Cosmovisión Guaraní

Se presentará a continuación una serie de interpretaciones sobre la forma de ser del Guaraní y su cosmovisión realizada por Francisco Américo Montalto extraído de su libro “Panorama de la realidad histórica del Río de la Plata y Paraguay”, por considerarlo una base importante para reinterpretar las leyendas, la mitología y la forma de ser del Guaraní y de qué manera esta sabiduría traspasó al paraguayano y nos llega hasta el presente.

CONSIDERACIONES FINALES

Como expresión singular de la influencia de sus condiciones de vida, su fisiología, y en un medio preponderantemente boscoso, los Guaraníes tenían ojos de mirar vivaz, ora de movimientos lentos, parsimoniosos, majestuosos; ora ágiles, dúctiles y flexibles como el puma, con el que rivalizaban y compartían el dominio de la selva. «A pesar de su natural bondad, tienen carácter vivo y belicoso», dice Fray Bernardo de Armenta.

A la constitución física del Guaraní se le agregaban cualidades psicológicas (psicofísicas) y morales particulares; las cuales, por corresponder a un hombre en etapas primarias de vida, la comunitaria, durante el período neolítico superior y en un medio selvático, las manifestaban en su carácter reconcentrado, pero alerta; ingenuo, pero astuto; sobrio, pero desatado en sus festines; fuerte, pero dócil a sus determinaciones voluntariamente aceptadas; sereno, pero de reacciones vivas y violentas.

La clave de los distintos matices de sus sentimientos nos la da su idioma. Así, «marangatu», quiere decir bueno; «angeko», alma con penas; «mbyasy», dolor; «anguekoi», en sentido figurado, congoja, pena; «angatu», alma buena; «angary», alma alegre; «mbaé-pora», bienhechor; «mbae-rechacua'a», reconocido; «agüiye», grato, querer; «agüiyevete», gratitud; «koty», amigo, y también, espacio, cuarto; «hayhu», amar, querer; «techagau», extrañar; «poverekua», amabilidad, «poriajhugueroko», misericordia; «môsaka», amistad; «anemoag», pensar; «po'a», suerte; «ahô», suspiro.

En cuanto a sus cualidades éticas y morales, nos dice D'Orbigny,² que los estudió en su ser natural: «Son generalmente buenos, afables, francos, hospitalarios, fáciles de persuadir y siguen ciegamente un principio, una vez aceptado». Su moral no tenía el contenido ético ni las disposiciones normativas del cristianismo. Por eso sorprende la desnudez en que vivían y otras costumbres.

CASOS DE ESTUDIO

PROBLEMÁTICA DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA DEL TIGRE, GUATEMALA

MANAGEMENT PROBLEMS AT LAGUNA DEL TIGRE NATIONAL PARK WETLANDS, GAUTEMALA

J. F. Pérez

Escuela de Química, Facultad de Ciencias
Químicas y Farmacia.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Edificio T-12, Ciudad Universitaria, zona 12,
Guatemala.

B. E. Oliva

Escuela de Química, Facultad de Ciencias
Químicas y Farmacia.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Edificio T-12, Ciudad Universitaria, zona 12,
Guatemala.

K. Herrera

Escuela de Química Biológica.
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Edificio T-12, Ciudad Universitaria, zona 12,
Guatemala.

F. Castañeda

ProPetén. Ciudad de Flores, Petén,
Guatemala C. A.

RESUMEN

El Parque Nacional Laguna del Tigre, ubicado en la Reserva de la Biósfera Maya en el norte de Guatemala, es el área protegida de mayor extensión en Guatemala. Dentro del Parque se encuentra el Biotopo Laguna del Tigre-Río Escondido el cual es administrado por el Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el objetivo de investigación sobre la conservación en la Biosfera Maya. En la parte occidental del Parque se encuentra el humedal de mayor extensión de Centro América, declarado de importancia internacional por RAMSAR en 1990 y 1999, debido a las numerosas especies de aves migratorias que lo utilizan como refugio. La integridad ecológica del humedal se ve amenazada por la extracción petrolera que se efectúa en el parque y por el crecimiento de las poblaciones asentadas en el mismo. La deforestación y la contaminación de ríos y lagunas son las principales consecuencias de la migración humana hacia el Parque, facilitada por la apertura de caminos por parte de la petrolera.

Diferentes estudios sobre la calidad del agua se han efectuado, habiéndose determinado varios parámetros fisicoquímicos. Como parte de la proyección de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia se encuentra ejecutando un proyecto sobre la calidad fisicoquímica del agua en ríos y lagunas del parque, incluyendo el análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), los cuales son indicadores de contaminación por petróleo.

Palabras claves: Humedales, contaminación, integridad ecológica, biodiversidad, calidad del agua.

SUMMARY

Laguna del Tigre National Park (LNPT) is the largest national park in Guatemala and is located in the north of the country. The Biotopo Laguna del Tigre-Río Escondido is located in the western part of park and is managed by the center for conservation studies (CECON) of the Faculty of Chemistry and Pharmacy of the Universidad de San Carlos de Guatemala. The wetland areas within the park are the largest in Central America and were included as

“Wetlands of International Importance” by RAMSAR in 1990 and 1999, due to its bird fauna richness (256 species are listed for the park) (CECON/CONAP/CI, 2000). The ecology of the Park is threatened by oil exploitation and human colonization in the area. Problems of great concern are deforestation and contamination of lagoons and river water, which are consequences of people migration and expedited by roads created by oil companies. Regarding water chemistry, trends in different chemical parameters were found in studies conducted during the last decade about water quality in the wetland. Actually, the Faculty of Chemistry and Pharmacy analyzed water quality in rivers and lagoons inside the park, focusing in the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), as these compounds are indicators of oil pollution.

Key words: Contamination, ecological integrity, biological diversity, water quality, wetlands.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Laguna del Tigre es el área protegida de mayor extensión en Guatemala. Ubicado al noroeste de Guatemala, en el departamento de Petén, el Parque se caracteriza por una gran biodiversidad, debido a que en el mismo se pueden encontrar diferentes tipos de ecosistemas. En el Parque se encuentran los humedales de mayor extensión de Centro América, los cuales sirven de refugio para una gran cantidad de aves migratorias, motivo por el cual, los humedales fueron declarados de importancia mundial por RAMSAR en 1990 y 1999.

Dentro del Parque se encuentra localizado el Biotopo Laguna del Tigre-Río Escondido, creado con objetivos de conservación y para realizar investigación biológica. Este biotopo es administrado por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A partir de los años ochenta, se iniciaron en el área, actividades de exploración y extracción petrolera por la compañía Basic. Las concesiones fueron otorgadas por el gobierno de Guatemala, antes de la creación del Parque y del Biotopo. Sin embargo, a pesar de que no se ha reportado contaminación significativa por hidrocarburos, es importante que exista un monitoreo continuo en el área. Uno de los principales

efectos de la extracción petrolera en el área del Parque, es la migración de campesinos en busca de tierras, ya que se han abierto caminos que facilitan la invasión de los terrenos del Parque, con la consiguiente deforestación y cambio de uso del suelo.

El objetivo principal del estudio que realiza la Escuela de Química (en conjunto con la Escuela de Química Biológica de la Universidad de San Carlos de Guatemala y de ProPetén), es evaluar los procesos biogeoquímicos y niveles de contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en ríos y lagunas del Parque Nacional Laguna del Tigre, como base para la toma de decisiones de conservación. Para esto, se están realizando determinaciones de nutrientes y parámetros fisicoquímicos, metales y fitoplancton, además de hidrocarburos.

ANTECEDENTES

Descripción del área

El Parque Nacional Laguna del Tigre en la Reserva de la Biosfera Maya, es la más grande reserva de este tipo de bosque en Centro América. La Laguna del Tigre fue declarada Area Protegida según decreto 110-96 del congreso de la República, y tiene un área de 338,566 hectáreas, su estatus corresponde a Biotopo Protegido y Area núcleo de la Reserva de la Biosfera Maya.

El Parque Nacional Laguna del Tigre es el área núcleo de mayor extensión dentro de la reserva de la Biosfera maya, sin embargo, es amenazado por la colonización y el desarrollo, siendo deforestado a una tasa del 0.57 % anual (CECON/CONAP/CI, 2000). El parque está localizado en una zona caracterizada por bosque seco tropical, el cual es un tipo de bosque poco estudiado en comparación con los bosques húmedos tropicales. La topografía del área es baja y plana, con elevaciones que no exceden los 300 m. Los humedales de la parte oeste del parque son los de mayor extensión en Centro América.

La composición del área es piedra caliza del Mioceno, con colinas bien drenadas y suelos superficiales rodeados por áreas bajas con suelos profundos (CECON/CONAP/CI, 2000). Existen varios ríos y riachuelos, destacándose el río San Pedro en la frontera sur del Parque, y otros ríos que lo atraviesan como el Chocop y Escondido que

desembocan en el río San Pedro y los ríos Sacluc y Candelaria. En el área se encuentran numerosas lagunas surgidas de los hundimientos mayores en la piedra caliza.

Entre los diferentes tipos de hábitat se encuentran ciénagas, lagunas, ríos, arroyos, bosques en regeneración y bosques antiguos (CECON/CONAP/CI, 2000). La geología cárstica es común de la región. En la parte oriental del Parque, se ubica el sitio arqueológico maya El Perú, el cual es visitado por algunos turistas.

Estudios realizados en el área relacionados con la calidad del agua

En 1992, Basterrechea realizó una evaluación de la situación ambiental del Parque. Se estudiaron los niveles de agua en el Río San Pedro y en los humedales del Río Escondido-Laguna del Tigre, habiendo determinado que los niveles aumentan y disminuyen sincronizadamente, sin embargo, los valores de los cambios fueron menores en el río Escondido que en el río San Pedro (70 y 160 cm, respectivamente), correspondiendo al mes de diciembre de 1992. (Basterrechea, 1993). También fueron reportadas variaciones en el nivel de agua en las lagunas entre mayo y septiembre, de 30 cm. Se determinó también, la calidad del agua en 10 estaciones en el área de estudio habiéndose encontrado un alto grado de mineralización de las aguas de ríos y lagunas, por lo que no son recomendables para consumo humano (conductividades entre 700 y 2500 mhos).

Se encontraron valores altos de sólidos totales, la alcalinidad y dureza, debido a la lixiviación de rocas cársticas. Sin embargo, los valores de pH en ríos y lagunas, fueron menores a los esperados (alrededor de 7), debido a la neutralización de las aguas alcalinas por la presencia de ácidos húmicos producidos a partir de la descomposición de materia orgánica en los humedales (Basterrechea 1993). Los valores de nitratos y fosfatos, estuvieron en los niveles que se esperan para cuerpos de agua en proceso de eutrofización. A pesar de que en 1992 ya se explotaban hidrocarburos, no se detectaron residuos de dichos contaminantes en las lagunas ni en el río Escondido. Se encontró también, presencia de *Lyngbya* en las lagunas El Toro y El Remate, que indican la existencia

de un proceso de eutrofización y contaminación (Basterrechea, 1993).

En abril de 1999, un equipo multidisciplinario realizó un estudio rápido de la calidad del agua en el área del Parque Nacional Laguna del Tigre, así como de la biodiversidad en los sistemas terrestre y acuático del Parque. En el área del río San Pedro la temperatura varió entre 24.8 y 29.6°C. Se encontraron valores altos de conductividad y valores de pH por debajo de lo esperado, entre ellos valores de pH neutros, debido a la neutralización de aguas alcalinas por ácidos húmicos (CECON/CONAP/CI, 2000). En el área focal de Río Escondido, el agua presentó altas temperaturas (26.0-29.8°C) y los valores de pH estuvieron entre neutros a ligeramente alcalinos (6.99-7.76) Los sedimentos presentaron altos niveles de material orgánico y agua intersticial. La conductividad eléctrica en el principal canal de Río Escondido fue baja, siendo de 1 ms/cm. En el área focal Flor de Luna, el pH de las lagunas era neutro o ligeramente alcalino y la temperatura estaba entre 27 y 29°C. En la laguna Flor de Luna se detectó presencia de ácido sulfhídrico, el cual en combinación con metano reduce la concentración de nutrientes inorgánicos en el agua (CECON/CONAP/CI, 2000).

En el estudio de CECON efectuado en 1999, se evaluó también en forma rápida la contaminación de sedimentos por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), hidrocarburos asociados a la extracción de petróleo, no encontrándose variaciones significativas entre los diferentes cuerpos de agua ni niveles elevados considerables. Se evaluó también el daño en el ADN en tejidos de dos especies de peces, el *Thorichthys meeki* y *Cichlasoma synspilum*, por medio de electroforesis de gel agarosa y flujo de citometría. Según el reporte, se detectó enfermedad superficial (aletas rotas) en peces de la laguna Xan 3 (cerca a un pozo petrolero), lo cual es indicio de condiciones de estrés, y que podría ser motivado por presencia de hidrocarburos del petróleo u otros contaminantes. Se encontró también ruptura de cadenas de ADN en varios peces de los diferentes sitios de muestreo, sin observarse correlación con las concentraciones de HAPs en los sedimentos, aunque podrían existir otros contaminantes no contemplados en el estudio. El estudio concluye que es necesaria una investigación adicional en las conexiones hidrológicas del parque y

sus efectos en la redistribución de contaminantes, así como en los niveles de otros contaminantes (CECON/CONAP/CI, 2000).

Biodiversidad

Se han reportado en el Parque 67 familias, 120 clases y 130 especies de macrofitas acuáticas, entre las cuales la *Salvinia auriculata* es una de las más comunes, reportándose para la misma 44 morfoespecies y 26 familias de insectos.

Un total de 256 especies de aves han sido reportadas en el Parque, entre las que pueden mencionarse el jabiru (*Jabiru mycteria*), y otras como *Tyrannus savanna monachus*, *Laterallus exilis*, *Pyrocephalus rubinus*, *Crax rubra*.

Se estima que el número potencial de especies en el Parque Nacional Laguna del Tigre es de 125. Se han reportado veintitrés especies de murciélagos, dos especies de primates (*Alouatta pigra* y *Ateles geoffroyi*), felinos como el jaguar (*Onca americana*) y puma (*Felis concolor*), así como tapir (*Tapirus bairdii*), pecarí de collar (*Tayassu tajacu*), y venados (*Mazama americana*), entre las especies en peligro de extinción (CECON/CONAP/CI, 2000).

Entre las principales especies de reptiles se destaca el *Crocodylus moreletii*, del cual se considera que la información que se conoce a la fecha es deficiente. Este reptil se encuentra con mayor densidad en las lagunas del parque, aunque el equipo de trabajo ha logrado contabilizar hasta 80 en recorridos nocturnos por el río San Pedro. Se ha reportado que las lagunas Flor de Luna y La Pista son las que cuentan con la mayor densidad de cocodrilos. El cocodrilo utiliza principalmente el sibal como hábitat para su alimentación y construcción de nidos. Se han reportado 22 especies de reptiles y 14 de anfibios. Además del cocodrilo, son abundantes entre los anfibios la rana *Leptodactylus melanotus*, la tortuga blanca (*Dermatemys mawii*) y el reptil *Basiliscus vittatus* (CECON/CONAP/CI, 2000).

Amenazas

Las principales amenazas del Parque son la inmigración reciente que ha importado prácticas de agricultura, desde las tierras altas, las cuales no son sostenibles en el contexto de los bosques de tierras

bajas. Estas prácticas se caracterizan por la deforestación del área y de las continuas rozas, con lo cual se dificulta la recuperación de los bosques, y se provocan incendios forestales que disminuyen el área de cobertura vegetal. Asimismo, el 40% de la reserva se traslapa con áreas definidas como de potencial desarrollo petrolero, estando en operación desde 1990, la compañía Basic Petroleum, Inc, ahora Perenco. Desde entonces, Perenco ha conseguido los derechos para la explotación petrolera en aproximadamente el 55% del área contenida dentro del Parque (CECON/CONAP/CI, 2000). La petrolera ha abierto varios caminos en el área del parque, lo cual ha facilitado la invasión por parte de los campesinos en busca de tierras para cultivo.

La colonización a lo largo de los ríos San Pedro y Escondido ha provocado la deforestación por agricultura de corte y quema, quemándose en ocasiones ciénagas y lagos. La pesca, la caza y la contaminación sin control son otras amenazas serias para la integridad biológica del Parque, surgidas a raíz de la colonización (CECON/CONAP/CI, 2000).

De acuerdo con Corzo (2001), a inicios de 1998 existían 13 comunidades y 3,250 habitantes en el área del parque, mientras que en el año 2000, se ubicaban en el parque y en su adyacencia, con impactos sobre el mismo, 24 comunidades y 6,138 habitantes. De estas comunidades, el 16.7% se ubicaban en la zona de amortiguamiento, pero con impactos directos; un 66.7 % se ubicaban en la zona núcleo y el 16.7% en el Biotopo Protegido, que además es zona núcleo (Corzo et al., 2001). Las zonas críticas en el Parque Nacional Laguna del Tigre se pueden observar en la Fig. 1.

MÉTODOS

Veinte sitios de muestreo se han establecido en ríos y lagunas del Parque Nacional Laguna del Tigre, seleccionados con base en la cercanía de posibles fuentes de contaminación por las actividades humanas en el área, así como en la importancia relativa de las lagunas, para la conservación. En los ríos y lagunas se han tomado muestras de agua superficial utilizando botellas de polipropileno. En las lagunas y en algunos ríos se han tomado muestras de sedimentos por medio de una draga Ekman. Tanto las muestras de agua como las de sedimentos han sido transportadas en hieleras a

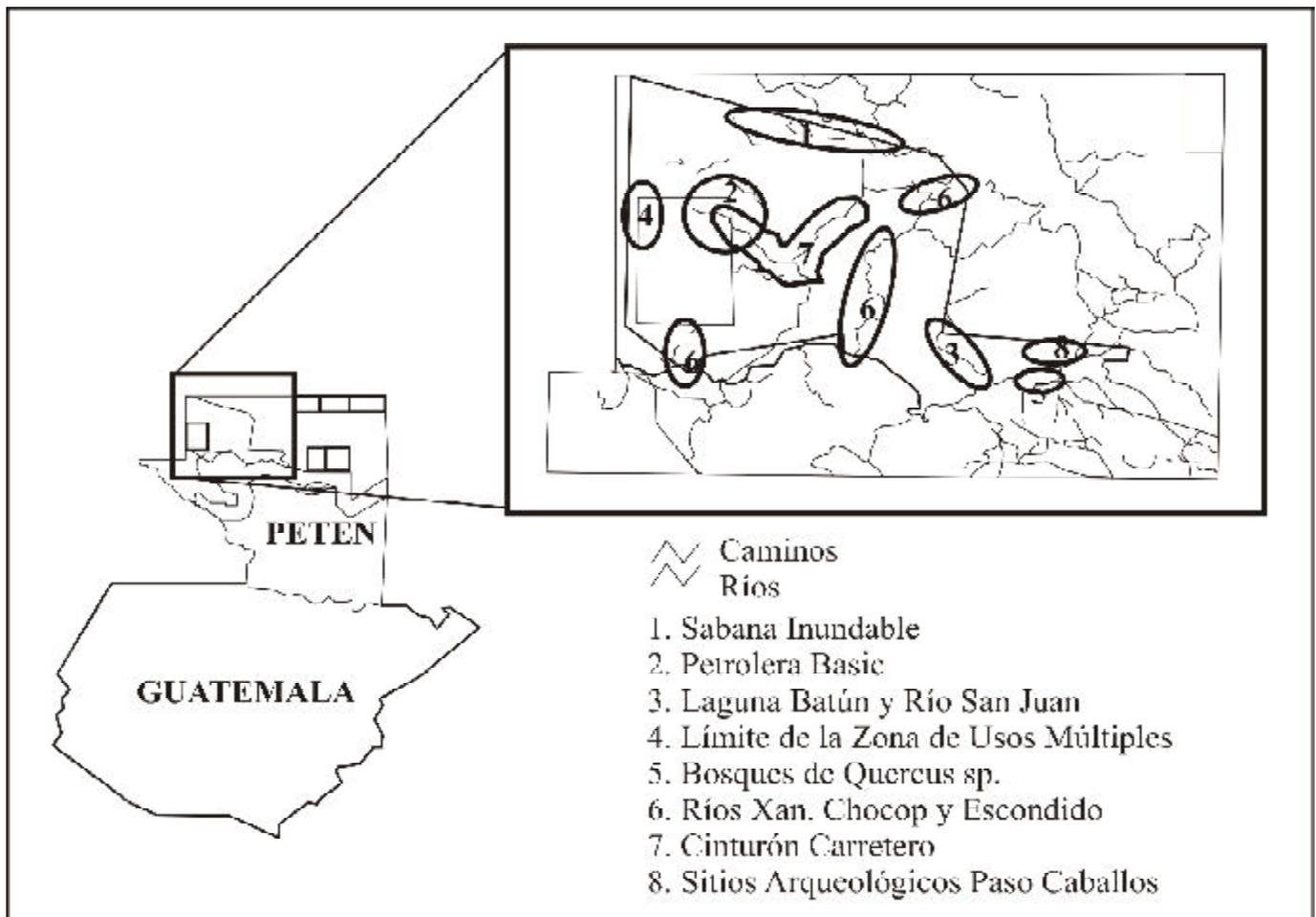


Figura 1. Mapa de Zonas Críticas en el Parque Nacional Laguna del Tigre (CONAP/PNLT/CI, 1999).

una temperatura de 4°C, hasta el laboratorio, donde se conservan en refrigeración hasta que son analizadas. Las muestras de fitoplancton se han tomado utilizando una red de plancton. Los análisis fisicoquímicos se han efectuado en el laboratorio, de acuerdo con metodología de APHA (1992). Los hidrocarburos aromáticos policíclicos serán analizados por cromatografía de gases, luego de la concentración y purificación de las muestras.

RESULTADOS

A partir enero de 2002, la Escuela de Química de la Universidad de San Carlos ha iniciado un estudio que comprende el monitoreo de los niveles de nutrientes y otros parámetros fisicoquímicos en diferentes épocas del año y su relación con la presencia de fitoplancton en ríos y lagunas del Parque Nacional Laguna del Tigre. El estudio también comprende la

determinación de los niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), ya que la extracción de petróleo en el Parque representa una amenaza para la integridad ecológica de las lagunas del Parque.

Hasta la fecha, se han realizado cuatro campañas de muestreo, correspondiendo a los meses de febrero, marzo, junio y agosto-septiembre. Los resultados de los análisis fisicoquímicos y de fitoplancton a la fecha, muestran que algunas lagunas se encuentran en etapa de eutrofización, principalmente por los valores elevados de nitrógeno y fósforo. En la mayor parte de los cuerpos de agua se observaron concentraciones de nitrógeno de nitratos superiores a 1000 mg/L. En general, el pH de los diferentes cuerpos de agua ha sido ligeramente alcalino, con la excepción de los ríos San Pedro, Yalá y Sacluc, que presentaron un pH ligeramente ácido en marzo de 2002.

Por lo general, el agua de las lagunas presenta una conductividad elevada (entre 600 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), la cual disminuyó en junio a niveles inferiores a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los ríos de la parte oriental de la cuenca, presentaron niveles de conductividad baja (menores a 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$), durante los muestreos realizados entre febrero y junio. En cuanto a la temperatura, se ha observado un incremento gradual entre febrero, marzo y junio de 2002, alcanzándose en febrero temperaturas máximas no superiores a los 30°C y en junio, temperaturas de hasta 32°C en ríos y lagunas del Parque.

Algunas lagunas se ven afectadas por la presencia de comunidades en sus alrededores, observándose contaminación por aguas residuales y por el uso de detergentes para el lavado de ropa en sus orillas. Se espera contar con los resultados de los análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos en enero de 2003, con lo cual se podrá establecer el impacto de las actividades petroleras en la calidad del agua de las lagunas del Parque.

Otros problemas observados en el Parque por el equipo de trabajo durante las giras de campo, son los siguientes:

1) Invasión de tierras por parte de campesinos, tanto de parte de los que cuentan con tierras en la región, para expandir aún más las que ya poseen, como de campesinos del sur del departamento. Esto conlleva la pérdida de cobertura vegetal por rozas, para dedicarlas a la agricultura de subsistencia, o bien como potreros. Además, algunos campesinos se dedican a la caza ilegal, siendo las presas más buscadas, los jaguares, venados y otros mamíferos de menor tamaño, así como aves; actividades que representan una seria amenaza a la fauna y a la integridad ecológica del Parque.

2) Tráfico de indocumentados, debido a cercanía de la frontera mexicana y a la escasa vigilancia por parte de las autoridades guatemaltecas en el Parque, el área es una ruta de indocumentados centroamericanos hacia Norte América, lo cual motiva que algunos habitantes de la región se dediquen a esta actividad ilegal.

3) Uso del área por parte de los narcotraficantes, lo cual no fue observado directamente pero testimonios de los habitantes del Parque así los indican. Debido a la cercanía del Parque con la frontera mexicana y la poca presencia de autoridades, el área es propicia para el narcotráfico.

Es muy frecuente encontrarse con campesinos fuertemente armados.

CONCLUSIONES

Es necesario establecer un programa de monitoreo de la calidad del agua en ríos y lagunas del Parque Nacional Laguna del Tigre en largo plazo, para determinar el impacto de las comunidades humanas, de las actividades de extracción de petróleo y de la ganadería, ya que el parque y el biotopo fueron creados con fines de conservación y la integridad ecológica de los diferentes ecosistemas localizados en el área, depende del recurso acuático. Los resultados a la fecha no permiten aún establecer si las actividades de extracción petrolera están ocasionando un impacto significativo en las lagunas situadas en la parte occidental del parque, sin embargo, la apertura de caminos ha facilitado la depredación de los recursos naturales y el asentamiento de nuevas comunidades que contaminan los cuerpos de agua.

Entre las acciones que debe ejecutar la administración del Parque Nacional Laguna del Tigre, en conjunto con la Universidad de San Carlos de Guatemala, como entidad administradora del Biotopo, se encuentran el establecimiento y desarrollo de un programa de educación ambiental, en vista de que la población humana se encuentra en crecimiento, y se ha reportado un incremento en el número de comunidades dentro del parque en los últimos años. El objetivo principal del programa debe ser permitir la convivencia y el respeto de los habitantes por los recursos naturales del parque, con el propósito de detener la depredación de los recursos naturales y la destrucción del hábitat para muchas especies vegetales y animales.

La administración del Parque debe perseguir que en el área protegida exista una mayor presencia de la policía ambiental (SEPRONA), que permita que exista una mejor vigilancia para detener la explotación ilegal de recursos naturales y para combatir otras actividades ilegales que ocurren dentro del parque, como el narcotráfico y el paso de indocumentados rumbo a México, lo cual reduce las oportunidades para desarrollar el ecoturismo en un área con gran atractivo natural. La promoción del ecoturismo debe ser una actividad de importancia para la administración del Parque, lo cual generaría empleo para las comunidades en el Parque.

La extracción de petróleo en los diferentes pozos que la compañía Perenco posee en el Parque Nacional Laguna del Tigre, provoca la emisión de ácido sulfhídrico, el cual posteriormente es convertido en ácido sulfúrico y precipita con la lluvia en el área del Parque. En vista de que la roca kárstica es la que predomina en el área, una disminución en el pH del agua de lluvia puede provocar un daño considerable en los ecosistemas, dada la disolución de la roca por el ácido. Es importante considerar en el programa de monitoreo del parque, el inicio de estudios de precipitación ácida, con el fin de evaluar el impacto de la generación del H₂S por las actividades de extracción petrolera. La Escuela de Química tiene planificado iniciar estos estudios en el año 2003.

Para completar la información relevante para el manejo del Parque Nacional Laguna del Tigre, se hace necesaria la investigación de los ciclos biogeoquímicos, para una mejor comprensión de la dinámica de los ecosistemas acuáticos. Estos estudios también darán inicio en 2003 por parte de la Escuela de Química.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWAA, WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, D.C. 18° Ed. 1193 p.
- Basterrechea, M. 1988. Limnología del Lago Petén Itzá. Rev.Biol. Trop. 36(1):123-127.
- Basterrechea, M. 1993. Humedales del Biotopo Río Escondido-Laguna del Tigre Petén Guatemala. Poblaciones Humanas y Recursos Naturales. 28 p.
- CECON, CONAP, USAID-CI, 2000. Rapid Assessment of the biodiversity of the Laguna del Tigre National Park and Biotope (LTNP).
- CONAP/PNLT/CI, 1999. Plan Maestro 1999-2003 Parque Nacional Laguna del Tigre.
- Corzo, A.R. 2001. Estado Socioeconómico del Parque Nacional Laguna del Tigre hasta el año 2000. PROPETEN/CI.

LA COMUNIDAD DE EPÍFITAS VASCULARES DE CIÉNAGA LUGONES, RESERVA DE LA BIOSFERA "PENÍNSULA DE GUANAHACABIBES", CUBA

THE VASCULAR EPIPHYTES COMMUNITY FROM CIÉNAGA LUGONES,
BIOSPHERE RESERVE "PENÍNSULA DE GUANAHACABIBES", CUBA

Jorge Ferro Díaz jferro@ecovida.pinar.cu
Freddy Delgado Fernández freddy@covida.pinar.cu
Centro de Investigaciones y servicios Ambientales (ECOVIDA),
CITMA Pinar del Río. Colón No. 106 e/ Maceo y Virtudes
CP 20100 Pinar del Río, Cuba.

Noel Ferro Díaz
Universidad de Pinar del Río, Cuba.
Martí No. 270 final, CP 20100, Pinar del Río, Cuba.
nferro@af.upr.edu.cu

RESUMEN

Se presenta un estudio de caso que se propuso analizar la estructura y composición de comunidad de epífitas vasculares así como su relación con la vegetación presente en Ciénaga Lugones, una de las áreas más interesantes que integran en gran humedal Istmo de Guanahacabibes. El trabajo de campo se basó en la medición de diferentes aspectos en ocho parcelas de 100 m² distribuidas sistemáticamente en el Bosque de ciénaga, así como en transectos para caracterizar las formaciones vegetales presentes. Como resultados principales se obtuvieron la caracterización de las dos formaciones vegetales, la riqueza de la comunidad epífitica que asciende a 18 especies pertenecientes a seis familias, con una abundancia de 1481 individuos y una densidad relativa de 18512.5 individuos/ha; también se pudo establecer que existe especificidad de hospederos en cuatro grupos de epífitas, con énfasis en dos que se asocian a hospederos que únicamente viven en ciénagas interiores, así como una tendencia significativa a la distribución de las epífitas hacia la parte más baja de sus hospederos dadas las condiciones de humedecimiento del territorio.

Palabras clave: epífitas vasculares, bosque de ciénaga, herbazal de ciénaga, Reserva de la Biosfera.

SUMMARY

A case study that proposed to analyze the structure and composition of vascular epiphytes community as well as its relationship with the present vegetation in Ciénaga Lugones is presented, its place is one of the most interesting areas that integrate in the great wetland "Istmo de Guanahacabibes". The field work was based on the mensuration of different aspects in eight plots of 100 m² systematically distributed in the marshy forest, as well as in transects to characterize the present vegetable formations. As main obtained results we have the characterization of two vegetable formations, the richness of epiphytes community that ascends to 18 species belonging to six families, with an abundance of 1481 individuals and a relative density of 18512.5 individuals by hectare; it could also settle down that host specificity exists in four epiphytic groups, with emphasis in two groups that associate to hosts that only exist in marshy forest, as well as a significant distribution tendency of epiphytes community

toward the lowest part in its given hosts due to the wet conditions of the territory.

Key words: vascular epiphytes, marshy forest, marshy grassland, Biosphere Reserve.

INTRODUCCIÓN

La Reserva de Biosfera “Península de Guanahacabibes” ocupa la porción más occidental del territorio cubano y junto con otras cinco constituye una de las áreas con tal reconocimiento internacional del mayor interés en Cuba. Posee una extensión de 101500 ha (Herrera et al, 1987) y abarca aproximadamente el 80 % de la superficie total del área que conforma a la Península de Guanahacabibes.

Con el propósito de reforzar acciones para la gestión de la conservación, se ha declarado más recientemente el Parque Nacional Guanahacabibes como Zona Núcleo de la Reserva de Biosfera, que además incluye 29 000 ha marinas del litoral sur de la misma (Figura 1).

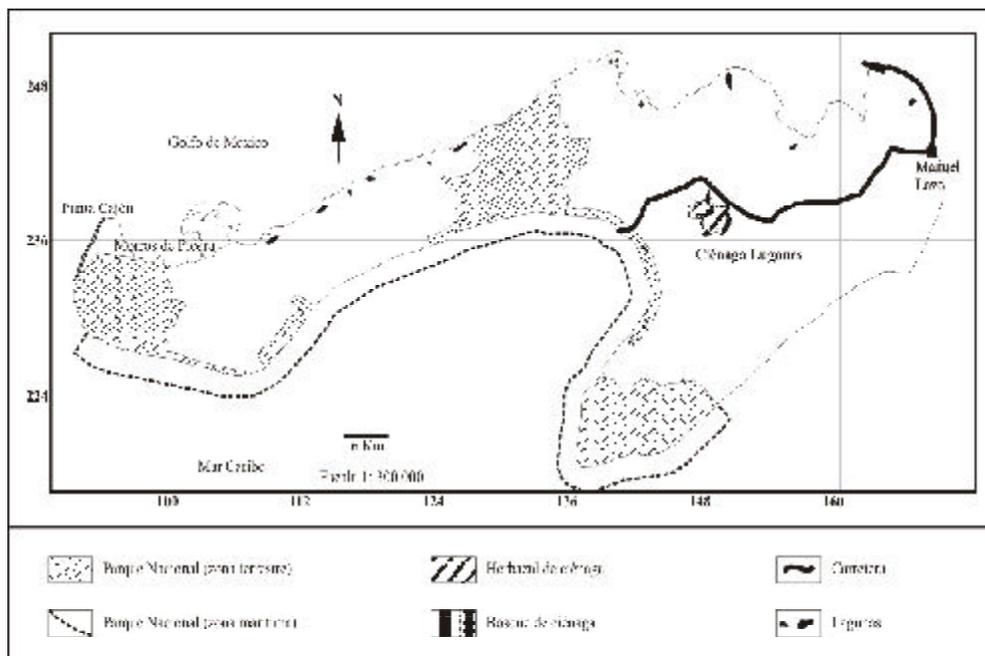
pers.). El resto del territorio (60 %) lo conforma el núcleo cársico principal de la península donde se desarrollan mayormente bosques semidecuidos notófilos (Ferro et al, 1995).

Existen importantes sectores de la Reserva que no quedan dentro de alguna de las áreas en las que inciden rigurosas acciones de conservación. Una de ellas es Ciénaga Lugones (Figura 1), que por su estructura y extensión es la más representativa de este tipo de paisaje dentro de todo el Humedal Istmo de Guanahacabibes (D. Hernández, obs. pers.), encontrándose pues más expuesta a los impactos del manejo.

La flora de angiospermas conocidas en la Península de Guanahacabibes está integrada por unas 665 especies (Delgado, 2000). Este estudio arroja que las familias más ampliamente representadas son *Poaceae*, *Orchidaceae*, *Rubiaceae* y *Euphorbiaceae*. Según el propio autor, en la composición de la vegetación le corresponde a las formas arbóreas la dominancia con un 37 %, las arbustivas representan el 24.1 %; al sinusio epifítico le corresponde un

6.3 %, pero sobre la base de considerar exclusivamente a las holoepífitas o epífitas verdaderas; observaciones sistemáticas de los autores referentes a la existencia en el territorio de otras especies hemiepífitas permiten asumir que es más elevada la manifestación del epifitismo en Guanahacabibes por lo cual se amplían los trabajos referentes a tales comunidades.

Las epífitas vasculares constituyen un grupo de plantas muy diverso llegándoseles a considerar alrededor del 10 % (unas



La región físico-geográfica de la llanura cársica y pantanosa de la Península de Guanahacabibes está integrada en un 40 % por un complejo de ciénagas costeras, esteros, lagunas y pantanos interiores que forman parte del Humedal Istmo de Guanahacabibes el cual recientemente ha sido valorado para ser propuesto como Sitio Ramsar (M.A. Acosta, obs.

29000 especies) del total de las plantas vasculares del planeta (Benzing, 1987; Gentry et Dodson, 1987), lo que es una evidencia de que ellas contribuyen sustancialmente a la diversidad del ecosistema forestal, además de que se les reconoce un importante papel en la producción y el ciclo de nutrientes de los mismos (Nadkarni, 1992).

En el contexto esbozado se ha planteado el propósito de esta investigación, que se ha dirigido a determinar los principales elementos que caracterizan la estructura y composición de la comunidad de epífitas vasculares en Ciénaga Lugones y su relación con la formación vegetal donde tiene lugar.

ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

Ciénaga Lugones constituye una cuenca endorreica de origen tectónico formada alrededor de la laguna Lugones la cual se debe a la falla transversal del mismo nombre que se extiende del NE al SW, donde se verifican otras lagunas similares en el recorrido de esta según la dirección indicada (C. Díaz, obs. pers.). Se ubica en la porción central del sector más oriental de la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes (Figura 1) ocupando una superficie de 853 ha, posee una estructura fisiográfica aproximadamente circular al cual lo conforma una sucesión hidrarcá a partir del lago central, donde se presentan las dos formaciones vegetales que lo caracterizan: Herbazal de ciénaga y Bosque de ciénaga.

Para la caracterización de las formaciones vegetales se emplearon ocho transectos lineales sin límites fijos siguiendo el gradiente de humedecimiento, realizándose estos de forma radial hacia el centro de la laguna y con una separación de 500 m partiendo de cada una de las parcelas ubicadas. La estructura y diversidad del Bosque de ciénaga así como la evaluación en él de la comunidad de epífitas vasculares se hizo mediante un diseño sistemático a lo largo del mismo con la medición de ocho parcelas de 100 m² siguiendo los criterios de Sudgen et Robins (1979), las que se emplazaron a 500 m entre cada una.

En el análisis de la vegetación se midieron todos los individuos a partir de 2 m de alto y 1.5 cm de diámetro a la altura de 1.30 m (D a 1.30); en el caso de la distribución de epífitas no se utilizó como limitante la referida altura de los hospederos. Además se anotó de cada árbol y arbusto el tipo de corteza, para lo cual se utilizaron los criterios de Johanson (1974), quedando:

Tipo 1: corteza lisa / Tipo 2: corteza rugosa

Con los diámetros individuales fueron establecidas cinco clases diamétricas a intervalos de 9.5 cm en cada una, quedando las siguientes:

Clase I: entre 1.5 cm y 10.0 cm

Clase II: entre 10.1 cm y 19.6 cm

Clase III: entre 19.7 cm y 29.2 cm

Clase IV: entre 29.3 cm y 38.8 cm

Clase V: más de 38.9 cm

En los hospederos detectados se contaron todos los individuos de epífitas vasculares según las cinco zonas forofíticas propuestas por Johanson (1974). Para la identificación de las epífitas se realizaron observaciones directas sobre el hospedero auxiliándonos de binoculares; en algunos casos fue necesario ascender al dosel superior por escalada directa sobre el forofito.

Con los datos obtenidos se confeccionaron tablas de las listas de especies encontradas. Los análisis se realizaron a partir de bases de datos soportadas en el procesador Excel del paquete Office '97 de donde se exportaron hacia el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para determinar mediante un análisis de cluster por el índice de Distancia Euclidiana con ligamiento promedio entre grupos, la posible existencia de especificidad de hospederos por parte de algunas de las epífitas vasculares encontradas.

Para una mayor especificidad en el análisis de la aglomeración se decidió dar el corte a la distancia de 4 en los casos extraídos del dendrograma resultante. Para establecer la validez de los grupos determinados se efectuó un Análisis Canónico Discriminante del tipo Lambda de Wilk, desarrollándose el gráfico de las dos funciones:

$$- f1 y = -2.087 + 2.56x_{sp13} + 35.36x_{sp10} + 0.229x_{sp7} + 2.34x_{sp4}$$

$$- f2 y = -128.89 + 17.26x_{sp13} + 294.83x_{sp10} + 3.88x_{sp7} + 13.87x_{sp4}$$

En la evaluación de la distribución de epífitas por zonas forofíticas se aplicó con el mismo procesador la prueba Student-Newman-Keuls (S-N-K) con $\alpha = 0.05$ a fin de determinar si hay selectividad de especies o de la abundancia de individuos de epífitas por alguna zona en específico. En el caso donde se evidenció selectividad se confeccionó el gráfico de la distribución de las medias para las cinco zonas con sus correspondientes barras de error.

De igual forma con el uso del SPSS se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para analizar la distribución de la cantidad de individuos de

epífitas por tipos de corteza de sus hospederos con el interés de establecer la significación en las diferencias detectadas al respecto.

Con la riqueza de especies tanto de epífitas como del resto de la flora presente se determinó al Cociente epifítico (Ce) según los criterios de Nieder et al (1996-1997).

RESULTADOS

Caracterización de la vegetación de Ciénaga Lugones.

Bosque de ciénaga. El bosque ciénaga se localiza en todo el borde exterior del humedal formando una franja de ancho variable (Figura 1) que oscila entre 50 y 200 m sobre un suelo cenagoso, inundable en el período lluvioso, y con alta acumulación de materia orgánica en diferentes fases de descomposición.

Esta formación vegetal es siempreverde con elementos deciduos, identificándose 36 especies arbóreas y arbustivas. Por la forma que se presenta la dispersión espacial de los árboles, es posible definir dos estratos arbóreos y uno arbustivo (Fig.1). El estrato arbóreo superior se desarrolla entre los 11y 20 m de altura, donde se destaca la presencia de: *Hibiscus elatus*, *Calophyllum antillanum*, *Tabebuia angustifolia*, *Roystonea regia* y *Swietenia mahagoni*, con una densidad de 1216 individuos/ha.

El estrato arbóreo inferior se establece entre los 5 y 10 m de alto, es el estrato de mayor densidad con 2500 individuos/ha y de mayor riqueza florística, identificándose 20 especies, donde *Annona glabra* predomina por su abundancia y amplia distribución. También resalta la presencia de: *Erythroxylum alaternifolium*, *Swartzia cubensis*, *Hibiscus elatus* y *Geofraea inermis*; aparecen además de forma más aislada *Sabal japa*, *Forestiera rhamnifolia*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Ficus* sp, y *Calophyllum antillanum*.

El estrato arbustivo se desarrolla por debajo de los 5 m de alto, también presenta una alta densidad con 2080 individuos/ha donde más del 90% corresponden a *Annona glabra*. Es de destacar en este estrato la alta mortandad, la que alcanza un 5.5% del total de los individuos del bosque.

El estrato herbáceo es muy pobre y en ocasiones no existe, dominado principalmente por la regeneración natural de las especies arbóreas, además

se encuentra el helecho *Acrostichum daneaefolium* que en ocasiones se hace abundante.

La distribución en cada una de las cinco Clases diamétricas establecidas para esta formación se refleja en la Figura 2.

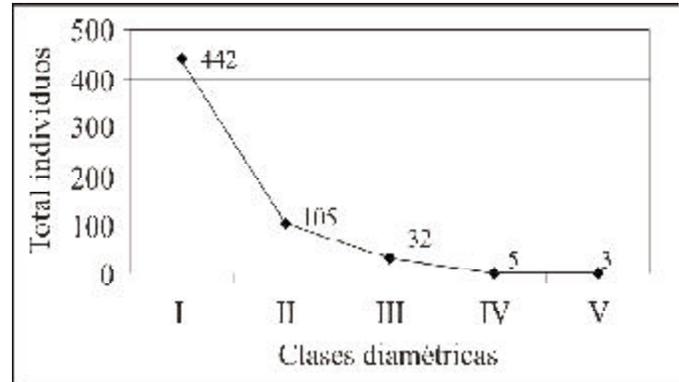


Figura 2. Distribución del total de individuos de árboles y arbustos medidos en cada una de las cinco Clases diamétricas establecidas. Se resaltan los valores absolutos en cada Clase.

Herbazal de ciénaga. Se localiza después del bosque de ciénaga hacia el centro de la laguna, ocupando la zona central y más extensa de este humedal. Se produce un cambio sucesional de la vegetación de forma gradual del Bosque de ciénaga hacia el Herbazal determinado por el incremento en el humedecimiento edáfico, formándose un franja de transición o ecotono donde convergen especies típicas de ambas formaciones; por una parte la disminución de los árboles hasta la total eliminación y por la otra el aumento de especies herbáceas.

Esta formación se presenta como una sabana de gramíneas y ciperáceas sobre un terreno permanentemente inundable. Las especies más representativas son: *Cyperus* spp., *Eleocharis celulosa*, *Panicum* spp., *Paspalum* spp., *Salix* spp, *Acrostichum daneaefolium*. En ella están presentes elementos arbustivos, donde la presencia de *Acoelorrhaphe wrightii* se hace notable, también se encuentran de forma aislada especies del manglar como *Conocarpus erecta* y *Laguncularia racemosa*.

La Tabla 1 muestra el listado de especies por familias encontradas en el Bosque de ciénaga.

Evaluación de la comunidad de epífitas vasculares

No.	Especies	Familia
1	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i> Wendl.	Arecaceae
2	<i>Amiris elemifera</i> L.	Rutaceae
3	<i>Annona glabra</i> L.	Annonaceae
4	<i>Atherannus lucidus</i> Sw.	Euphorbiaceae
5	<i>Caesalpinia violacea</i> (Mill.) Standl.	Caesalpinaceae
6	<i>Callophyllum antillanum</i> Britt.	Clusiaceae
7	<i>Callophyllum pinetorum</i> Bisse	Clusiaceae
8	<i>Callyptranthes pallens</i> (Poir.) Griseb.	Myrtaceae
9	<i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.	Polygonaceae
10	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Dec. et Planch.	Araliaceae
11	<i>Drypetes alba</i> Poir.	Euphorbiaceae
12	<i>Erythroxylum alaternifolium</i> L.	Erythroxylaceae
13	<i>Erythroxylum areolatum</i> L.	Erythroxylaceae
14	<i>Erythroxylum havanense</i> (Jacq.) Bisse	Erythroxylaceae
15	<i>Eugenia axilaris</i> (Sw.) Willd.	Myrtaceae
16	<i>Eugenia maleolens</i> Poir.	Myrtaceae
17	<i>Ficus</i> sp.	Moraceae
18	<i>Forestiera rhamnifolia</i> Griseb.	Oleaceae
19	<i>Geoffraea inermis</i> W. Wright	Fabaceae
20	<i>Guettarda combsii</i> Urb.	Rubiaceae
21	<i>Hibiscus ellatus</i> Sw.	Malvaceae
22	<i>Lysiloma subicu</i> Benth.	Mimosaceae
23	<i>Pisonia aculeata</i> L.	Nyctaginaceae
24	<i>Roystonea regia</i> (HBK) O.F.Cook	Arecaceae
25	<i>Sabal japa</i> C. Wr.	Arecaceae
26	<i>Sabal palmetum</i> Becc.	Arecaceae
27	<i>Salix caroliniana</i> Michx.	Salicaceae
28	<i>Swartzia cubensis</i> (Britt. et Wills.) Standl.	Caesalpinaceae
29	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	Meliaceae
30	<i>Tabebuia angustata</i> Britt.	Bignoniaceae
31	<i>Tabebuia schaeferi</i> Britt.	Bignoniaceae
32	<i>Tabernaemontana amblyocarpa</i> Urb.	Apocynaceae
33	<i>Trichilia hirta</i> L.	Meliaceae
34	<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Meliaceae
35	<i>Vitex divaricata</i> Sw.	Verbenaceae
36	Árbol seco	-----

Tabla 1

Riqueza de especies y familias. El muestreo permitió obtener la Riqueza Específica (RE) de la comunidad de epífitas vasculares de Ciénaga Lugones, estando compuesta la misma por 18 especies con una abundancia total de 1481 individuos. En la Figura 3 se muestra la distribución de la abundancia por cada una de las especies inventariadas.

El total de familias correspondientes a las 18 especies aludidas es de seis, mostrando en la Figura 4 la abundancia de individuos por cada una de ellas.

La densidad de epífitas vasculares estimada para el área es de 18512.5 individuos/ha y el Cociente epífítico (C_e) determinado fue de 33.3 %.

Relación de las epífitas con sus hospederos. Especificidad forofítica. El análisis de cluster efectuado arrojó la existencia de cuatro grupos individualizados donde se encuentran las 18 especies de hospederos del área según la distribución en ellos del total de epífitas detectadas en el muestreo. El gráfico que representa al dendrograma resultante aparece en la Figura 5.

Los cuatro grupos que representan la distribución aglomerada de las especies de forofitos para condicionar la distribución de epífitas en ellos se relacionan en la Tabla 2.

El criterio confirmativo de la existencia de estos grupos lo ofrece el análisis discriminante del tipo Lambda de Wilks mediante el gráfico que aparece en la Figura 6, donde se puede apreciar la distribución concentrada de todas las especies alrededor del centroide del grupo. El 72.2 % clasificó correctamente en la validación cruzada.

Distribución de epífitas por Clases diamétricas. Se encontró en el muestreo que existe una mayor distribución de epífitas hacia los árboles con menor grosor, registrándose entre las Clases I y II un total de 1321 individuos de los 1481 totales existentes, ello representa un 89.2%. En la Figura 7 se muestra la

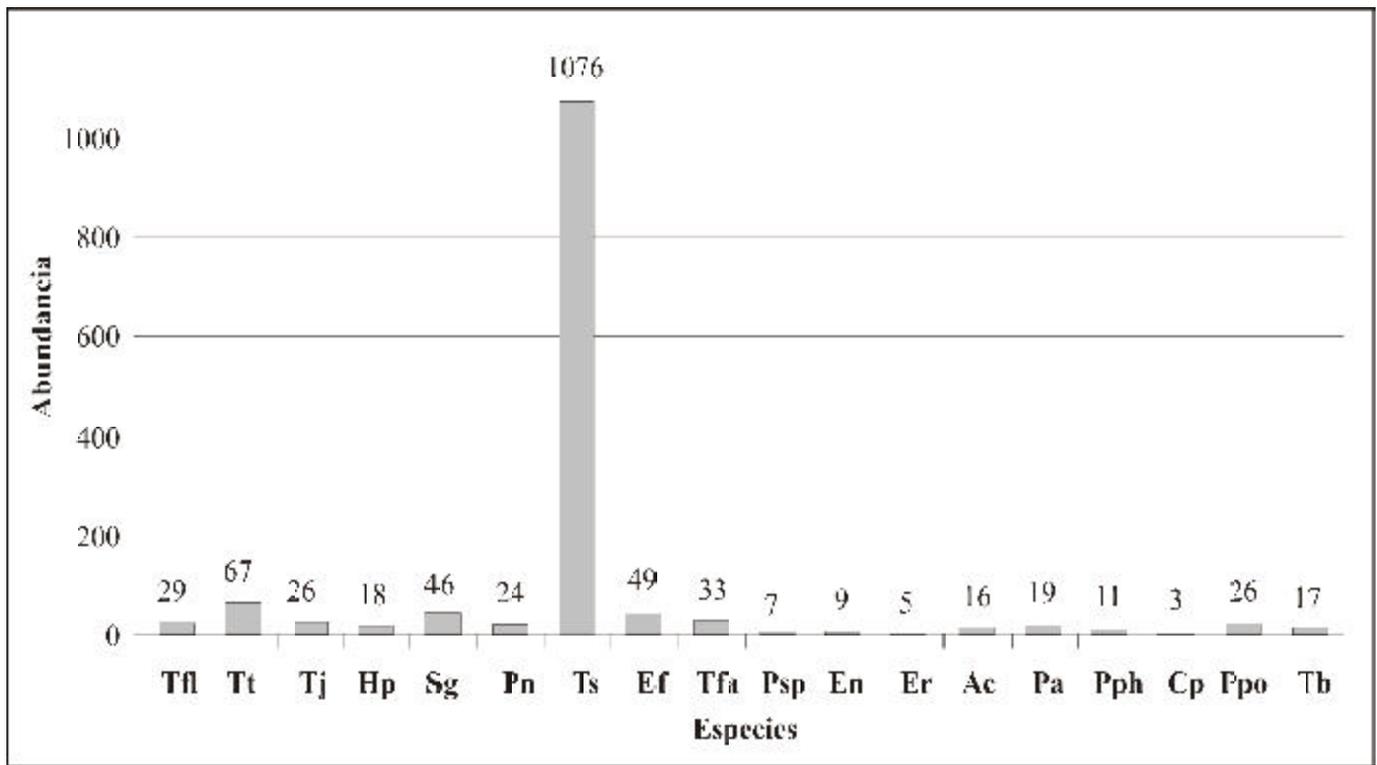


Figura 3. Distribución de la abundancia de las especies de epifitas vasculares registradas, donde Tfl= *Tillandsia flexuosa* Sw.; Tt= *Tillandsia tenuifolia* L.; Tj= *Tillandsia juncea* (Ruiz et Pavon) Poir; Hp= *Hohenbergia penduliflora* (A.Rich.) Mez; Sg= *Selenicereus grandiflorus* (L.) Britt. et Rose; Pn= *Psilotum nudum* Gris.; Ts= *Tillandsia setacea* Sw.; Ef= *Encyclia fucata* (Ldl.) Britt. et Millsp.; Tfa= *Tillandsia fasciculata* Sw.; Psp= *Phyllodendrum* sp.; En= *Epidendrum nocturnum* Jacq.; Er= *Wpidendrum rigidum* Jacq.; Anturium cubense; Pa= *Polypodium aureum* L.; Pph= *Polypodium phyllytides* (L.) Presl.; Cp= *Cyrtopodium punctatum* (L.) Ldl.; Ppo= *Polypodium polypodioides* (L.) A. S. Hitch.; Tb= *Tillandsia bulbosa* Hook.

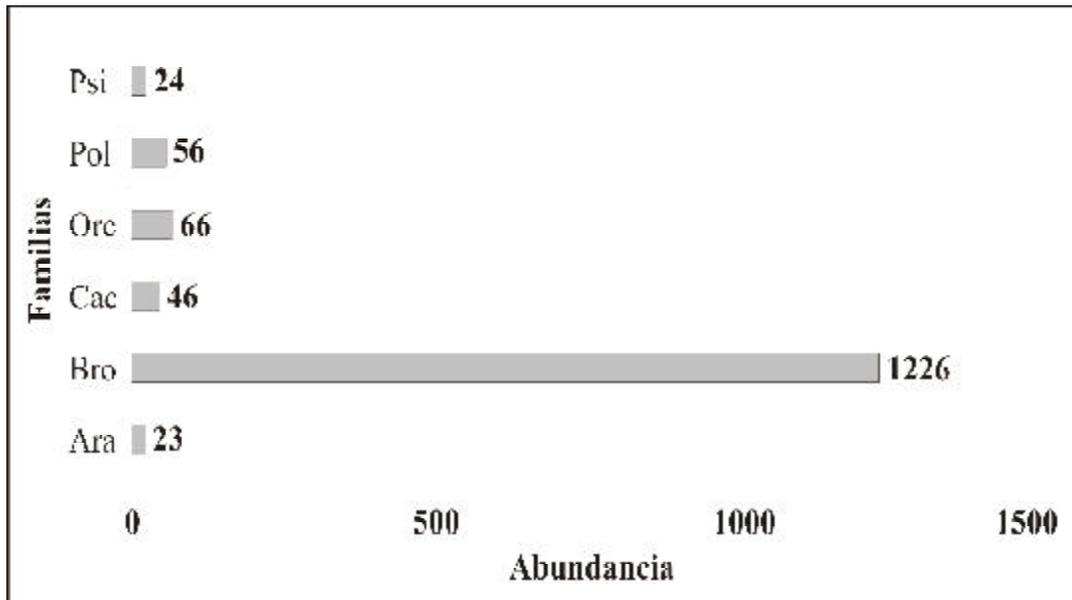


Figura 4. Distribución de la abundancia de individuos de epifitas vasculares por familias, donde Ara=Araceae; Bro=Bromeliaceae; Cac=Cactaceae; Orc=Orchidaceae; Pol=Polypodiaceae; Psi=Psilotaceae.

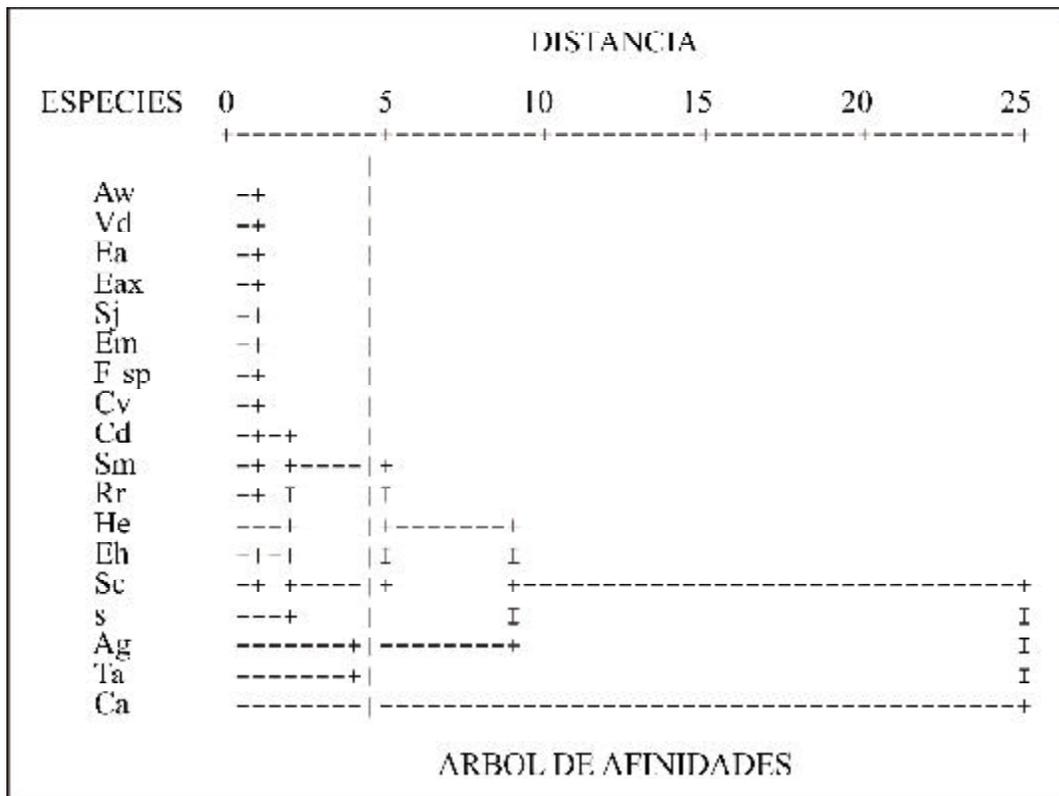


Figura 5. Dendrograma de afinidades entre la distribución del total de epifitas y sus hospederos, donde Aw = *Acoelorrhaphe wrightii*; Vd = *Vitex divaricata*; Ea = *Erythroxyton areolatum*; Ea = *Eugenia axilaris*; Sj = *Sabal japa*; Em = *Eugenia maleolens*; Fsp = *Ficus sp*; Cv = *Caesalpinia violacea*; Cd = *Coccoloba diversifolia*; Sm = *Swietenia mahagoni*; Rr = *Roistonea regia*; He = *Hibiscus elatus*; Eh = *Erythroxyton havanense*; Sc = *Swartzia cubensis*; s = *Arbol seco*; Ag = *Annona glabra*; Ta = *Tabebuia angustata*; Ca = *Callophyllun antillanum*.

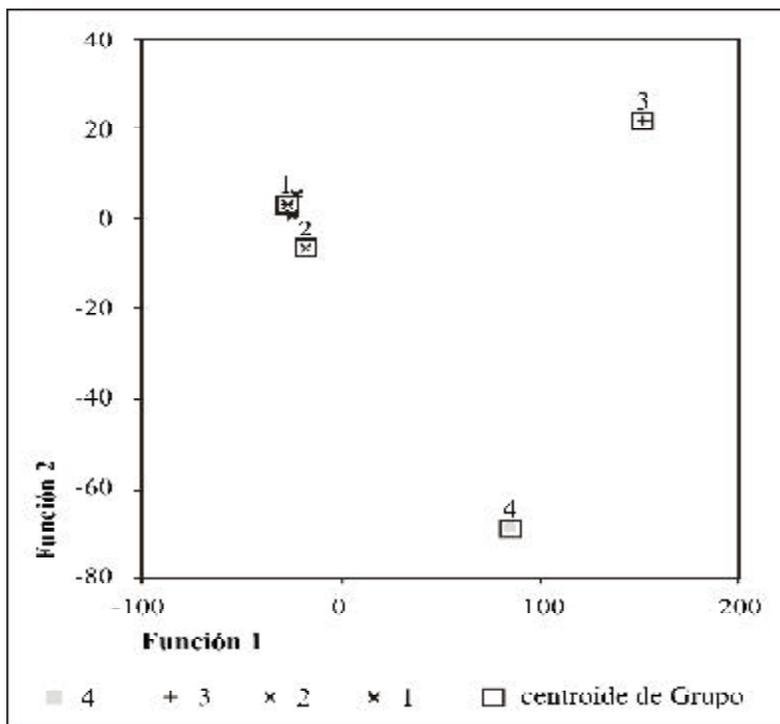


Figura 6. Distribución de los cuatro Grupos según el análisis de Funciones Canónicas Discriminantes.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<i>Acoelorrhaph+e wrightii</i>			
<i>Vitex divaricata</i>	<i>Erythroxylon havanense</i>	<i>Annona glabra+</i>	<i>Celtophyllum antillanum</i>
<i>Erythroxylon areolatum</i>		<i>Tabebuia angustata</i>	
<i>Eugenia axillaris</i>	<i>Swartzia cubensis</i>		
<i>Sabal japa</i>	Árbol seco		
<i>Eugenia maleolens</i>			
<i>Ficus Sp</i>			
<i>Caesalpinia violacea</i>			
<i>Coccoloba diversifolia</i>			
<i>Swietenia mahagoni</i>			
<i>Roystonea regia</i>			
<i>Hibiscus elatus</i>			

Tabla 2. Especies de forofitos que conforman a cada uno de los grupos obtenidos con el análisis de cluster.

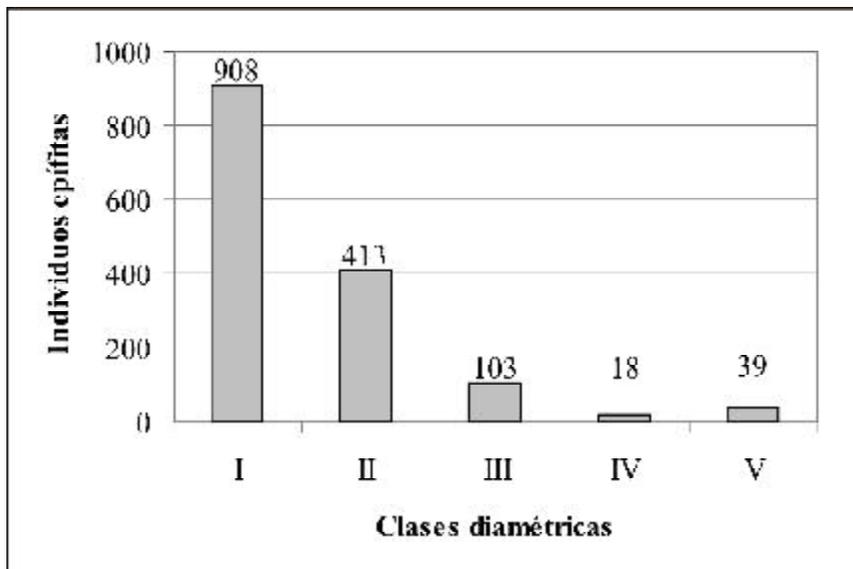


Figura 7. Distribución de los individuos de epífitas en las cinco Clases diamétricas establecidas para sus hospederos.

Student-Newman-Keuls		
Zona	N	Subgrupo para $\alpha=0.05$
V	18	0.2778
IV	18	2.9444
III	18	8.8333
I	18	33.722
II	18	36.5000
Significación		0.566

Tabla 3. Resultados de la Prueba S-N-K para la relación Especies epífitas – Zonas forofíticas, donde se ofrecen las medias por Zonas para N que es el número total de especies.

distribución del total de los individuos de epífitas encontrados en las diferentes Clases diamétricas.

Distribución de epífitas por Zonas forofíticas. El análisis de S-N-K con $\alpha=0.05$ para la distribución de epífitas mostró que no hay selectividad de ninguna especie para distribuirse hacia alguna zona en particular habiendo quedado incluidas en un solo grupo para todas las zonas; la significación de tal distribución resultó 0.566 para $N=18$, todo lo cual se aprecia en la Tabla 3.

Sin embargo, mediante el mismo análisis para la relación entre la abundancia de epífitas y las Zonas

forofíticas teniendo en cuenta su distribución en las ocho parcelas medidas se pudo obtener que hay selectividad en esa distribución, separándose claramente dos áreas del forofito; una en el dosel o copa (subgrupo 1) y otra en el tallo (subgrupo 2); lo anterior se muestra en detalle en la Tabla 4.

Esta distribución en la relación abundancia – zona forofítica se refleja en el gráfico de la Figura 8 con sus correspondientes barras de error.

Distribución de epífitas por Tipos de Corteza. Del análisis se obtuvo que del total de árboles y arbustos medidos con la corteza lisa (132), solo el 32.6 % (43

Student-Newman-Keuls			
Zona	N	Subgrupo para $\alpha=0.05$	
		1	2
V	8	0.6250	
IV	8	6.6250	
III	8	19.7500	
I	8		76.0000
II	8		82.1250
Significación		0.610	0.762

Tabla 4. Resultados de la prueba S-N-K para la relación entre Abundancia de epífitas y las Zonas forofíticas, donde se ofrecen las medias por Zonas para N que es el número de parcelas medidas.

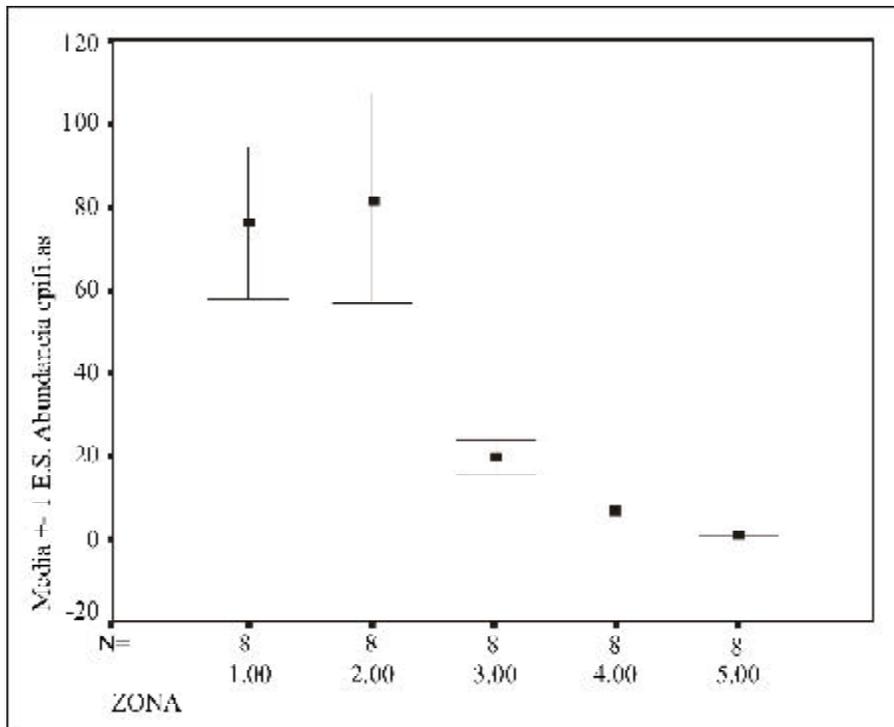


Figura 8. Distribución de las medias por Zonas forofíticas de la Abundancia de epífitas con sus correspondientes barras de error, donde ES es el error estándar y N es el número de parcelas medidas.

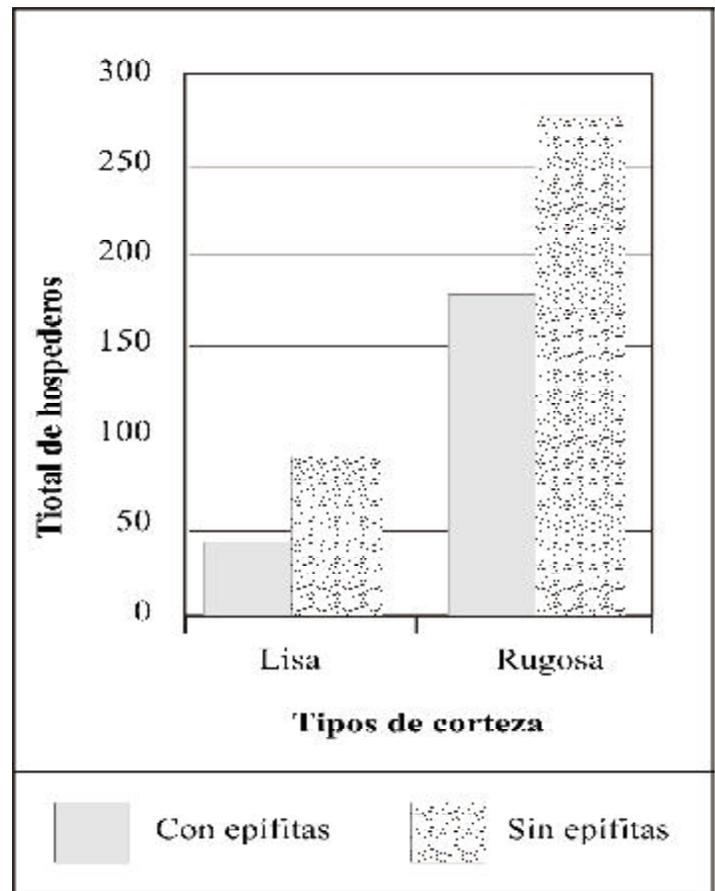


Figura 9. Distribución de individuos de árboles y arbustos con y sin epífitas según los tipos de corteza establecidos (lisa y rugosa).

individuos) son hospederos de epífitas. Algo parecido se presenta en el caso de la corteza rugosa, que del total de árboles y arbustos medidos (455), solo el 38.9 % son hospederos de epífitas (177 individuos). El gráfico que muestra la Figura 9 permite apreciar mejor esta situación entre los grupos pareados de árboles y arbustos con y sin epífitas para cada uno de los tipos establecidos.

La prueba U de Mann Whitney aplicada para analizar la distribución de la abundancia de epífitas por tipo de corteza ofrece que hay diferencia altamente significativa dado el valor de

U=35.5 con una significación de 0.00005***, tanto para una como para dos colas; la media de los rangos para corteza lisa es de 11.47 y para rugosa es de 25.53.

DISCUSIÓN

Evaluación de la comunidad de epífitas vasculares

Riqueza. Si se considera que el área cubierta por el Bosque de ciénaga es apenas el 12.2 % del total de la superficie de este humedal (104 ha), son relevantes las cifras de riqueza específica, viendo por ejemplo el $C_e=33.3$ % que permite asumir una diversidad elevada en comparación con el resto de la flora inventariada; este resultado está próximo a otros como el obtenido por Gentry et Dodson (1987) en un país megadiverso como Ecuador con $C_e=35$ %, o el obtenido por Ibisch (1996) citado en Nieder et al (1996-1997) en Sehuencas, Bolivia con $C_e=47$ %. Este aspecto, en conjunción con la densidad relativa estimada de 18512.5 individuos/ha contribuyen significativamente a resaltar la importancia de la comunidad de epífitas vasculares en el ecosistema de Ciénaga Lugones.

La especie que más contribuye a los registros aludidos debido a su abundancia es *Tillandsia setacea* representando ella sola el 72.6 % del total de los individuos censados como se aprecia en la Figura 3, esta es una especie que siempre ha sido observada en Guanahacabibes asociada a formaciones vegetales abiertas o en lugares muy húmedos; como aparece en la Figura 4, es la familia Bromeliaceae la dominante en esta comunidad epifítica con siete especies las cuales representan el 84.2 % de la misma.

Especificidad forofítica. Aun cuando se reconoce que el índice de Distancia Euclidiana sobreestima la influencia de los altos valores, los cuales pueden llegar a dominar en el cálculo (Herrera, 2000), creemos conveniente el resultado reflejado en el análisis de cluster efectuado y sus correspondientes comprobaciones como se muestra en las Figuras 5 y 6, lo cual se corresponde con la situación de esta formación vegetal, donde existen individuos casi exclusivos de la misma que han constituido grupos independientes, así tenemos el caso del Grupo 3 con *Annona glabra* y *Tabebuia angustata*, y el Grupo 4 con *Callophyllun antillanum*.

Este análisis permite confirmar en el caso de esta comunidad, la existencia de especificidad de hospederos, siendo más influenciadas por la condicionalidad que le impone el hospedero las epífitas *Tillandsia setacea*, *Phyllodendron sp.*, *Hohenbergia penduliflora* y *Anturium cubense*. Merece resaltarse el caso de *T. setacea*, que a pesar de su elevada abundancia muestra una selectividad muy fuerte hacia los individuos de los hospederos *Annona glabra* y *Tabebuia angustata*, que como se sabe conforman el Grupo 3, con 28.9 % de individuos distribuidos en ellos, y más fuerte aún hacia los individuos de *Callophyllun antillanum* (Grupo 4) con el 43.3 % de sus individuos solo en este hospedero.

Con frecuencia se han realizado extracciones más o menos intensas de la especie *Annona glabra* en esta área para el uso comercial en arreglos florales (J.A. Camejo obs. pers.) lo cual atendiendo al valor que la misma representa para la distribución de epífitas representa una agravante en la conservación de esta comunidad y en general para el manejo forestal que está diseñado en el Proyecto de Ordenación Forestal que aplica la Empresa Forestal Integral Guanahacabibes.

Relación de las epífitas con el grosor de sus hospederos. Como se aprecia en la Figura 2, el Bosque de ciénaga de este humedal está mayormente dominado por individuos de diámetros relativamente pequeños, encontrándose en la Clase I la mayor cantidad de individuos medidos de árboles y arbustos, e igualmente se corresponde con la distribución de epífitas en relación con ese grosor, observándose en la Figura 7 que solamente la cantidad de individuos de epífitas en esa Clase representa el 61.3 % del total de la abundancia de las mismas en la comunidad.

Distribución vertical de las epífitas según las Zonas forofíticas. El análisis enfocado hacia la determinación de las “preferencias” en la distribución vertical de epífitas permite distinguir que no hay diferencia significativa de ninguna especie hacia una zona en particular, sino de la aglomeración de individuos en mayoría hacia las zonas inferiores (Zonas 1 y 2), es decir en el tallo de los hospederos lo cual aquí apunta hacia una influencia muy fuerte del sustrato inundable

o anegado permanentemente como aportador de humedad por evaporación. Las Tablas 3 y 4 muestran lo expuesto, advirtiendo en el caso de la última las diferencias significativas entre las medias que representan la distribución de individuos hacia las Zonas 1 y 2 (tallo de árboles y arbustos) en el subgrupo 2, y las que representan la distribución de individuos hacia las Zonas 3, 4 y 5 (dosel) en el subgrupo 1.

El gráfico de la Figura 8 reafirma esta distribución y refuerza el criterio de que tal distribución está influenciada por los aportes desde “abajo”, este resultado difiere de lo que sucede para otras comunidades dentro de la propia península, pero en Bosque semidecidual notófilo (Ferro et al, 2000), donde predomina la distribución de individuos hacia la Zona 3; también es diferente de los resultados obtenidos por Migenis et Ackerman (1993) en que detectaron la mayor distribución hacia la Zona 3, pero para bosque lluvioso de la región montañosa de Luquillo en Puerto Rico.

Distribución de las epífitas según el tipo de corteza de sus hospederos. Al respecto es posible interpretar que dada la dominancia de árboles y arbustos con el Tipo 2 (corteza rugosa) siendo notable la diferencia respecto a lisa (+ 147 individuos) es que se influencia la distribución de las epífitas como “preferencia” hacia este tipo de corteza como se aprecia en la Figura 9. Migenis et Ackerman (1993) observaron una tendencia a que las orquídeas ocurrieran en cortezas ásperas, pero no siendo estadísticamente significativa esa “preferencia”. En nuestro caso sí hay significación estadística para la distribución del total de individuos, dada por el resultado de la prueba U de Mann Whitney aplicada.

CONCLUSIONES

Ciénaga Lugones apunta a ser el ecosistema de Humedal de la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes que mayor diversidad de epífitas vasculares posee con un Cociente epifítico de 33.3 % y una muy alta densidad relativa en la distribución del total de individuos por hectárea.

Se confirma que la estructura de la comunidad de epífitas vasculares de Ciénaga Lugones está muy relacionada con el carácter húmedo del sustrato dado por la dominancia de individuos en su distribución

hacia las partes más bajas de los hospederos (tallos) en una relación altamente significativa.

El manejo de las especies arbóreas *Annona glabra*, *Tabebuia angustata* y *Callophyllum antillanum* es decisivo en el mantenimiento de la comunidad de epífitas vasculares de Ciénaga Lugones pues además de que resultan ser las más abundantes, determinan ellas la mayor especificidad en la relación epífita-forofito.

Otros elementos en la caracterización de las relaciones de la comunidad de epífitas vasculares con los árboles y arbustos de la formación vegetal donde ocurren como la distribución por Clases diamétricas y por Tipos de Corteza, a pesar de que demuestran claras tendencias, no contribuyen suficientemente a establecer patrones ya que las distribuciones observadas están muy influenciadas por las proporciones de la Clase o el Tipo dominante.

AGRADECIMIENTOS

A O. Borrego Fernández y D. Romero Acanda por su contribución para la realización del trabajo de campo; al colega D. Hernández Pérez por sus acotaciones en la revisión del manuscrito y a otros anónimos revisores y observadores por sus valiosos comentarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Benzing, D.H. 1987. Vascular epiphytism: Taxonomic participation and adaptive diversity. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 74:183-204.
- Delgado Fernández, F. 2000. *Estructura y diversidad del Bosque semidecidual notófilo de la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba*. Tesis en opción del Título Académico de Master en Ciencias, Mención Ecología. Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba. 87 pp.
- Gentry, A.H. & C.H. Dodson. 1987a. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 74:205-233.
- Ferro Díaz, J.; F. Delgado Fernández; A.B. Martínez Torres; A. Urquiola Cruz; R. Novo Carbó. 1995. Mapa de vegetación actual de la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. 1:100 000. En Memorias del II Simposio Internacional de Humedales. Editorial Academia. 131-135 pp.

- Ferro Díaz, J.; O. Borrego Fernández; A. Díaz Cordero y E. Paredes Chango. 2000. Ecología de orquídeas epífitas de la reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba. En Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Ecología y II Congreso peruano de Ecología, Universidad de San Agustín, Arequipa, Perú. 219-222 pp
- Herrera Moreno, A. 2000. *La Clasificación numérica y su aplicación en la ecología*. Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo, R.D. 88 pp.
- Herrera, María; G. Alfonso & R.A. Herrera. 1993. *Las Reservas de la Biosfera de Cuba*. Comisión cubana de la UNESCO. Editorial Academia. C. Habana. 8 pp.
- Johansson, D. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Phytogeographica Suecica* 59:1-129.
- Nadkarni. N. M. 1992. The conservation of epiphytes and their habitats: Summary of a discussion at the International Symposium on the Biology and Conservation of Epiphytes. *Selbyana* 13:143-167.
- Migenis, L.E & J.D. Ackerman. 1993. Orchid-epiphyte relationships in a forest watershed in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 9:231-240.
- Nieder, J.; P. L. Ibisch & Wl. Barthlott. 1996-1997. Biodiversidad de epífitas – una cuestión de escala. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. La Habana. Cuba Vol. XVII – XVIII: 59-62 pp.
- Sudgen, A.M. & R.J. Robins. 1979. Aspects of the ecology of vascular epiphytes in Colombian cloud forest, I. The distribution of the epiphytic flora. *Biotropica* 11(3):173-188.

ZOOBENTOS DE DIVERSOS MACROHABITANTES EN TRES BAÑADOS DE LOS HUMEDALES DEL ESTE (URUGUAY)

ZOOBENTHOS OF DIFFERENT MICROHABITATS IN THE THREE WETLANDS OF THE HUMEDALES DEL ESTE AREA (URUGUAY)

Juan María Clemente
Rafael Arocena

Sección Limnología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República
checho@fcien.edu.uy

RESUMEN

Entre julio de 1994 y junio de 1995 se tomaron mensualmente muestras del zoobentos en 5 microhábitats de cada uno de los humedales Potrero Grande, Boca del Sarandí y Sarandí del Consejo en los Humedales del Este, Uruguay. Los organismos encontrados, la mayor parte Insecta, pertenecen a 22 familias de Annelida, Mollusca y Arthropoda. La proporción de cada uno de estos grupos varió a lo largo del año. La mayor abundancia fue observada en Potrero Grande (91,277 ind.m²), especialmente debido a los oligoquetos. Boca del Sarandí con 32,486 ind.m² presentó cierta similitud en composición con Potrero Grande. Por su composición el bañado Sarandí del Consejo (65,141 ind.m²) presentó diferencias con respecto a los otros dos, con una mayor abundancia de *Sphaeridae*, y gasterópodos *Helobia*, *Gundlachia* y *Briomphallaria*. El máximo valor de diversidad en Potrero Grande se registró en la estación A1 en mayo (2.78 bits), en Boca del Sarandí en julio en B1 (2.16 bits), y en Sarandí del Consejo en C3 también en julio (3.19 bits). Los valores de diversidad mostraron diferencias entre bañados y entre estaciones, debido

probablemente a sus distintos regímenes hidrológicos y a los complejos y diversos procesos abióticos y bióticos que estos originan.

Palabras claves: zoobentos, humedales, Uruguay.

SUMMARY

Monthly samples of zoobenthos were taken from 5 microhabitats in each wetland Potrero Grande, Boca del Sarandí and Sarandí del Consejo (Humedales del Este) between July 1994 and June 1995. Invertebrates belong to 22 families of Annelida, Mollusca and Arthropoda, but most of them are Insecta. The composition of the benthic community varied throughout the year. Highest abundance was observed in Potrero Grande (91,277 ind.m²), mainly due to oligochaetes. Boca del Sarandí, with 32,486 Ind. m² showed a composition similar to that of Potrero Grande. Sarandí del Consejo (65,141 ind.m²) on the other hand, showed a different composition, with a higher abundance of *Sphaeridae* and gastropods *Helobia*, *Gundlachia* and *Briomphallaria*. Highest diversity in Potrero Grande occurred in A1 in May (2.78 bits), in Boca del Sarandí in July in B1 (2.16

bits), and in Sarandí del Consejo in C3 also in July (3.19 bits). Diversity differed among wetlands and among sampling stations, maybe due to their different hydrologic regimes, and to the complex and diverse abiotic and biotic processes that these regimes originate.

Key words: zoobenthos, wetlands, Uruguay.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre los recursos naturales y la necesidad de utilizarlos en forma sustentable crecieron en forma notoria en las últimas décadas, como consecuencia del progresivo y gradual deterioro al que están sometidos. La degradación ambiental es la causa principal de la pérdida de ecosistemas naturales, resultado de la deforestación, la erosión de los suelos, la fragmentación de los sistemas hídricos, la intensa urbanización, la contaminación y la construcción de grandes obras de ingeniería, todas ellas impulsadas por un crecimiento exponencial de la población humana y la carencia casi total de planificación en los procesos de desarrollo (Abramovitz, 1996; Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de América Latina el Caribe, 1996).

Uno de los recursos naturales más importantes y que puede transformarse en un elemento limitante para el desarrollo en muchas regiones del mundo es el agua dulce. Componente fundamental de los humedales, caracterizados por ser extensiones de aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes. Estos ecosistemas son de gran importancia por los procesos hidrológicos y ecológicos que en ellos ocurren y la gran diversidad biológica que sustentan. Brindan numerosos beneficios al hombre (Canevari et al., 1999), como el agua potable, la regulación de inundaciones y sequías, control de la erosión y la captura de nutrientes y tóxicos. Además presentan una alta productividad que resulta en una gran cantidad de materia orgánica, la cual se acumula y se decompone lentamente, provocando importantes efectos sobre la biota (Wetzel, 1990).

Los humedales se caracterizan por ser sistemas pulsátiles en permanente desequilibrio, donde la variabilidad temporal es una compleja función dependiente de las entradas y salidas de energía y materiales en distintos sitios de la cuenca y de las

oportunidades de las poblaciones para ajustar su distribución y abundancia (Neiff y Poi de Neiff, 1990).

La principal característica de los bañados es la presencia de abundantes plantas acuáticas, que presentan una rica fauna de invertebrados asociados, los que son fuente de alimento para muchos peces (Neiff y Poi de Neiff, 1990). La calidad y cantidad de organismos que habitan en estos sistemas dependen en gran medida de la composición y abundancia de esta vegetación (Poi de Neiff, 1977). Esta vegetación ofrece una amplia diversidad de hábitats para los macroinvertebrados acuáticos, donde encuentran condiciones favorables para la reproducción, alimentación y refugio a la predación, aparte de formar un importante eslabón en la cadena trófica.

En Uruguay existen una serie de humedales de origen lacustre que se destacan por su extensión e importancia biológica. Los bañados del Este, ubicados en la cuenca de la Laguna Merín y costa Atlántica, forman parte de la Red Internacional de Reservas de la Biosfera. Están constituidos por vegetación uliginosa donde el nivel de agua coincide o supera el nivel del suelo. Los próximos a cañadas se caracterizan por presentar una vegetación de pajonales, y una vegetación paludosa aquéllos de inundación permanente. También existen los de origen fluvial como los localizados sobre el Río Uruguay y los del Río Santa Lucía al sur del país.

A efectos de conocer el funcionamiento global y la estructura de los bañados del Este, nos planteamos como objetivo conocer la composición del macrozoobentos en diferentes hábitats dentro de tres bañados con distintas características hidrológicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron los bañados Potrero Grande (37°65'S, 59°55'W), situado a unos 10 km al norte de la Laguna Negra, Boca del Sarandí (37°75'S, 59°70'W) sobre la orilla occidental de la misma laguna, y Sarandí del Consejo (38°05'S, 59°95'W) sobre la orilla norte de la Laguna Castillo. Cada bañado se le denominó A, B y C respectivamente. Mientras los dos últimos bañados y en particular el último, tienen una estrecha comunicación con las mayores lagunas costeras de nuestro litoral atlántico, no ocurre así con el primer bañado que no se comunica con ningún espejo de agua.

Se establecieron cinco estaciones de muestreo en cada bañado, con características de vegetación y nivel de agua diferentes. Se realizaron muestreos mensuales, entre julio de 1994 y junio de 1995. Se colectaron macrófitas de cada estación, las que se lavaron y prensaron para su posterior identificación. Las muestras de sedimento para bentos, materia orgánica y granulometría se colectaron mediante tubos de PVC de 4.3 cm de diámetro. Se calculó el índice de diversidad de Shannon para los meses de muestreo en todas las estaciones.

Se midieron *in situ* la profundidad del agua, el pH y conductividad mediante sensores de campo. El contenido de materia orgánica se determinó por gravimetría tras ignición a 450°C durante 2 horas (Håkanson y Jansson, 1983). La granulometría se determinó por tamizado seco, utilizándose tamices con malla de 1000, 500, 250, 125 y 63 µm.

RESULTADOS

Macrófitas

En cada bañado, las cinco estaciones presentan un tipo diferente de vegetación (tabla 1).

El bañado Potrero grande se caracteriza por grandes áreas de gramíneas acompañado de parches de juncuales, Boca de Sarandí presentó una mayor cobertura de plantas emergentes acompañado de

vegetación sumersa y flotante y el bañado Sarandí del Consejo que fue el sistema que presentó mayor diversidad de hábitats, áreas de montes de ceibal, juncuales y próximo a la laguna una cobertura de vegetación flotante.

Sedimentos

Los sedimentos que corresponden a arenas finas y limos (>2 phi) son las fracciones más importantes (Tabla 2). El bañado Potrero Grande presentó un sedimento limoso, excepto en la estación A2 donde la fracción más importante fue la arena fina.

Bañado	Textura	M.O (%)
Potrero Grande	Arena fina y limo	3 a 28
Boca del Sarandí	Arena fina	8 a 15
Sarandí del Consejo	Arena fina y limo	5 a 14

Tabla 2. Tipo de sedimento y rango de materia orgánica en las cinco estaciones de cada bañado.

Las cinco estaciones del bañado Boca del Sarandí presentaron una composición similar, con arena fina como facción principal. El bañado Sarandí del Consejo fue el que presentó mayor heterogeneidad en la composición del sedimento, encontrándose desde limos en la estación C2 hasta arenas finas en C5.

Los tenores de materia orgánica en el sedimento presentaron variaciones entre estaciones, posiblemente relacionadas con la vegetación. El valor máximo lo presentó la estación A5 del bañado Potrero Grande (28%), caracterizado por una zona de pajonal. Los mínimos ocurrieron en las estaciones A1 y A3 también de Potrero Grande, caracterizadas por tener un mayor tiempo de inundación. Los bañados Boca del Sarandí y Sarandí del Consejo no presentaron grandes diferencias entre

A: Potrero Grande	B: Boca del Sarandí	C: Sarandí del consejo
A1 <i>Myriophyllum sp</i>	B1 <i>Scirpus giganteus</i>	C1 Ceibal (monte)
A2 Gramíneas	B2 <i>Scirpus giganteus</i>	<i>Azolla filiculoides</i>
A3 <i>Azolla filiculoides</i>	<i>Polygonum sp</i>	<i>Eichhornia azurea</i>
<i>Eichhornia azurea</i>	<i>Limnobium laevigatum</i>	C2 <i>Scirpus giganteus</i>
A4 <i>Polygonum sp</i>	B3 <i>Polygonum sp</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
A5 <i>Scirpus giganteus</i>	<i>Limnobium laevigatum</i>	<i>Salvinia sp</i>
	B4 Gramíneas	C3 <i>Polygonum sp</i>
	B5 <i>Azolla filiculoides</i>	<i>Nostoc sp</i>
	<i>Limnobium laevigatum</i>	<i>Potamogeton sp</i>
		C4 <i>Scirpus giganteus</i>
		<i>Eichhornia crassipes</i>
		<i>Spirodella sp</i>
		C5 <i>Eichhornia crassipes</i>
		<i>Polygonum sp</i>
		<i>Pistia stratiotes</i>

Tabla 1. Vegetación presente en cada estación de colecta.

estaciones, cuyos valores de materia orgánica oscilaron entre 5 y 15 %.

En la tabla 3 se muestran los promedios de profundidad, pH y conductividad para las diferentes estaciones del año y los valores máximos y mínimos de cada bañado.

La profundidad del agua varió estacionalmente, registrándose las máximas profundidades durante la primavera y las mínimas durante el verano. Las bajas conductividades eléctricas estarían indicando aguas de escaso contenido iónico. No se observaron diferencias importantes entre las estaciones. Los valores de pH

	Profundidad (cm)				Conductividad (uS/cm)				PH			
	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V
A1	22	16	35	7	174	193	130	140	6.5	7.0	6.7	6.2
A2	10	20	35	15	130	156	156	143	6.5	6.5	6.7	6.2
A3	25	50	50	10	202	230	160	113	6.0	7.0	6.3	6.5
A4	10	18	15	5	260	140	130	150	6.5	6.5	6.5	6.0
A5	20	40	40	5	140	210	200	120	6.5	6.0	6.5	6.0
Max	25	50	50	15	260	230	200	150	6.5	7.0	6.7	6.5
Min	10	16	15	5	130	140	130	113	6.0	6.0	6.3	6.0
B1	8	10	6	0	111	—	—	—	6.5	6.0	6.0	—
B2	5	10	8	0	253	80	160	—	6.8	6.0	6.0	—
B3	10	16	6	0	140	170	190	—	6.0	6.0	6.0	—
B4	15	25	7	4	80	140	260	240	5.5	6.0	5.5	5.5
B5	12	30	35	5	110	210	200	60	6.0	6.5	7.0	5.7
Max	15	30	35	5	253	210	260	240	6.8	6.5	7.0	5.7
Min	5	10	6	0	80	80	160	60	5.5	6.0	5.5	5.5
C1	15	20	30	12	90	230	95	110	6.5	6.5	5.7	6.5
C2	25	60	50	45	95	125	105	130	6.5	7.0	6.5	6.5
C3	9	20	30	0	80	255	210	—	5.5	6.0	6.0	—
C4	28	30	40	28	150	120	80	240	6.0	6.5	6.0	5.5
C5	30	40	30	15	120	220	240	130	6.0	7.0	6.0	6.5
Max	30	60	50	45	150	255	240	240	6.5	7.0	6.5	6.5
Min	9	20	30	0	80	120	80	110	5.5	6.0	5.7	5.5

Tabla 3. Medias estacionales por estación de muestreo y máximos y mínimos por bañado y estaciones del año de los parámetros físico químicos del agua, donde O es otoño, I invierno, P primavera y V verano. A (Potrero Grande), B (Boca del Sarandí) y C (Sarandí del Consejo).

variaron entre 5 y 7, siendo los valores levemente ácidos los más comunes sobre todo para los meses más cálidos.

Bentos

Durante el período de estudio fueron colectados un total de 91277 ind.m² en Potrero Grande, 32486 ind.m² en Boca del Sarandí y 65141 ind.m² en Sarandí del Consejo, de un total de 22 familias, la mayor parte de la clase Insecta (Tabla 4).

Los organismos encontrados pertenecen a los tres principales phylla del macrozoobentos: Annelida, Mollusca y Arthropoda. Los anélidos incluyen las clases Oligochaeta e Hirudinea, los moluscos las clases Pelecypoda y Gastropoda y los artrópodos las clases Insecta y Crustacea.

La proporción de cada uno de estos grupos varió a lo largo del año según el régimen hidrológico y dentro de cada bañado y estación (Tabla 5), observándose las mayores abundancias en el bañado Potrero Grande, especialmente en A1 donde los oligoquetos fueron los organismos más abundantes (18987 ind.m²), mientras en las estaciones restantes los anfípodos e hirudíneos fueron más abundantes.

Los Anfípodos, representados por el género *Hyalella*, presentaron el máximo porcentaje en la estación A4 (47%). Los oligoquetos estuvieron representados por *Limnodrilus hoffmasteri* con un

52% en la estación A1, mientras que en A3 los hirudíneos fueron dominantes con 34%, identificándose los géneros *Helobdella*, *Gloiobdella* y *Hermenteria*. Dentro la familia *Chironomidae* se identificaron los géneros *Larsia*, *Tanypus*, *Goeldichironomus*, *Polypedilum*, *Ablabesmia*, *Djalmabatista*, *Tanytarsus* y *Eukiefferiella*.

Boca del Sarandí presentó cierta similitud en composición con Potrero Grande. Se observó un incremento de gasterópodos en la estación B5 pertenecientes al género *Briomphalaria*. La familia *Chironomidae* estuvo presente en las cinco estaciones de este bañado y presentó los géneros, *Larsia*, *Tanypus*, *Polypedilum*, *Tanytarsus*, *Einfeldia* y *Chironomus*.

Por su composición y abundancia el bañado Sarandí del Consejo presentó diferencias con respecto a los bañados anteriores. En él se observa una mayor abundancia de bivalvos perteneciente a la familia *Sphaeridae*, y los géneros *Helobia*, *Gundlachia* y *Briomphallaria* pertenecientes a la clase *Gastropoda*.

Los valores de diversidad mostraron diferencias entre bañado y estaciones durante el período de muestreo (Fig. 1 y Tabla 5). El máximo valor de diversidad en Potrero Grande se registró en la estación A1 en mayo (2.78 bits), durante julio en la estación B1 se observó el mayor valor de diversidad en Boca del Sarandí (2.16 bits), la estación C3 de Sarandí del Consejo registró el mayor valor de diversidad en julio (3.19 bits), siendo este el máximo valor observado de los tres bañados.

DISCUSIÓN

Cada bañado presenta una vegetación acuática característica, cuya composición depende en gran medida de la dinámica hidrológica a la que está sometido.

En campos bajos e inundables, en general próximos a cañadas, se encuentran numerosos pajonales (*Scirpus giganteus*), como sucede en Potrero Grande. Allí abundan las gramíneas, pues se trata de una pradera inundada.

La vegetación paludosa se encuentra en zonas de inundación permanente, como en la parte de Sarandí del Consejo contigua a la Laguna Castillo. Este bañado presenta gran diversidad de microhábitats diferentes, desde montes arbóreos como el ceibal hasta la vegetación flotante entre la que se encuentran *Azolla*

Orden	Familia
Dipteria	<i>Stratiomyidae</i>
	<i>Psychoididae</i>
	<i>Euphydryidae</i>
	<i>Syrphidae</i>
	<i>Heleidae</i>
	<i>Chironomidae</i>
Coleoptera	<i>Chrysomelidae</i>
	<i>Notoridae</i>
	<i>Hydrophilidae</i>
	<i>Elmidae</i>
	<i>Curculionidae</i>
	<i>Dytiscidae</i>

Tabla 4. Principales familias de la clase Insecta registrados en los tres Bañados.

Potrero Grande	A1	A2	A3	A4	A5
Oligoquetos	18987	2948	2948	4598	2011
Hirudineos	6185	2189	3137	602	4811
Gasterópodos	643	415	862	959	3546
Bivalvos	1127	1558	625	144	-
Anfípodos	5574	4712	3161	7721	2046
Quironómidos	1149	144	718	1437	287
Otros Díteros	1142	854	718	575	287
Coleópteros	1152	541	575	144	982
Total	35959	13361	11807	16180	13970
Boca del Sarandí	B1	B2	B3	B4	B5
Oligoquetos	3396	1991	1006	718	144
Hirudineos	1150	2514	2854	549	862
Gasterópodos	144	235	118	144	2448
Bivalvos	431	716	144	144	-
Afipodos	322	305	694	2366	4761
Quironómidos	144	528	144	264	287
Otros díteros	144	525	144	-	0
Coleópteros	-	575	-	575	-
Total	5731	7389	5104	4760	8502
Sarandí del Consejo	C1	C2	C3	C4	C5
Oligoquetos	2182	2154	575	11195	4232
Hirudineos	1698	287	718	2129	2209
Gasterópodos	3970	7733	1436	144	1528
Bivalvos	1580	1700	574	1149	1698
Afipodos	2364	286	1580	3097	574
Quironómidos	288	431	322	431	1724
Otros díteros	811	-	144	287	1006
Coleópteros	1215	431	431	549	287
Total	14100	1320	5780	18981	13258

Tabla 5. Abundancia de los grandes grupos del macrozoobentos en todo el año (ind.m⁻²).

y *Eichhornia*. Boca del Sarandí por su parte, presenta un aspecto intermedio, ya que en general está separado de la Laguna Negra por un cordón arenoso, y puede soportar largos períodos de sequía en toda su extensión. Por otro lado, durante los períodos en que se encuentra inundado, lo está también en toda su extensión. En consecuencia, no presenta gradientes hídricos con relación a la laguna, y la vegetación, principalmente emergente, se distribuye de manera casi regular.

composición de la vegetación. La vegetación también puede ser un factor determinante en la presencia y distribución de la fauna de los macroinvertebrados. Es de suma importancia la asociación entre esta comunidad y la vegetación acuática (Trivinho-Strixino et al., 1998), la que actúa como sustrato, refugio y fuente de alimento, favoreciendo la presencia de una rica fauna de macroinvertebrados.

Estudios hechos por Alves et al (2001) consideran la fluctuación del nivel de agua como uno de los

La composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados que habitan los sistemas de bañados es producto de complejos y diversos procesos abióticos y bióticos. El tipo de sustrato, la disponibilidad de alimento y de refugio son factores de relevancia. En los sistemas de bañados además deben ser consideradas las variaciones hidrológicas como un factor de tensión adicional.

De acuerdo con Junk et al (1989), los pulsos de inundación son la principal fuerza controladora de estos sistemas cuya variación actúa de diferentes maneras. Por lo tanto los organismos deben presentar una serie de características como un amplio rango de tolerancia a las variables ambientales y un comportamiento oportunista (Velasco et al, 1993), lo que les permitirá una sobrevivencia exitosa en ecosistemas sujetos a una gran variabilidad ambiental.

Las variaciones del nivel de agua provocan modificaciones en el sustrato, que causan cambios en la composición y abundancia de los macroinvertebrados así como en la

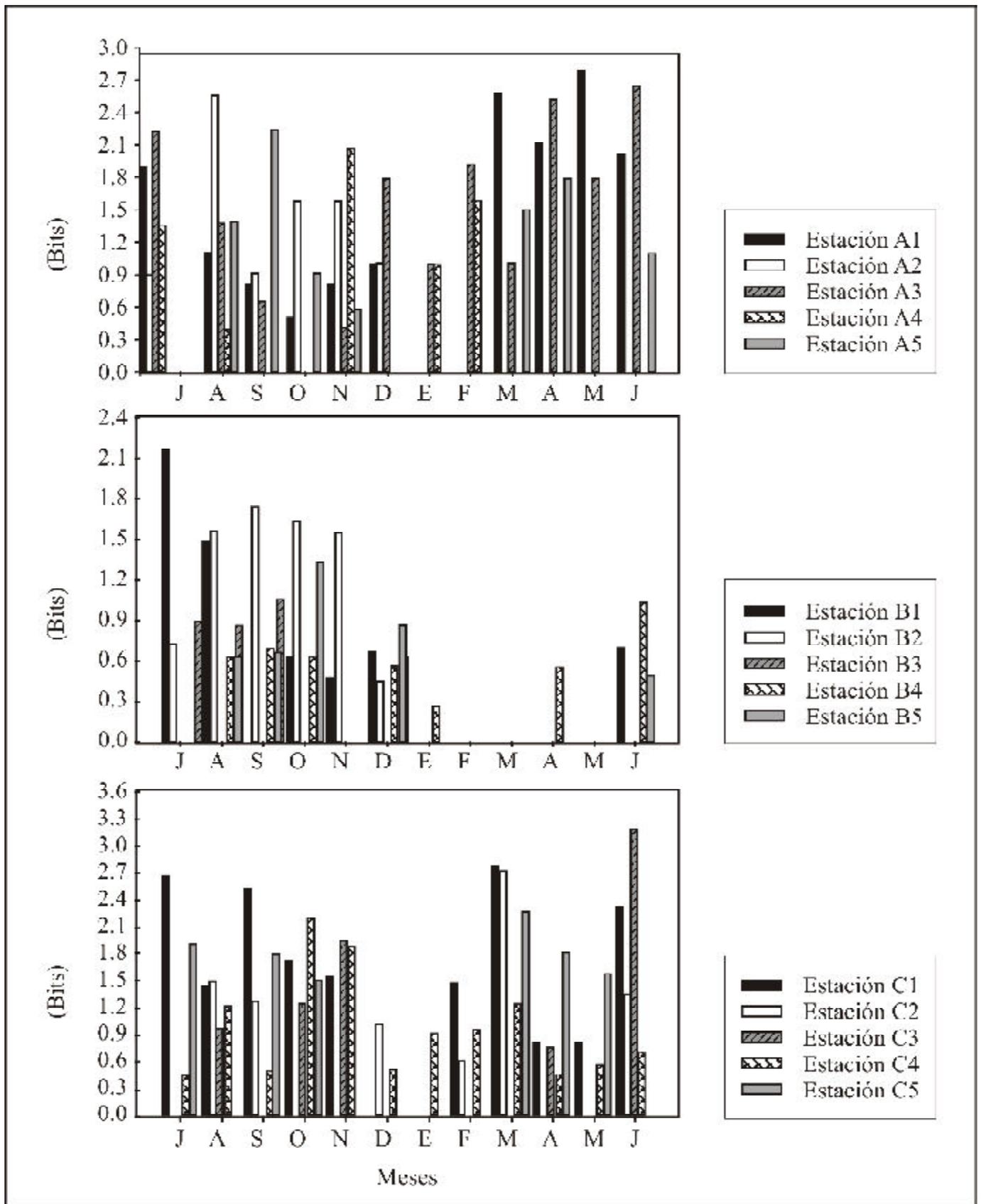


Figura 1. Índice diversidad de Shannon en los tres bañados para todos los meses de muestreo. (las letras representan los meses del año)

factores capaces de influenciar en la dinámica espacio temporal de la comunidad bentónica. Por lo que solamente organismos que presentan adaptaciones especiales pueden establecerse con éxito en cuerpos de agua temporarios (Wiggings et al, 1980).

La escasa presencia de algunos grupos como los insectos puede deberse a que éstos viven en las capas superficiales del sedimento por lo que serían más susceptibles a las diferentes perturbaciones que sufre esta interfase, lo que dificulta su establecimiento.

La familia Chironomidae fue la que contribuyó con el mayor número de organismos dentro de la clase Insecta. Las altas abundancias de oligoquetos en el bañado Potrero Grande puede relacionarse con los mayores valores de materia orgánica presente en la mayoría de las estaciones, cuyo origen es la vegetación, la que puede contribuir en algunos casos aproximadamente con el 50% del aporte de materia orgánica (Wetzel, 1983).

Las diferencias de diversidad encontradas en este estudio muestran una gran variabilidad ambiental entre estaciones y bañados, lo cual puede ser considerado como una estimación de la heterogeneidad espacial y estabilidad del medio (Chalar, 1994). La conservación de la biodiversidad de los ecosistemas de bañados está vinculada al manejo apropiado de los cuerpos de agua así como de sus cuencas de drenaje.

BIBLIOGRAFÍA

- J. 1996. Sustaining Freshwater Ecosystems. Pp. 60-77. In: Brown, L.R. et al. (eds.): *State of the World 1996*. W.W. Norton and Company. New York, London.
- Alves, R da G. y G. Strixino. 2000. Influencia da variação do nível da água sobre a comunidade macrobentônica da Lagoa do Diogo (Luiz Antônio, SP). *Estudios Integrados em Ecosistemas*. Ed. Jose Eduardo dos Santos y Jose Salatiel Rodrigues Pires, Volumen 2: 733-754.
- Canevari, P.; D.E. Blanco y E.H. Bucher. 1999. *Los beneficios de los Humedales de la Argentina. Amenazas y propuestas de soluciones*. Wetlands Internatonal. Buenos Aires. 64 p.
- Chalar, G. 1994. Composición y abundancia del zoobentos del Arrollo Toledo (Uruguay) y su relación con la calidad del agua. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76: 129-141.
- Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de América Latina el Caribe, 1996. Amanecer en los Andes. CAF/BID/PNUD/.
- Hakanson y Jansson, M. 1993. *Principles of lake sedimentology*. Berlin. Springer-Verlag.
- Junk, W.J., P.B. Baley & P.B. Sparks. 1989, The flood pulse concept in river floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106; 110-127.
- Neiff, J.J. y A. Poi de Neiff. 1990. Litterfall, leaf decomposition and litter colonization of *Tessaria integrifolia* in the Paraná River floodplain. *Hydrobiologia*, 203 (1-2): 45-52.
- Poi de Neiff, A. 1977. Estructura de la fauna asociada a tres hidrófitas flotantes en ambientes lentícos del nordeste argentino. *Comunicaciones Científicas del CECOAL N°6*: 1-16.
- Trivinho-Strixino, S.; F.A. Genssner y L. Correia. 1998. Macroinvertebrados asociados a macrofitas acuáticas das lagoas marginais da Estacao Ecológica de Jataí (Luis Antonio SP). *Anais do VIII Seminario Regional de Ecología*, Volume VIII: 1189-1198.
- Velasco, J.; A. Millan y L. Ramírez-Díaz. 1993. Colonización y sucesión de nuevos medios acuáticos I. Composición y estructura de las comunidades de insectos. *Limnética*, 9: 73-85.
- Wetzel, R. 1893. *Limnology*. 2nd Ed. New York.
- Wetzel, R. 1990. Land-water interfaces; Metabolic and limnological regulators. *Verh. Internant. Verein. Limnol.*, 24: 6-24.
- Wiggings, G.B.; R.J. Mackay & J.M. Smith. 1980. Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. *Archiv fur Hyfrobiologia, Suppl.*, 58 (1-2): 87-206.

SOLUCIONES HIDRÁULICAS PARA PRESERVACIÓN DEL MAYOR HUMEDAL DE CUBA

HYDRAULICS SOLUTIONS FOR THE PRESERVATION OF THE BIGGEST WETLAND IN CUBA

Viera Petrova

Empresa de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería.
San Vicente Final s/n Reparto Camilo Cienfuegos,
Pueblo Nuevo, Matanzas, Cuba.
eipimat@ip.etecsa.cu

RESUMEN

El primer Humedal de importancia internacional de Cuba, declarado como el sitio de Ramsar es la extensísima *Ciénaga de Zapata*, situada en la provincia de Matanzas y que abarca la Bahía de Cochinos y las regiones interiores y litorales a ambos lados de la misma. El lugar es ya una Reserva de Biosfera de la UNESCO (desde enero de 2000), comprende un Parque Nacional y cinco zonas protegidas. La Ciénaga de Zapata cumple varias funciones como humedal, ofrece productos y posee atributos. Pero en casi 50 años de la explotación de este territorio, en algunas ocasiones sin control, se produjo el empeoramiento de las condiciones naturales de este humedal como ecosistema. En este proyecto se analiza la situación hidráulica de la Ciénaga de Zapata y se proponen algunas soluciones para la preservación del mayor humedal de Cuba y del Caribe.

Palabras clave: Humedal, preservación, vertedor, Cuba.

SUMMARY

Cuba's first Wetland of International Importance, declared as the place of Ramsar, is the very large Ciénaga de Zapata in Matanzas province,

encompassing the Bay of Pigs and the inland and coastal regions on either side. The site is already a UNESCO Biosphere Reserve (January 2000) and includes a National Park and five other protected areas. Ciénaga de Zapata as several functions as a swamp, it offers its products and possesses its attributes. But in almost 50 years of use of this territory, without control in several times, it has driven it to the worsening of its natural conditions as an ecosystem. This project analyzes the hydraulic situation of Ciénaga de Zapata and it intend some solutions for the preservation of the biggest wetland in Cuba and in the Caribbean.

Key words: Wetland, preservation, weir. Cuba.

INTRODUCCIÓN

El "uso racional" de los humedales promueve y fortalece la capacidad de los países de manejar a perpetuidad los recursos de sus humedales y contribuye a integrar la conservación y el manejo de los mismos en el proceso de desarrollo.

El Plan Estratégico de Cuba, como nuevo Miembro del Convenio de Ramsar, debe ser definido por la meta, "detener e invertir la pérdida y degradación de los humedales", se debe elaborar y aplicar políticas nacionales de humedales, para examinar leyes e

instrucciones a fin de promover la conservación y el uso racional en el manejo/gestión de las cuencas hidrográficas (Convención sobre los humedales 2001).

En este proyecto se propone la reconstrucción de dos obras hidráulicas existentes para elevar los niveles de agua en la Ciénaga Oriental de Zapata con los siguientes objetivos:

En el período seco del año

1. Mejorar el equilibrio hídrico de la Ciénaga.
2. Elevar el nivel de agua en el canal Boca-Laguna del Tesoro (Guamá).
3. Eliminar la posibilidad de que las capas de turba más superficiales se dessequen y por la acción de los rayos solares entren en combustión espontánea y en consecuencia se provoque la degradación de los suelos y la afectación de la flora y fauna de este territorio.

En el período lluvioso

Aumentar el drenaje a través del Vertedor Soplillar y del tramo I del Canal del mismo nombre durante el paso de los eventos extraordinarios para eliminar las afectaciones por las inundaciones que se producen en el Centro Turístico Guamá y del Tramo II del dique de protección Soplillar y de un tramo de 2100 m de la Carretera Australia-Playa Larga donde se corta el tránsito al cruzar el agua la vía.

Impacto Económico

El costo de la reconstrucción de las obras de Vertedor Soplillar y de Alcantarilla es más de 6 Millones MN y 100000 USD. Pero, teniendo en cuenta que tan solo el Centro Turístico Guamá sufre las pérdidas de 480000 USD anualmente, además, las pérdidas de la producción del CAI “Arrocera Sur”, de la Cooperativa pesquera y otros, la inversión se puede recuperar antes de los 8 años. En la actualidad no tenemos las cifras más precisas.

Impacto Ambiental

Con la construcción de los proyectos propuestos y de cumplimiento de otras medidas previstas en los otros Proyectos, relacionados con la Ciénaga Oriental de Zapata, como el mantenimiento de los sistemas de canales, construcción de obras faltantes o llevando la capacidad de los mismos hasta el valor de proyecto, se puede mejorar sustancialmente las condiciones hídricas y ambientales de la laguna del Tesoro y de la

Ciénaga Oriental. Se aumentarán los niveles en el territorio en el período seco, que garantiza el tráfico de los barcos por el canal hacia Guamá, se protege el territorio de salinización, se evita en gran medida los procesos de auto combustión de la turba, mejora el hábitat de las especies, algunos de los cuales están en peligro de extinción. En el período de intensas lluvias no se ocurrirán las inundaciones adicionales en la laguna del Tesoro y Guamá, porque está previsto la ampliación del Vertedor Soplillar.

Impacto Social

En caso del impacto social se puede hablar de beneficios para la sociedad, pues dicho Proyecto mejora las condiciones de vida de la población del territorio, condiciones sanitarias, calidad de agua para abasto y ganadería. El proyecto contribuye a la toma de decisiones en los planes de desarrollo de diferentes ramas, como turismo, pesca, forestal, construcciones hidráulicas, viales, agricultura, etc.

Además, dicho Proyecto contribuye al conocimiento científico del inmenso territorio de la Ciénaga de Zapata.

SITIO Y MÉTODOS

Para la realización del presente Proyecto se tomaron en cuenta los materiales de archivos, porque desde el comienzo del siglo XX el inmenso territorio de la Ciénaga de Zapata atraía la atención de los investigadores y los hombres de negocios para la recuperación del mismo. Entre ellos se pueden mencionar a Cosculluela, Bardo, Klapp, Compañías “Agricultura de Zapata”, “The Zapata Doble Company”, “Zapata Land y K”. Todos ellos proponían desecación de la Ciénaga y utilización para el cultivo de arroz o caña de azúcar (Amachaeu, 1985).

La etapa más importante en las investigaciones de la Ciénaga de Zapata corresponde a la Firma Netherlandes Engineering Consultans (NEDECO), realizando desde mayo hasta octubre de 1959, 21 marchas-ruta con una longitud de 160 km y 703 puntos de sondeo (NEDECO, 1959). Como primera etapa por NEDECO se propuso la construcción del Polder Experimental “Piloto”, el cual fue construido conjuntamente con los cubanos. A continuación se construyeron los otros Polders con sus canales

costeros, diques, red vial, Extensión Hanábana (Arce, 1987), las estaciones de bombeo, etc.

Posteriormente, en los años 1961-1963 en la Ciénaga trabajaron los grupos de especialistas soviéticos en la dirección de estudios de reservas de turba desde el punto de vista energético y utilización de la turba para la elaboración de fertilizantes (Fondo Geológico Nacional).

En la actualidad, la Empresa de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería de Matanzas cuenta además con los estudios hidrológicos e hidrogeológicos de la Vertiente Sur, adyacente a la Ciénaga, sondeos, aforos esporádicos de los ríos Hanábana y Hatiguanico, algunos sondeos en la Península de Zapata y en la propia Ciénaga y algunos proyectos de obras hidráulicas en diferentes etapas de proyección de la Ciénaga (Archivo EIPI).



Figura 1. Paisaje típico de la Ciénaga de Zapata.

En el Sur de la Provincia, ocupado por la península de Zapata, se extiende el macizo cenagoso Zapata. El área total del territorio cenagoso es 3143 km², o sea, 70 % del área total de la península (A total = 4397 km², de ella la turba ocupa 1702 km² (Bueno y Petrova, 1984, 1991).

El relieve llano de la península (pendiente = 0.02 ‰), la cercanía del impermeable a la superficie, grandes volúmenes de aporte de las aguas y la presencia de una depresión cársica en el territorio crearon aquí las premisas para el desarrollo de los procesos de la formación de la Ciénaga.

Por las condiciones geológicas e hidrogeológicas el macizo cenagoso se divide en tres tramos:

Occidental, Oriental y Ciénaga Cienfuegos (Chong Li, 1985; Chong Li y Campos, 1996; Quevedo Cala, 1983; Shmidt y Chong Li, 1991).

El más grande de los macizos es Occidental, pero al macizo Oriental (A = 576 km²) pertenecen las más grandes áreas de las cuencas tributarias.

En general con las partes cenagosas se relaciona un área de 9029 km², de ellos 4397 km² del área de la Península de Zapata y 4632 km² de las cuencas tributarias de la Vertiente Sur, donde se forman los recursos hídricos de la Ciénaga.

La Ciénaga Oriental de Zapata limita al oeste con la falla tectónica supuesta, que pasa al oeste de la carretera Playa Larga y en el este con la carretera Covadonga-San Blas y la Occidental desde la falla tectónica hasta la Ensenada de La Broa.

RESULTADOS

Funciones y productos de humedales

El primer Humedal de Importancia Internacional de Cuba es la extensísima Ciénaga de Zapata, situada en la provincia de Matanzas y que abarca la Bahía de Cochinos y las regiones interiores y litorales a ambos lados de la misma. El lugar es ya una Reserva de Biosfera de la UNESCO (desde enero de 2000) y comprende un Parque Nacional y cinco zonas protegidas más. Se trata del humedal mayor y mejor preservado del Caribe, que se destaca por la diversidad de las especies de aves, sobre todo aves migratorias, que alberga y por la existencia en él de especies endémicas amenazadas.

Forma parte de una amplia cuenca cársica, en la que existe una enorme variedad de tipos de humedales, entre ellos sistemas hidrológicos cársicos subterráneos. Los gigantescos recursos de sus ríos, lagos, ciénagas y charcas, bosques pantanosos, marismas intermareales y aguas estuarinas, a más de varios tipos de humedales antropogénicos, tienen una importancia vital para las comunidades humanas del sitio y de sus proximidades (en el sitio mismo, 19 comunidades, formadas por aproximadamente 10000 personas, viven principalmente de la silvicultura, el turismo y la pesca) (Convención sobre humedales 2000, 2001).

Cada humedal está formado por una serie de componentes físico, biológico o químico, tales como

Tramos de la Ciénaga	Balance de las áreas de península				Cuencas tributarias			Observaciones
	Total	Total	Turba	Tierra Firme	Total	Que forma escurrimiento superficial	No forman escurrimiento superficial	
Occidental	3163	2427	1000	736	1516	437	1079	Entre ensenada la Broa y la falla tect. supuesta
Oriental	885	576	576	309	2650	2069	581	Entre la falla y carr. Cov-San Blas
Cienfuegos	349	140	126	209	466	303	163	Al este de carr. Cov.-San Blas.
Total	4397	3143	1702	1254	4632	2809	1823	

Tabla 1. Características de los macizos cenagosos.

suelos, agua, especies animales y vegetales y nutrientes. Los procesos entre estos componentes y dentro de cada uno de ellos permiten que el humedal desempeñe funciones, como control de inundaciones y protección contra tormentas, y que genere productos, tales como vida silvestre, pesquería y recursos forestales. Además, existen atributos a escala de ecosistemas, tales como diversidad biológica y la singularidad del patrimonio cultural, que poseen valor, ya sea porque dan pie para ciertos usos o porque tienen valor en sí mismos.

Las funciones más importantes que cumple el Humedal de la Ciénaga de Zapata

- Descarga de acuíferos
- Control de inundaciones
- Estabilización de la línea costera
- Retención de sedimentos
- Retención de nutrientes
- Exportación de biomasa
- Estabilización de microclimas
- Transporte por agua
- Recreación/turismo

Productos

Especies vegetales y animales abundan en los humedales. El aprovechamiento que respeta la tasa de reproducción anual y la capacidad de regeneración de cada especie puede generar grandes beneficios para la humanidad.

- Recursos forestales
- Recursos de vida silvestre
- Pesquerías
- Recursos forrajeros
- Recursos agrícolas
- Abastecimiento de agua
- Fuente de energía

La Ciénaga de Zapata cumple con creces todas las funciones mencionadas y ofrece los productos y aun más. Pero en casi 50 años de la explotación de este territorio, en algunas ocasiones sin control, se produjo el empeoramiento de las condiciones naturales de este humedal como ecosistema.

Podemos citar algunos de no pocos ejemplos:

- Construcción de los sistemas de riego y drenaje para el uso agrícola de una parte de la Ciénaga, que trajo consigo la aceleración del escurrimiento superficial. Pero después de construidos los canales, no se dan los mantenimientos necesarios, que a su vez provocan las inundaciones adicionales al paso de los eventos extraordinarios
- Construcción de una Presa en el río Hanábana, que retiene parte de azolves nutrientes, como alimentación del humedal.
- La sobreexplotación de las aguas subterráneas de la cuenca M-VI provocó la intrusión salina vertical en el plan "Arrocera Sur".

- La sobreexplotación de las aguas subterráneas de la cuenca M-III-3 provocó la intrusión salina horizontal, Lote Torriente (Chong Li, 1985; Chong Li y Campos, 1996).

- Avance de las aguas saladas de la Ensenada de la Broa por el río Hatiguanico más aún tierra adentro, esto se debe también a la explotación intensiva de los recursos de las aguas subterráneas de la Vertiente Sur (Chong Li y Campos, 1996).

- Talas de los árboles no planificadas o clandestinas.
- Cazas clandestinas.

Estos son algunos ejemplos. En los últimos años (década del 90) se ha reconocido integralmente la importancia para la sociedad de estas regiones, la sociedad ha comenzado a apreciar los diversos usos y servicios que ellos brindan.

En Cuba, en la Provincia de Matanzas, según los estudios realizados en los últimos años en la Ciénaga de Zapata y recomendaciones dadas, se adopta una nueva política de manejo y protección de este ecosistema. Se elabora el Plan de mantenimiento de los sistemas de canales construidos, se construyeron 48 vertedores de control en la carretera Australia-Playa Larga, recientemente se elaboró un Proyecto de Ampliación del Vertedor Soplillar, el cual permite elevar los niveles en la Ciénaga durante el período de estiaje y evitar rápida descarga al mar. También se proyectó una nueva obra en el canal-unión de Boca-Centro Turístico Guamá para elevar los niveles en el mismo en la seca, etc. (Bueno y Petrova, 2001).

Afectaciones por eventos extraordinarios

El territorio de la Ciénaga de Zapata ha sufrido grandes afectaciones durante los últimos 10 años:

- Por el huracán “Lili” ocurrido en octubre del año 1996. Las mayores afectaciones corresponden a la forestal, viviendas, instalaciones turísticas, plantaciones arroceras, obras hidráulicas (Expedientes de los Pluviómetros, Expedientes de los Limnógrafos).

- Por el huracán “Michelle” ocurrido en noviembre del año 2001. Los afectados fueron los mismos, pero la magnitud de afectaciones es mucho mayor.

- El incendio ocurrido en la Ciénaga Occidental cerca de la localidad El Maíz en los días 27 de abril-15 de mayo del presente año, que desbastó 6400 ha de árboles maderables de producción. Además, se perdieron

algunos sitios de especies endémicas. Causas del incendio: auto combustión de turba, acentuado por gran cantidad de árboles caídos durante el último huracán “Michelle”.



Figura 2. Canal Soplillar.

Calculos realizados

En el proyecto se propone la reconstrucción del Vertedor Soplillar y de Alcantarilla N° 24 (Bueno y Petrova, 2001).

El Vertedor Soplillar es una obra hidráulica de mucha complejidad por la función que ella realiza y por encontrarse ubicada al inicio del tramo inferior del río Hanábana rectificado, donde pueden circular **gastos máximos hasta 500m³/s** transformados durante eventos climáticos extraordinarios. Esta obra es el aliviadero principal del embalse regulador que es la Zona B de la Ciénaga Oriental de Zapata (Bueno y Petrova, 1984, Expedientes de los Limnógrafos).

El Vertedor existente fue concebido en el año 1959 con cota del cimacio 0,70 m.s.n.m. y un frente de vertimiento de 222 m, pero en los años 1962-64 solamente se ejecutó 95 m de frente, es decir, que solamente se construyó 43% de la obra.

Después de casi 40 años de construido el Vertedor de Soplillar, la cuenca del río Hanábana ha sufrido serias modificaciones en todos sus tramos que han alterado al escurrimiento superficial.

Todas estas obras han modificado sustancialmente las condiciones morfológicas de la cuenca superficial del río Hanábana y, en consecuencia han modificado las características hidrológicas consideradas en el diseño del proyecto del Vertedor Soplillar.

Unido a todo lo anteriormente expuesto y de los resultados negativos que se han obtenidos durante la ejecución de los sistemas de drenaje del Polder B II Etapa en la Ciénaga Oriental y Polder I en la Ciénaga Occidental de Zapata, se han tenido que modificar la concepción inicial de la recuperación de los suelos turbosos con sistemas de polders.

Durante la elaboración del proyecto se revisaron los diferentes esquemas de aprovechamiento de los recursos hídricos de la cuenca Hanábana, tanto aquellas de inmediata ejecución como los propuestos en la perspectiva, los años 2000-2020 (Bueno y Petrova, 1984,1991; Krasnokutskaya y Petrova, 1991; Reportes de Explotación; Materiales archivos de la EIPI).

Como consecuencia de las inundaciones producidas en el tramo inferior del río Hanábana por el paso de los huracanes Kate, Lili, Irene, Michelle y vaguadas extendidas, fue necesario realizar un nuevo estudio hidrológico para precisar los gastos máximos de diferentes probabilidades en el proyecto de modificación del Vertedor Soplillar existente (Bueno y Petrova, 2001). Fue necesario analizar también las diferentes sequías ocurridas en los últimos 40 años y la alteración que los mismos han ocasionado al equilibrio hidroquímico de las aguas subterráneas de la Ciénaga.

Para precisar la cota futura del Vertedor fueron necesarios cálculos de comprobaciones hidráulicas, así precisando el drenaje de la zona B, a través de 78 alcantarillas existentes en la Carretera Australia-Playa Larga y los vertimientos por el tramo de 2100 m de la propia vía (González y Delgado, 1986).

Para conocer el comportamiento del régimen hidráulico aguas arriba y abajo del Vertedor Soplillar también fueron necesarios cálculos hidráulicos de comprobación de la capacidad de evacuación de los tramos 1 y 2 del canal Soplillar y de la influencia de la laguna La Nasa sobre los mismos (Bueno y Petrova, 2001; Stankevich y Feraz, 1987).

En este proyecto el Canal Soplillar se dividió en 3 tramos (Bueno y Petrova, 2001):

Tramo 1 – Desde la estación 0+00 ubicada en la laguna La Nasa hasta el Vertedor-Puente Soplillar con una longitud de 2940 m y el ancho del canal variable de 222 a 300 m proyectado, solamente se ha construido con unos 95 m, el 43%.

Tramo 2 – Desde la estación 29+40 (Vertedor Soplillar) hasta la estación 50+00, lugar donde debía descargar el canal perimetral de drenaje exterior de los Polders C, D y E, su longitud es de 2060 m, ancho del canal en este tramo debía variar de 222 a 300 m. De este tramo se ha ejecutado la tercera parte de la sección transversal, o sea 95 m, talud 3 y pendiente 0,043%.

Tramo 3 – Desde la estación 50+00 hasta la estación 130+00 (Vertedor Extensión Hanábana en ejecución) con una longitud de 8 km, el plato del canal proyectado es 88 m. Está construido en toda su longitud con un plato de 95 m y talud $m = 3$, pendiente 0.043%.

Obras de fábricas principales construidas en el encauzamiento del río Hanábana en su tramo inferior:

- Vertedor Único, con sus obras de distribución con compuertas para el CNB y CNC.

- Vertedor Extensión Hanábana. Está en construcción, hasta ahora se ha ejecutado el 40% de la obra (movimiento de tierra) (Arce, 1987).

- Puente-Vertedor Soplillar con la longitud de 222 m según el proyecto de 1959.

Para evitar los impactos negativos provocados por causas antrópicas, se creó la prioridad en dependencia de la importancia de las obras a proteger.

Entre los objetivos socio-económicos más importante a proteger se encuentran:

1. Instalaciones Turísticas de Guamá ubicadas en la laguna del Tesoro, la cual tiene varias cabañas con cota de piso 2.65 m.s.n.m. y la cota de terreno natural en los límites de la laguna del Tesoro es aproximadamente 2,20-2,40 m.s.n.m. (Bueno y Petrova, 2001).

2. Centro Turístico La Boca con cotas de pisos de las instalaciones mayores de 3 m.s.n.m.

3. Dique de protección del canal Soplillar (camino de Soplillar) con cotas que varían de 2,70 m.s.n.m. en la estación 29+40 a 3,10 m.s.n.m. en la estación 127+00 y pendiente del dique 0.043 %.

4. Carretera Australia - Playa Larga, en la cual hay un tramo de 2100 m con cota de 2,67-2,85 m.s.n.m.

Dique perimetral de PBIE con cota de la corona 3 m.s.n.m.

Actualmente la invertida de los 4 tubos de entrada de esta alcantarilla tiene la cota 24 cm más bajo que la cota adoptada para los vertederos automáticos de 1,70

msnm, esto significa, que por esta AT se drenan en un año, considerando un gasto de 1,0-1,5 m³/s, entre 31,5-48 Hm³ desde la Ciénaga Oriental hacia la depresión cársica “Los Hondones” (Bueno y Petrova, 2001).

Con los 0.24 m que se suban los niveles en este punto y con la elevación de la cota del cimacio del Vertedor Soplillar existente se eliminarán las afectaciones económicas a la Empresa Turística Ciénaga y mejoran las condiciones hidráulicas de la Ciénaga de Zapata.



Figura 4. Alcantarilla N° 24

CONCLUSIONES

Situación en el Período húmedo y de intensas lluvias.

1. El vertedor Soplillar en las condiciones actuales; cota cimacio- 0,70 m, cota NAM aguas arriba – 2,42 m.s.n.m. y cota nivel de agua abajo – 2,22 m.s.n.m., longitud de vertimiento – 95 m, tiene capacidad de ecuación mayor que el gasto del 10% de probabilidad, 162 m³/s. Para que el mismo deje pasar un gasto del 5% o del 1% de probabilidad, debe ser ampliado en 60 m, es decir que la longitud total del vertimiento sería 150 m.

2. La capacidad máxima del tramo I del Canal Soplillar existente con un tirante $h = 2,40$ m y pendiente de 0.05‰, no es mayor que 124 m³/s, pero como este pasa por algunas zonas con pendiente invertida y sección transversal reducida, su capacidad máxima de evacuación no excede de 100 m³/s.

3. La capacidad máxima de transformación e infiltración de la laguna de la Nasa no es mayor de 50 m³/s.

4. Las causas principales de las inundaciones en el Centro Turístico Guamá, de un tramo de la Carretera

Australia - Playa Larga y de varios tramos del camino de Soplillar se debe a que el 1er tramo del Canal Soplillar y la laguna La Nasa no tienen capacidad requerida.

5. El dique de turba existente que va paralelo al tendido eléctrico que suministra electricidad al centro Turístico Guamá, es un obstáculo para el movimiento de las aguas de la subzona 1 hacia la subzona 2 durante el paso de un evento extraordinario. Esta situación provoca que los escurrimientos se concentren hacia la Laguna del Tesoro y obligue el ascenso de los niveles en la misma, más que lo que debía ser si este no existiera. Por esta causa en los últimos años con más frecuencia se haya inundado el Centro Turístico Guamá.

Como medida para aliviar esta situación debe seccionarse el dique, el tramo de 2,0 m como promedio cada 50 m.

Esta es una medida a ejecutar independientemente de que se ejecute las obras concebidas en el canal Soplillar.

6. Con el cierre parcial de la AT N°24 se disminuirá el drenaje de la Ciénaga Oriental hacia el mar y por ende se mejorará el equilibrio hidroquímico de las aguas en la Ciénaga Oriental de Zapata.

7. Con la solución de proyecto dada, se logrará en parte evitar que el nivel de agua en el canal baje más que la cota 1,70 m.s.n.m. en un año muy seco, lo cual permitirá la navegación de las lanchas habituales todo el año sin roturas de las propelas u otra afectación a los mismos.

Con esta regulación del nivel en el canal Boca-Laguna del Tesoro no se solucionará definitivamente el problema existente. Para eliminar en un 100% las afectaciones económicas a la Empresa Turística, se debe ejecutar paralelamente el recrecimiento de la cota del Vertedor Soplillar tal como se plantea en dicho proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Amachae, V. 1985. Proyecto técnico de recuperación de las tierras de la Ciénaga de Zapata. Cuba. Matanzas. 4-31 p.
- Arce, G. 1987. Proyecto de reconstrucción del Canal Extensión Hanábana. Cuba. Colón.
- Bueno, M. y V. Petrova. 1984. Balance Hídrico de la Ciénaga de Zapata. Cuba. Matanzas. 3-48 p.
- Bueno, M. y V. Petrova. 1991. Impacto del Dique Sur (Cierre río Hatiguanico) sobre el equilibrio Hídrico

- y Ecológico de la Ciénaga de Zapata. Cuba. Matanzas. 59 p.
- Bueno, M. Y V. Petrova. 2001. P.I.D. Ampliación del canal Soplillar. Cuba. Matanzas. 46 p.
 - Chong Li, A. 1985. Evaluación de los recursos subterráneos de la Provincia de Matanzas. Cuba. Colón.
 - Chong Li, A. y J. Campos. 1996. Recursos de las aguas subterráneas. Segunda versión. E.R.P. Cuba. Colón. 225 p.
 - Convención sobre los Humedales. 2000. España. Madrid.
 - Convención sobre los Humedales. 2001. Swizerland. Gland.
 - Expedientes de los pluviómetros. Archivos EIPI. Cuba. Matanzas.
 - Expedientes de los limnígrafos. Archivos EIPI. Cuba. Matanzas.
 - González, F. Y N. Delgado. 1986. PTE Obras de fábrica en la carretera Australia-Playa Larga. Cuba. Matanzas. 120 p.
 - Krasnokutskaya, V. y V. Petrova. 1989. Tomo “Cálculos hidroeconómicos y balances”. E.R.P. Cuba. Matanzas.
 - Kiseliyov. 1964. Manual de Hidráulica. URSS. Moscú.
 - Mestechkin, V. y E. Yera. 1989. Tomo “Recursos climáticos y agroclimáticos”. E.R.P. Matanzas.
 - Manual del Hidrotécnico. 1972. URSS. Moscú. 64 p.
 - NEDECO, 1959. Reclamación de la Ciénaga de Zapata. Cuba. Habana-Ciénaga.
 - Petrova, V. 1991. Reevaluación hidrológica de la cuenca Hanábana. Cuba. Matanzas.
 - Petrova, V. 1991. Cálculos hidroeconómicos de la cascada Hanábana. Cuba. Matanzas.
 - Quevedo Cala, A. 1983. Esquema hidrogeológico Prov. Cienfuegos. Cuenca CF-1. Cuba. Sta. Clara.
 - Shmidt, E. y A. Chong Li. 1991. Tomo Recursos de las aguas subterráneas de la Provincia de Matanzas. E.R.P. Cuba. Matanzas
 - Stanquevich, N. y D. Ferraz. 1987. Proyecto Reconstrucción canal Soplillar. Cuba. Matanzas.
 - Reportes de explotación. Archivos EIPI. Cuba. Matanzas.
 - Reportes de sondeos de los pozos. Archivos EIPI. Cuba. Matanzas.
 - Materiales de archivo de la EIPI. Cuba. Matanzas.
 - Materiales de archivo del Fondo Geológico Nacional. Cuba. La Habana.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL EN AGUAS

INDICATORS OF FECAL CONTAMINATION IN WATERS

Claudia Campos

Departamento de Microbiología. Universidad Javeriana.

Carrera 7 No. 43-82. Bogotá, Colombia.

campos@javeriana.edu.co

RESUMEN

El crecimiento de la población a escala mundial y el perfeccionamiento en el uso del agua para diferentes propósitos, ha incrementado los niveles de contaminación. La contaminación producida en relación a los efluentes domésticos e industriales que descargan en los diferentes cuerpos de agua. Los principales contaminantes, en el caso de los efluentes domésticos son la materia orgánica y los microorganismos de origen fecal. Estos microorganismos son la causa de las enfermedades relacionadas al agua, generando altos porcentajes de morbilidad y mortalidad entre la población. La determinación de estos microorganismos patógenos requiere una serie de análisis especializados sobre el agua potable y los efluentes. El diagnóstico de los microorganismos contaminantes también necesita sofisticados laboratorios, el análisis requiere varios días y sus costes son altos. Como una alternativa a todo estas dificultades, se ha propuesto el uso de los indicadores microbianos. Los indicadores microbianos tienen las ventajas que pueden ser identificar usando métodos del bajos costos, simples y rápidos. El presente estudio es una revisión de los principales

indicadores de contaminación fecal de importancia en la evaluación de la calidad de agua.

Palabras Clave: microorganismos entéricos, indicadores de contaminación

SUMMARY

The population growth at a global scale and the enhancement in the use of water for different purposes has increased the water contamination levels. The contamination produced is related to domestic and industrial wastewater dumping into the different water bodies. The principal contaminants, in the case of domestic wastewater are organic mater and microorganisms of fecal origin. These microorganisms are the cause of the water-related illnesses, generating high percentages of morbidity and mortality among the population. The determination of these pathological microorganisms requires a specialized set analysis to be made on drinking and wastewater. The contaminant microorganisms' diagnosis also needs sophisticated laboratories, the analysis requires several days and its costs are high. As an alternative to all of these inconveniences, it has been proposed to use instead, microbial indicators. Microbial indicators have the

advantage that they can be identified using simple, fast and low price methods. The present study reviews the principal indicators of fecal contamination and its significance in the evaluation of the water quality.

Key Words: enteric microorganism, contamination indicators.

INTRODUCCIÓN

El control de los parámetros físico-químicos y microbiológicos es muy importante tanto en los sistemas de potabilización como de depuración del agua. Sin embargo, en los lugares donde el agua es consumida por el hombre o es reutilizada, el factor de riesgo más importante está asociado con la exposición a agentes biológicos que incluyen bacterias patógenas, helmintos, protozoos y virus entéricos (Asano y Levine 1998).

Desde el punto de vista de la salud pública, los virus entéricos son el grupo de organismos patógenos más críticos, debido a que la dosis mínima infecciosa es muy baja, son muy resistentes a los sistemas de desinfección y el control a nivel de laboratorio es costoso (Ayres y Wescot 1987; Wescot y Ayres 1990).

La reutilización de aguas residuales se ha desarrollado fundamentalmente según las necesidades de agua, las tradiciones sanitarias y de depuración imperantes y las consideraciones socio-económicas. Las normativas a su vez, han evolucionado bajo la influencia de las fuerzas históricas y las tendencias sociales dominantes.

A pesar del establecimiento de diferentes tipos de legislación, existen dos de ellas que son las que con más frecuencia se utilizan como punto de referencia para evaluar la calidad microbiológica del agua residual recuperada. Estas son por un parte las recomendaciones de la OMS (Organización Mundial de la Salud) y por otra, la legislación del Estado de California.

Las recomendaciones de la OMS plantean un control de coliformes fecales y nemátodos intestinales; mientras que el criterio de California confía en que los sistemas de tratamiento y el control de la densidad de los coliformes totales sean suficientes para valorar la calidad microbiológica (Hespanhol y Prost 1994; Asano y Levine 1998).

Organismos indicadores de contaminación fecal

Los microorganismos más importantes en la evaluación de la calidad del agua son los microorganismos entéricos, los cuales se encuentran relacionados con enfermedades como la hepatitis infecciosa, cryptosporidiosis, giardiasis, fiebre tifoidea y gastroenteritis.

En los estudios ambientales y de otro tipo que lleven implícito un riesgo sanitario se hace imprescindible evaluar la calidad microbiológica o parasitológica del agua, por lo que es de gran importancia definir cuales son los indicadores más apropiados para ejercer el control y prever el riesgo de contaminación por microorganismos patógenos.

Existe un consenso general acerca de la dificultad de determinar la presencia de todos los microorganismos patógenos implicados en los procesos de contaminación ambiental, por lo que es necesario encontrar microorganismos, o grupos de ellos, que puedan ser utilizados para el seguimiento y la evaluación de los patógenos. Estos microorganismos son los denominados indicadores.

La presencia de indicadores en un medio acuático indica una contaminación general; sin embargo, su ausencia no es garantía de la buena calidad microbiológica del agua. El problema se ha presentado con la imposibilidad de encontrar un microorganismo que cumpla con todos los criterios para ser el indicador ideal.

A continuación vamos a citar de forma separada cada uno de los grupos de microorganismos (bacterias, virus y parásitos) que se pueden encontrar en el agua y que constituyen un riesgo para la salud pública. Plantearemos igualmente los microorganismos que se pueden utilizar en el control microbiológico y parasitológico del agua.

Bacterias

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. Debido a que su detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos,

se ha buscado un grupo alternativo de indicadores que sean de más rápida y fácil detección. El grupo más utilizado es el de las bacterias coliformes.

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que los coliformes:

- Son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente.
- Están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades.
- Permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas.
- Se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección.

Los coliformes fecales y *E. coli* en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras.

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5°C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Otro de los aspectos negativos del uso de los coliformes totales como indicador es el hecho de que algunos coliformes son capaces de multiplicarse en el agua (Madigan et al. 1997).

Virus

En contraste con las bacterias, los virus no se encuentran normalmente en las heces del hombre. Están presentes solamente en el tracto gastrointestinal de individuos que han sido afectados.

Más de 140 virus patógenos pueden ser transmitidos al hombre a través del agua. Estos son los virus entéricos eliminados a través de las heces de personas infectadas. Los más comunes son los virus causantes de gastroenteritis y el virus de la hepatitis. Algunos de estos virus (rotavirus, virus Norwalk) no generan una protección inmunitaria a largo plazo por lo que la infección puede repetirse varias veces a lo largo de la vida.

Acerca de los virus se sabe que, aun en bajas concentraciones, tienen la capacidad de causar infección o enfermedad. Algunos virus son más resistentes a la desinfección que los organismos coliformes, por lo que los indicadores tradicionales de contaminación bacteriana no evalúan de manera eficiente la presencia o ausencia de virus en el agua.

El poliovirus ha sido propuesto como indicador viral. Sin embargo, las cantidades de este virus encontradas en ambientes acuáticos son demasiado variables como para que sea considerado un buen indicador. Además de estas variaciones, la detección de virus entéricos requiere laboratorios especializados y los resultados tardan varios días. Estas dificultades en el uso de los enterovirus como indicadores de contaminación de origen fecal en el agua, ha llevado a la búsqueda de indicadores alternativos que sean de rápida y fácil detección y que permitan prever el comportamiento de los enterovirus en el medio ambiente. Estos indicadores son los fagos (Schwartzbrod 1995).

Se han propuesto dos tipos de fagos: colifagos somáticos y colifagos F específicos. Los argumentos que validan la propuesta son:

- Los fagos se encuentran abundantemente en agua residual y agua contaminada.
- Las poblaciones de colifagos son mucho más grandes que las de los enterovirus.
- Los colifagos son incapaces de reproducirse fuera del huésped bacteriano.
- Los colifagos se pueden aislar y contar usando métodos sencillos.
- Se obtienen resultados más rápidos cuando se analizan los colifagos que cuando se trabaja con enterovirus.
- Ciertos colifagos son tan resistentes como los enterovirus a los procesos de desinfección.

Los colifagos se relacionan directamente con su huésped bacteriano específico *E. coli*. Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, los coliformes fecales no son buenos indicadores de contaminación fecal, ya que desaparecen rápidamente. Por consiguiente es mejor usar microorganismos más resistentes, como los colifagos que reflejan mucho mejor los niveles de *Salmonella* (Kott et al. 1978; Borrego et al. 1987; Yates 1992).

Parásitos

Los parásitos que son patógenos para el hombre se clasifican en dos grupos: los protozoos y los helmintos. Los protozoos son organismos unicelulares cuyo ciclo de vida incluye una forma vegetativa (trofozoito) y una forma resistente (quiste). El estado de quiste de estos organismos es relativamente resistente a la inactivación por medio de los sistemas de tratamiento convencional de agua residual.

Los huevos de helminto son un grupo de organismos que incluye los nemátodos, tremátodos y cestodos. Las características epidemiológicas que hacen de los helmintos patógenos entéricos causantes de infección por contacto con agua contaminada, son su alta persistencia en el medio ambiente, la mínima dosis infecciosa, la baja respuesta inmune y la capacidad de permanecer en el suelo por largos periodos de tiempo.

El estudio de los huevos de helminto a nivel ambiental ha hecho necesaria la selección de un parásito indicador debido a las limitaciones en la detección a nivel de laboratorio. *Ascaris lumbricoides* se ha sugerido como un buen indicador del comportamiento de los huevos de helminto. Sus ventajas son:

- Persiste en el medio ambiente por muchos meses, pero no se multiplica.
- Se puede identificar fácilmente.
- El índice de parasitismo a nivel mundial es muy alto.
- El riesgo de transmisión es alto, debido a la elevada concentración de huevos que se puede encontrar.

Tampoco hay que olvidar que en la última década se ha dado gran importancia a la contaminación por *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*. Estos parásitos se consideran patógenos emergentes y la investigación, en el caso de la contaminación de aguas, se ha orientado básicamente a la detección a nivel de laboratorio y al estudio de procesos de desinfección que garanticen la eliminación de este tipo de quistes.

BIBLIOGRAFÍA

- Asano, T y Levine, D. 1998. Wastewater reclamation, recycling and reuse: an introduction. In wastewater reclamation and reuse. Edited by Takashi Asano. Technomic Publishing. Lancaster. 1528 pags.

- Ayres, R y Wescot, D. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO Riego y Drenaje, N° 29. Roma. p 8-101.

- Borrego, J., Moriño, M., De Vicente, A., Córmax, R. y Romero, P. 1987. Coliphages as an indicator of faecal pollution in water. Its relationship with indicator and pathogenic microorganisms. *Wat. Res.* 21, 1473-1480.

- Hespanhol, I. y Prost, M. 1994. WHO guidelines and national standards for reuse and water quality. *Wat Res.* 28, 119-124.

- Kott, Y., Ben Ari, H. y Vinour, L. 1978. Coliphages survival as viral indicator in various wastewater quality effluents. *Pro Wat Tech.* 10, 337-346.

- Madigan, M., Martinku, J. y Parker, J. 1997. Biología de los microorganismos. Prentice Hall. Madrid. Octava edición. 986 págs.

- Schwartzbrod, L. 1995. Effect of human viruses on public health associated with the use of wastewater and sludge in agriculture and aquaculture. WHO Collaboration Centre for Microorganisms in wastewater. Université de Nancy. World Health Organization. Geneva. 178 pags.

- Wescott, D y Ayres, R. 1990. Criterio de calidad de aguas de riego. En riego con agua residual municipal regenerada. Asano, T. Editado por Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. p 33-66.

- Yates, M. 1992. Biomonitoring of environmental contamination. *Encyclopedia of Microbiology.* Vol. 1. Academic Press, Inc New York. p 321-330.

DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS MEDIANTE ZONAS HÚMEDAS EN ELS HOSTALETS DE PIEROLA (BARCELONA, ESPAÑA)

URBAN WASTEWATER TREATMENT USING CONSTRUCTED WETLANDS IN
ELS HOSTALETS DE PIEROLA (BARCELONA, SPAIN)

Miguel Salgot salgot@farmacia.far.ub.es
Montse Folch monfol@farmacia.far.ub.es
Esther Huertas camposehurtas@farmacia.far.ub.es
Laboratorio de Edafología, Facultad de Farmacia,
Universidad de Barcelona. Avda. Joan XXIII, s/n. 08028, Barcelona.

RESUMEN

La EDAR de Els Hostalets de Pierola (provincia de Barcelona, España) trata las aguas que genera una población estable de aproximadamente 1200 habitantes que aumenta ligeramente en los meses de verano. En esta EDAR se proyectó un sistema de tratamiento secundario por infiltración-percolación de las aguas residuales procedentes de la población, y se instaló adicionalmente un piloto de “zona húmeda“ (wetland) que actúa como tratamiento terciario o como tratamiento secundario, según las necesidades de la planta. Después de dos años de funcionamiento (1999-2000) se ha evaluado la combinación de estas dos tecnologías blandas. En este trabajo se recoge principalmente la experiencia llevada a cabo en el piloto de humedales.

La construcción de zonas húmedas en pequeñas comunidades empieza a cobrar importancia en nuestro país. A partir de los resultados obtenidos en este estudio, se ha podido comprobar que estos sistemas son adecuados como tratamientos secundarios cuando se aplican caudales pequeños, consiguiendo reducciones importantes en materia orgánica, nutrientes y eliminación de microorganismos. Por otro

lado, las zonas húmedas cuando trabajan como tratamiento terciario logran mejorar la calidad microbiológica del efluente.

Palabras clave: Zonas húmedas construidas, nutrientes, materia orgánica, microorganismo, *Phragmites australis*, tratamiento secundario, tratamiento terciario.

SUMMARY

Els Hostalets de Pierola WWTP (Barcelona province, Spain) treats wastewater from a population of 1200 inhabitants approximately, which increases slightly in summer. This WWTP has infiltration-percolation as secondary treatment. These biofilters treats all wastewater generated by the town. Additionally a pilot of constructed wetland was installed, working as secondary or tertiary treatment depending on the necessities of the facility. After two years of functioning (1999-2000), these soft technologies are evaluated. This work explains basically the experience achieved in constructed wetlands. The implementation of constructed wetlands in small communities begins to be important in our country. The obtained results show that constructed

wetlands as secondary treatment when low flows are applied allows an important removal of organic matter, nutrients and microorganisms. On the other hand, constructed wetlands working as tertiary treatment improve microbiological quality of the effluent.

Key words: Constructed wetlands, nutrients, organic matter, microorganisms, *Phragmites australis*, secondary treatment, tertiary treatment.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de zonas húmedas para la depuración de aguas residuales se enmarcan dentro de las tecnologías denominadas blandas o extensivas. Los mecanismos que tienen lugar en estos procesos son complejos, y engloban filtración, sedimentación y precipitación química, así como oxidación bacteriana (Cooper et al, 1996).

En los humedales construidos, con flujo subsuperficial sobre sustrato sólido, con macrófitos;

se encuentran zonas aerobias situadas alrededor de las raíces y rizomas de la planta, alrededor de las cuales se instalan y desarrollan colonias bacterianas. Al mismo tiempo, el sustrato sirve también como superficie para el desarrollo de colonias bacterianas, aerobias o anaerobias (Gersberg et al., 1989).

Las plantas transportan el oxígeno desde las hojas y tallos hasta las raíces, creándose cerca de la rizosfera una zona adecuada para que las bacterias heterótrofas aerobias oxiden la materia orgánica, aunque el oxígeno aportado no sea suficiente para mantener la aerobiosis en todo el volumen de la mezcla sustrato-raíces. Por tanto, podemos pensar también en una interfase entre la zona aerobia y anaerobia, y en este medio cambiante tienen lugar los procesos de nitrificación-desnitrificación y las transformaciones de los elementos contaminantes, que se encuentran reseñados en la Tabla 1.

Componentes del agua residual	Mecanismos de modificación/eliminación
Sólidos en suspensión	Sedimentación Filtración
DQO disuelta	Oxidación biológica
DQO particulada	Filtración
Nitrógeno	Oxidación química del nitrógeno orgánico y amoniacal Crecimiento de la planta Adsorción de la matriz Volatilización del amonio
Fósforo	Adsorción a la matriz Crecimiento de la planta
Metales	Adsorción e intercambio catiónico Complejación Precipitación Crecimiento de la planta Oxidación /reducción
Patógenos	Sedimentación Filtración Radiación UV Depredación microbiana

Tabla 1. Mecanismos de depuración en el sistema de humedales.

MATERIAL Y MÉTODOS

La EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) de Els Hostalets de Pierola (provincia de Barcelona, España), en la que se ha trabajado, consta de los siguientes procesos (ver figura 1):

- pretratamiento
- tratamiento primario
- tratamiento secundario por Infiltración-Percolación modificada (IPm), con dos biofiltros con posibilidad de recirculación
- tratamiento terciario por zonas húmedas (con posibilidad de trabajar como secundario)

El agua residual llega a la planta por gravedad mediante un colector. En primer lugar, se cuenta con un pretratamiento para eliminar el material grueso (arena, grava, etc.); mediante una cámara de sólidos, un tornillo automático Huber™ o un sistema de eliminación manual para las situaciones de emergencia.

El material procedente del pretratamiento se compacta y deshidrata; y se evacua a un contenedor, eliminándose como residuo urbano.

Después del pretratamiento encontramos una sedimentación para eliminar la materia en suspensión y sólidos que han sobrepasado el pretratamiento. El decantador es una fosa Imhoff modificada, de forma circular (diámetro 6,60 m y profundidad 4,25 m) que constituye la parte central de una doble corona. La corona externa se encuentra dividida en dos partes; una mitad se utiliza como tanque de acumulación de fangos y la otra como balsa de homogeneización de las aguas residuales afluentes. El fango generado se evacua del decantador mediante una válvula telescópica y se transporta en forma líquida hasta otra EDAR, para su tratamiento (Pigem et al., 1999).

El agua decantada puede pasar al tanque de homogeneización o puede ir directamente a la estación de bombeo donde es distribuida a los dos biofiltros de IPm (tratamiento secundario) y de aquí a las zonas húmedas (tratamiento terciario). Por diseño, existe la posibilidad de que parte del agua decantada pase a las zonas húmedas, que en este caso actuarían como tratamiento secundario. El agua residual tratada se evacua a un arroyo (Riera de Claret).

El piloto de zonas húmedas consta de dos tanques rectangulares de 200 m² cada uno. Ambos humedales presentan una comunidad vegetal específica, de

Phragmites australis. Las parcelas se encuentran impermeabilizadas. La evacuación del efluente tratado se lleva a cabo mediante una tubería flexible que permite el control de evacuación por elevación o descenso. La profundidad de los “wetlands” es aproximadamente de 60 cm, con una pendiente del 1%. El lecho filtrante o substrato está formado por gravas de naturaleza calcárea. Se puede constatar el nivel de agua de las zonas húmedas mediante un piezómetro instalado al final de la parcela. Estas son las características comunes para ambas zonas húmedas, que no obstante, difieren en el tamaño de grava y en la posibilidad de alimentación, tal como se muestra en la Tabla 2.

Protocolo experimental

Durante los dos años de trabajos, se tomaron muestras cada semana durante 14 meses y en distintos puntos, aunque sólo referiremos los resultados correspondientes a los muestreos relacionados con las zonas húmedas, que serán los de agua de entrada y salida de las zonas húmedas como tratamiento secundario y del agua de entrada y salida de las zonas húmedas empleadas como tratamiento terciario.

La Tabla 3 muestra los caudales y cargas hidráulicas aplicados en las zonas húmedas 1 y 2. Las filas grises indican los meses que los humedales han trabajado como tratamiento secundario; y ⁽¹⁾ indica los períodos en que la aplicación del agua en la zona húmeda 2 se ha realizado mediante goteros (entrada vertical del agua); Para cada uno de los puntos de muestreo se analizaron parámetros físico-químicos y microbiológicos (ver Tabla 4). La toma de muestra para la determinación de los parámetros físico-químicos se realizó en recipientes de 500 mL de capacidad; para los microbiológicos en recipientes estériles de 100 mL de capacidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

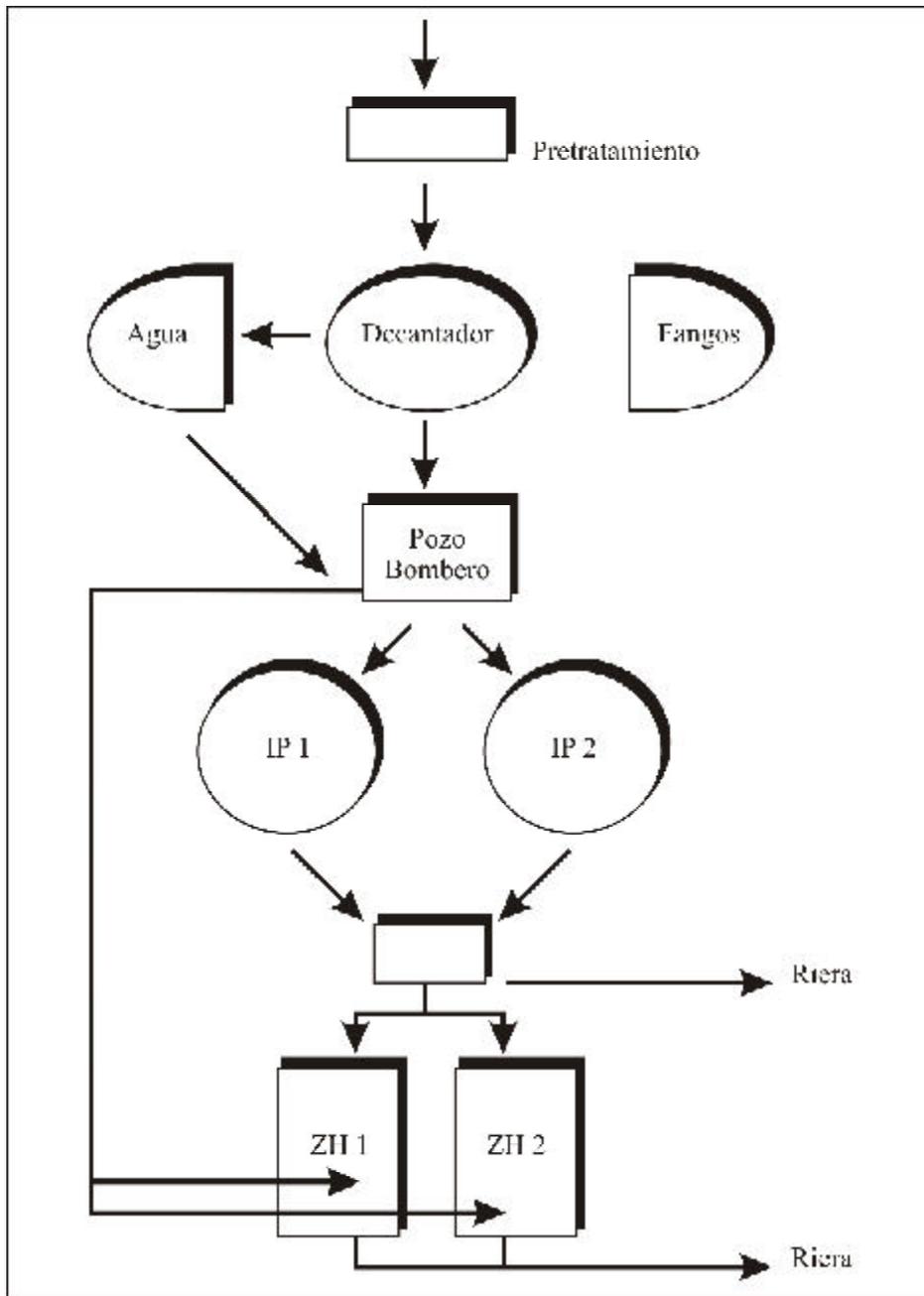
En este apartado se muestran los resultados obtenidos en relación con las zonas húmedas diferenciando el tipo de tratamiento (secundario o terciario).

Zonas húmedas como tratamiento secundario

En la Tabla 5 se presentan los valores medio, mínimo y máximo de los parámetros analizados en el

Características	Zona húmeda 1	Zona húmeda 2
Granulometría del techo de grava	2-6 mm	10-15 mm
Aplicación del agua	Subsuperficial horizontal (por gabión desde una tubería)	Por gabión con goteros hasta la mitad de la parcela

Tabla 2. Características que diferencian las dos zonas húmedas de la EDAR de Els Hostalets de Pierola.



agua procedente de primario, aplicada a las zonas húmedas en el periodo de estudio. Se observa cierta variabilidad de los parámetros estudiados a lo largo de este periodo, debido a la presencia de una industria alimentaria que vierte sus aguas al sistema de alcantarillado del núcleo urbano de Els Hostalets de Pierola.

En las figuras siguientes se muestra la evolución de los parámetros estudiados (eje de abscisas) a su paso por los humedales como tratamiento secundario. Debemos señalar que los resultados que se indican en las gráficas corresponden a la media de los datos obtenidos en cada mes (eje de ordenadas).

Los resultados presentados en la figura 3 muestran la evolución de la DQO_T . El afluente se caracteriza por concentraciones altas en materia orgánica (media de 480 mg/L, alcanzando un máximo de 600 mg/L), y se reduce hasta un valor medio de 174 mg/L para la ZH1, que se traduce en una reducción media del 62%; y de 191 mg/L para la ZH2 con una reducción media del 59%.

Figura 1. Esquema de la EDAR de Hostalets de Pierola (Barcelona, España)

Periodo	Zona Húmeda 1		Zona Húmeda 2	
	Caudal (m ³ /día)	Carga hidráulica (m ³ /día)	Caudal (m ³ /día)	Carga hidráulica (m ³ /día)
Mayo 1999 ⁽¹⁾	7.7	0.019	8.0	0.020
Junio 1999 ⁽¹⁾	20.2	0.050	20.4	0.051
Julio 1999 ⁽¹⁾	34.4	0.086	20.4	0.080
Agosto 1999	34.0	0.085	32.2	0.078
Setiembre 1999	22.3	0.056	31.2	0.063
Octubre 1999	7.3	0.018	25.4	0.020
Noviembre 1999 ⁽¹⁾	6.0	0.015	8.2	0.015
Diciembre 1999 ⁽¹⁾	5.6	0.014	6.0	0.017
Enero 2000	6.1	0.014	6.8	0.015
Marzo 2000 ⁽¹⁾	8.1	0.020	6.2	0.019
Abril 2000	8.1	0.020	7.6	0.036
Mayo 2000	21.0	0.052	14.5	0.036
Junio 2000	14.8	0.037	14.3	0.036
Julio 2000	21.2	0.053	19.0	0.047
Julio 2000	20.7	0.052	23.0	0.057

Tabla 3. Caudales y alimentación del sistema de zonas húmedas.

Parámetro	Método analítico
PH	Standard Methods (1998). Referencia 4500-H. Se ha utilizado un pHmetro Crison, modelo micropH 2002
Conductividad	Standard Methods (1998). Referencia 4500-IL. Se ha utilizado un conductímetro Crison, modelo micropH 525
N-NH ₄ ⁺	Se procedió igual que para el nitrógeno total Kjeldahl, excepto en que no es necesaria la digestión de la muestra
N-NO ₃ ⁻	Standard Methods (1998). Referencia 4500-NO ₃ Se trabajó con cromatografía líquida iónica HPLC, cromatógrafo KONIK modelo KNK 500, con columna Waters IC-PAK a 35°C
D.Q.O.	Standard Methods (1998). Referencia 5220 C Closed Reflux, titrimetric Method
S.S.	Standard Methods (1998). Referencia 2540B
PO ₄ ³⁻	Standard Methods (1998). Referencia 4500P. Se ha utilizado un espectrofotómetro modelo Philips Pu8620
K ⁻	Standard Methods (1995). Referencia 3500-K Flame emission Se trabajó con fotómetro de llama modelo Jenway PFP 7
Coliformes fecales	Standard Methods (1998). Referencia 9222-D Fecal Cliform Membrane Filtre Procedure
Colifagos somáticos	ISO/DIS (1999). Referencia 10705-2 Enumeration of Somatic Coliphages
Bacterifagos RNA-específicos	ISO/DIS (1995). Referencia 10705-1 Enumeration of F-Specific RNA Bacteriophages

Tabla 4. Parámetros analizados y métodos analíticos empleados.

Parámetros	Entrada ZH		
	Mínimo	Media	Máximo
PH	6.96	7.37	8.16
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	810	1891	2390
SS (ppm)	109	204	587
DQO (ppm)	345	748	1797
$\text{NH}_4\text{-N}$ (ppm)	29.4	54.9	70.2
$\text{NO}_3\text{-N}$ (ppm)	0.0	0.8	3.7
$\text{PO}_4\text{-P}$ (ppm)	12.0	23.0	36.2
Coliformes Fecales (ulog)	6.64	7.23	7.62
Colifagos somáticos (ulog)	5.94	6.64	7.17
Bacteriofagos RNA	5.56	5.83	6.06
T-específicos (ulog)			

Tabla 5. Características del agua de entrada a los humedales (tratamiento secundario).

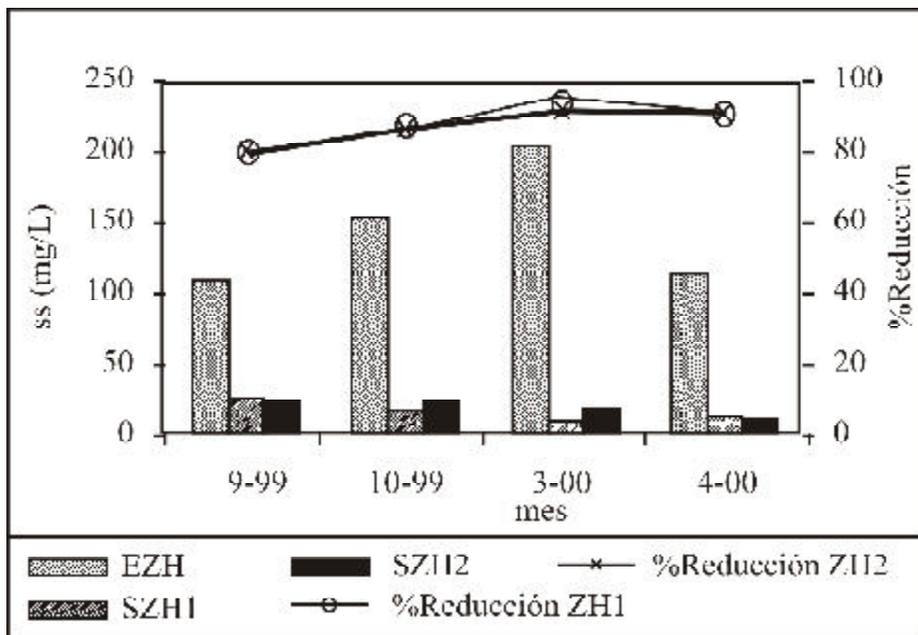


Figura 2. Evolución de los SS en las ZH (secundario).

La figura 5 muestra la evolución del nitrógeno amoniacal. Los resultados muestran una disminución del 78% para la ZH1 y del 70% para la ZH2, hecho que se explica por una desnitrificación del efluente, ya que el agua de salida de las ZH no presenta otras formas nitrogenadas (nitratos y nitritos), y por una volatilización del amonio del agua de entrada a los humedales.

El afluente muestra una concentración media de 40.37 mg/L, valor que disminuye hasta concentraciones nulas o hasta un máximo de 13.78 mg/L para la ZH1 ; y en el caso de la ZH2 varía entre 2.28 y 13.80 mg/L.

La figura 6 muestra la evolución de los CF cuando los humedales trabajan como tratamiento secundario. La concentración de CF se ve reducida entre 1.73 y 4.47 ulog para la ZH1, mientras que la ZH2 consigue reducciones de entre 2.15 y 4.60 ulog.

Discusión de los resultados correspondientes a las ZH como tratamiento secundario

La eliminación de SS ha sido efectiva, consiguiéndose reducciones que alcanzan el 99%; y podemos indicar que esta reducción ha tenido lugar mediante los mecanismos de filtración y sedimentación. Los SS han sido posteriormente digeridos en parte por bacterias en la zona aerobia superior; este hecho se pone de manifiesto debido a la ausencia de colmatación en las zonas húmedas.

Con relación a los parámetros de DQO y DBO₅, se consiguen reducciones de 62% y 92% respectivamente. Estos resultados coinciden con la bibliografía consultada (Cooper et al., 1996; Reed et al., 1995; APHA, 1998). La materia orgánica es degradada aeróbica o anaeróbicamente dependiendo de la disponibilidad de oxígeno en los puntos de deposición. La disponibilidad de oxígeno es mayor en los primeros centímetros de la matriz filtrante. La descomposición final vendrá dada por la degradación anaerobia, siendo éste un proceso más lento que el aeróbico.

En cuanto a las formas nitrogenadas se consiguen reducciones del 78%. No se han detectado nitratos/nitritos en el efluente, por lo que se podría decir que ha tenido lugar una nitrificación/desnitrificación, conjuntamente con la adsorción de amonio a la matriz, y un posible consumo de amonio por parte de la planta (Platzer & Netter, 1994).

En cuanto al nivel de desinfección se ha obtenido una media de reducción de 3 ulog, mejorándose la calidad microbiológica del efluente.

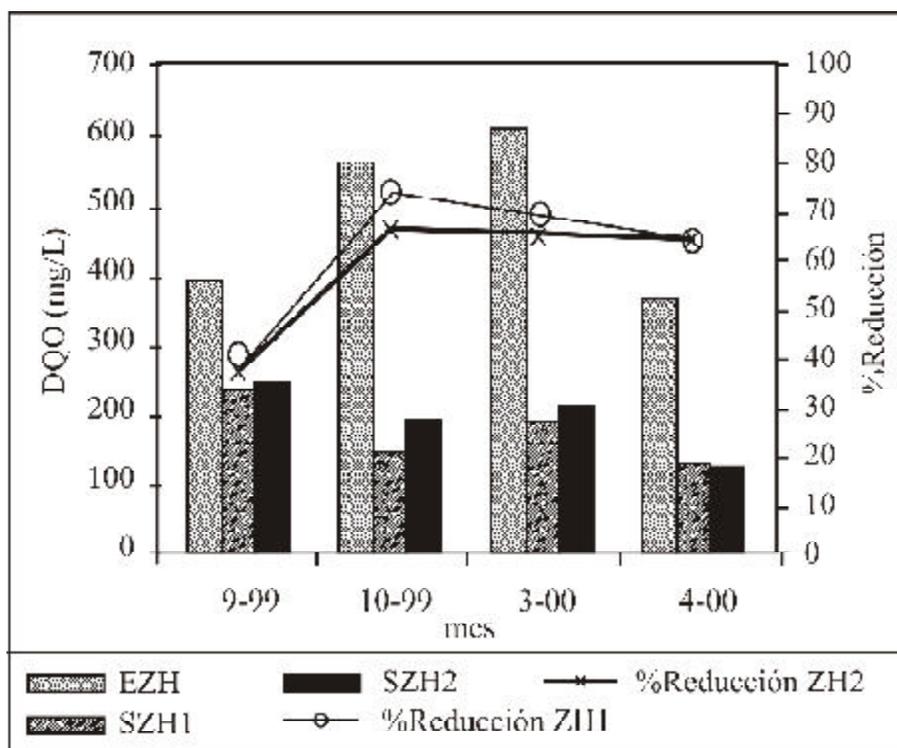


Figura 3. Evolución de la DQO_T en las ZH (secundario).

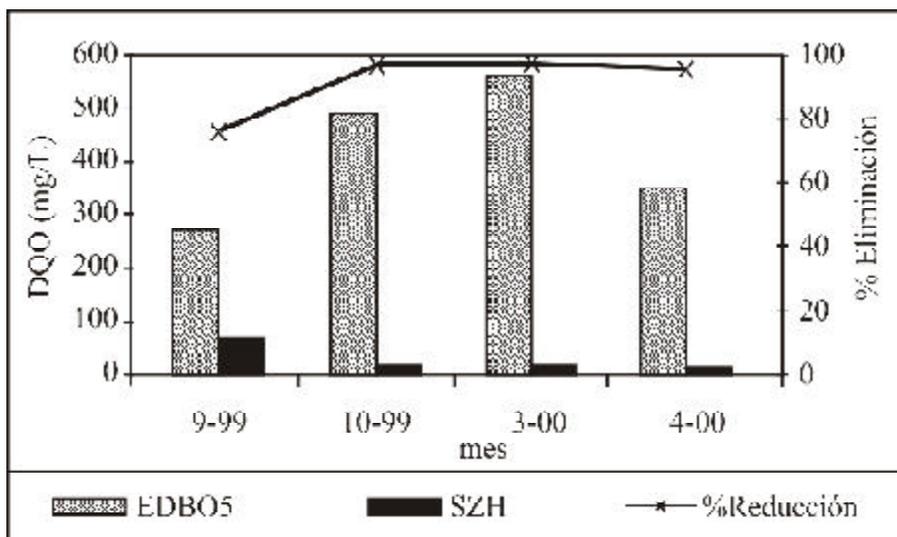


Figura 4. Evolución de la DBO₅ en las ZH (secundario).

Zonas húmedas como tratamiento terciario

En la Tabla 6 se presentan los valores medio, mínimo y máximo de los parámetros analizados en el agua procedente de secundario por IPM aplicada a las zonas húmedas en el periodo de estudio.

Se observa que el agua de entrada a las ZH empleadas como tratamiento terciario es un agua de

muy buena calidad con concentraciones bajas en SS y en materia orgánica. Este afluente se caracteriza por presentar como forma nitrogenada predominante nitrógeno en forma de nitratos, debido al proceso de nitrificación que tiene lugar en los biofiltros (tratamiento secundario).

En las figuras siguientes se muestra la evolución de los parámetros que presentaron variaciones más importantes (eje de abscisas) a su paso por los humedales como tratamiento terciario. Debemos indicar que los resultados que se indican en las gráficas corresponden a la media de los datos obtenidos en cada mes (eje de ordenadas).

En la figura 7 se representa la evolución de los SS. Tal y como se ha comentado anteriormente, el agua de entrada a las ZH se caracteriza por las bajas concentraciones en SS, con una media de 1.82 mg/L. Ocasionalmente, se observa un aumento de los SS a la salida de los humedales, debido al arrastre de materia que provoca el paso del agua.

La figura 8 muestra la evolución de la DQO en los humedales. Cuando las ZH trabajan como tratamiento terciario no presentan reducciones importantes de la DQO. Los valores de reducción varían entre los dos sistemas, con medias de 13.6 y 14.1 para la ZH1 y ZH2 respectivamente. Se puede apreciar algún caso con una concentración de salida superior a la de entrada, producida por el arrastre de materia orgánica.

La figura 9 muestra la evolución de la DBO₅. Las zonas húmedas como tratamiento terciario no generan reducciones importantes de la DBO₅; la media de reducción se sitúa en el 16.2%.

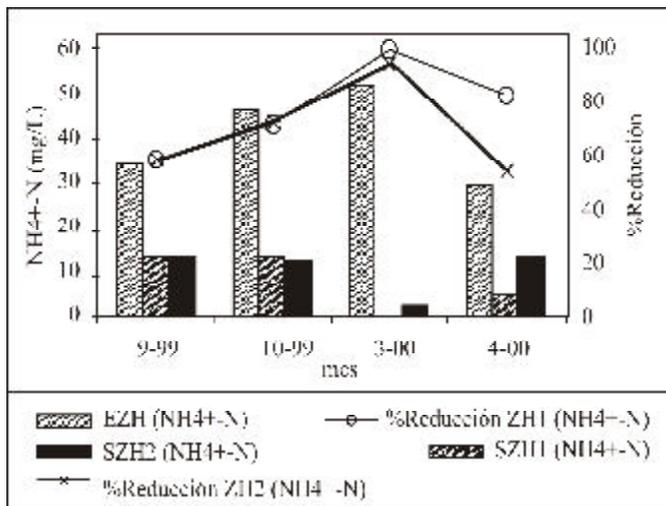


Figura 5. Evolución del amonio en las ZH (secundario).

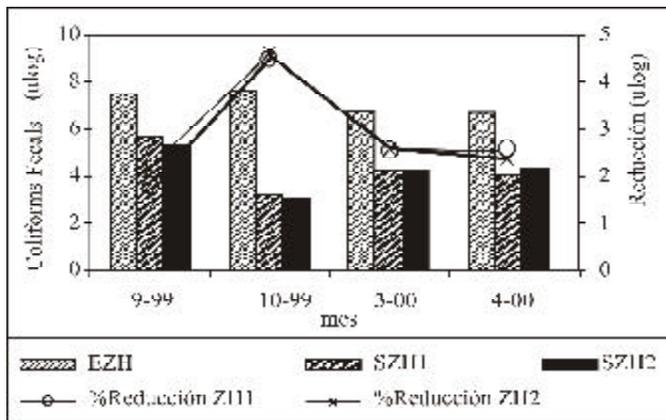


Figura 6. Evolución de los Coliformes Fecales en las ZH (secundario).

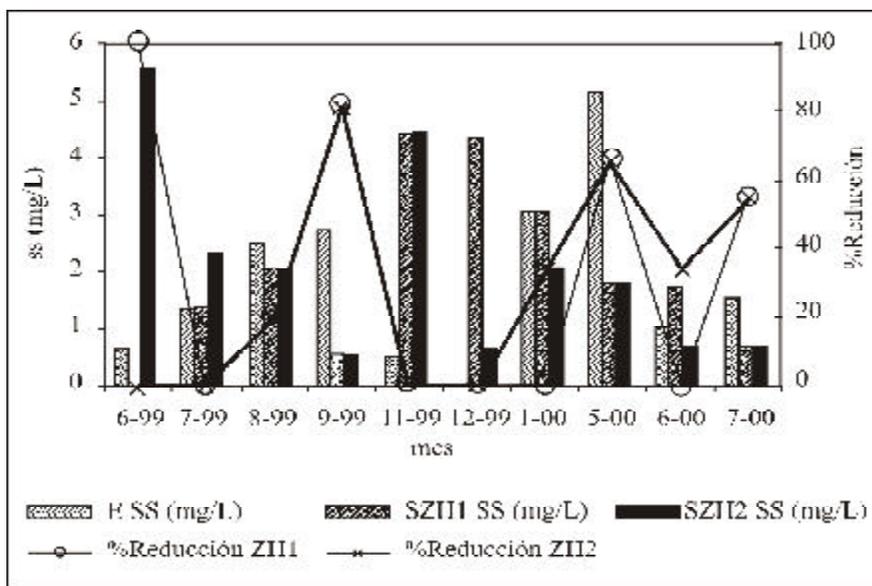


Figura 7. Evolución de los SS en las ZH (terciario)

Parámetros	Entrada ZH		
	Mínimo	Media	Máximo
PH	6.71	6.97	7.20
Conductividad (μ S/cm)	1177	1957	2440
SS (ppm)	0.0	2.7	8.7
DQO (ppm)	98	173	33
NH ₄ ⁺ -N (ppm)	0.0	9.3	44.2
NO ₃ ⁻ -N (ppm)	6.3	30.6	56.7
Coliformes Fecales (uolog)	0.62	9.06	28.20
Colifagos somáticos (uolog)	1.00	3.66	5.13
Bacteriofagos RNA	6.71	6.97	7.20
F-específicos (uolog)	1.83	1.99	2.18

Tabla 6. Características del agua de entrada a los humedales empleados como tratamiento terciario.

La figura 10 muestra la evolución de las formas nitrogenadas. A partir de los resultados obtenidos se observan dos tipos de respuesta por parte del sistema:

- a) desnitrificación total cuando se han aplicado pequeños caudales (inferiores a 10 m³/día).
- b) disminución importante de la desnitrificación cuando los caudales de entrada a las ZH han variado entre los 20 y 34 m³/día.

Estas respuestas del sistema se explican por la diferencia en tiempos de retención del agua en los humedales. Hay que destacar que para aumentar el rendimiento en la eliminación del nitrógeno es importante el control del caudal de entrada a las zonas húmedas.

La figura 11 muestra la evolución del fósforo, durante el funcionamiento del sistema. Se puede apreciar una clara tendencia a la eliminación de P del afluente, con una reducción media del 75%, consiguiéndose uno de los objetivos principales del sistema como tratamiento terciario, que es la eliminación de nutrientes.

La figura 12 nos muestra la evolución de coliformes fecales. El sistema de ZH como tratamiento terciario tiene capacidad para mejorar las características microbiológicas del agua de salida con reducciones que alcanzan 3 uolog.

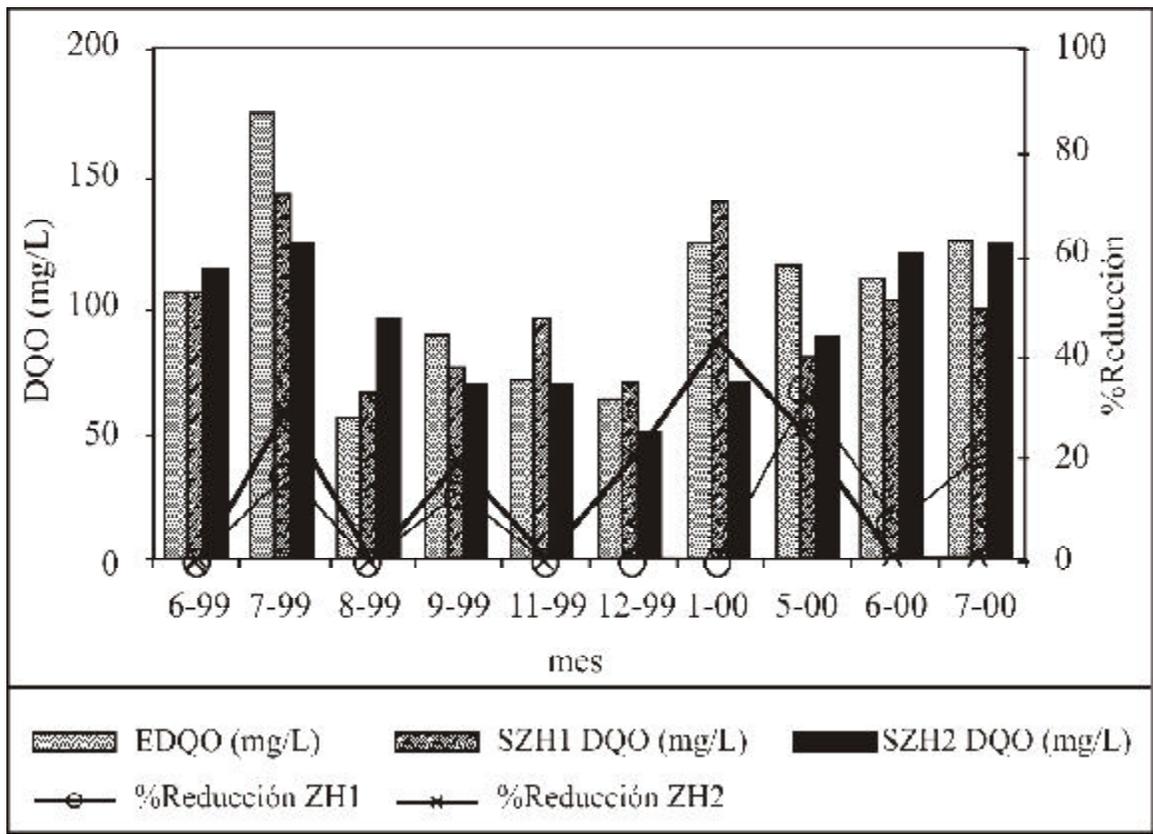


Figura 8. Evolución de la DQO en las ZH (terciario).

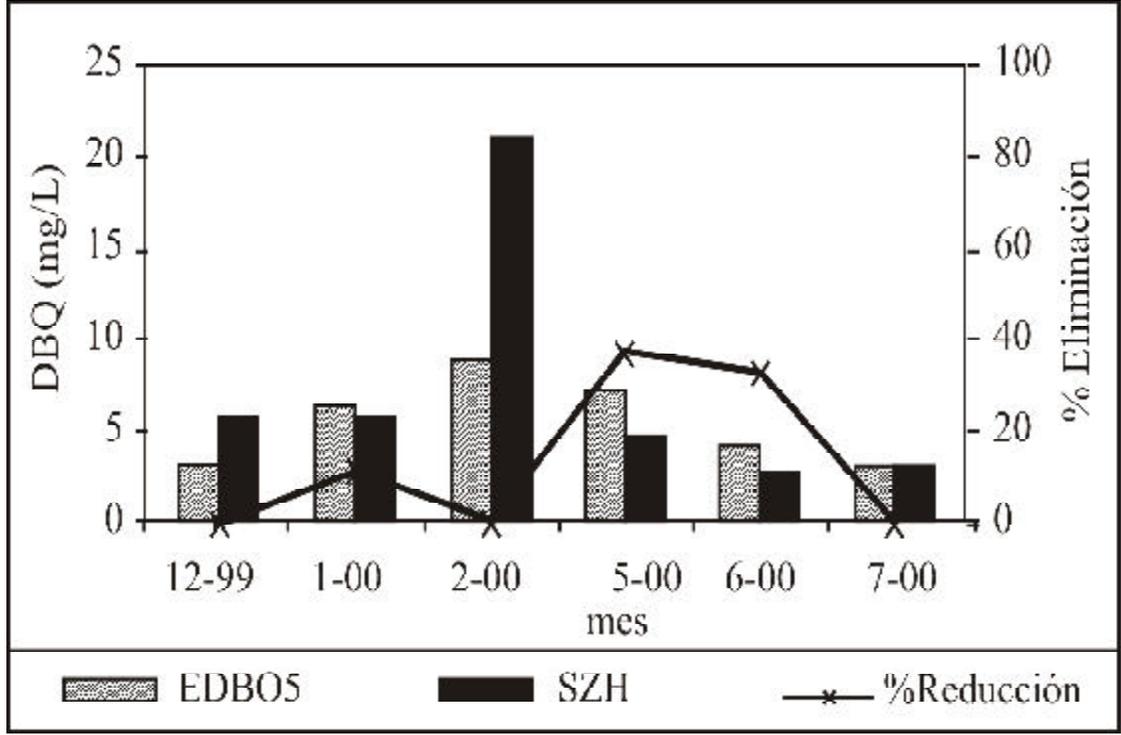


Figura 9. Evolución de la DBO₅ en las ZH (terciario).

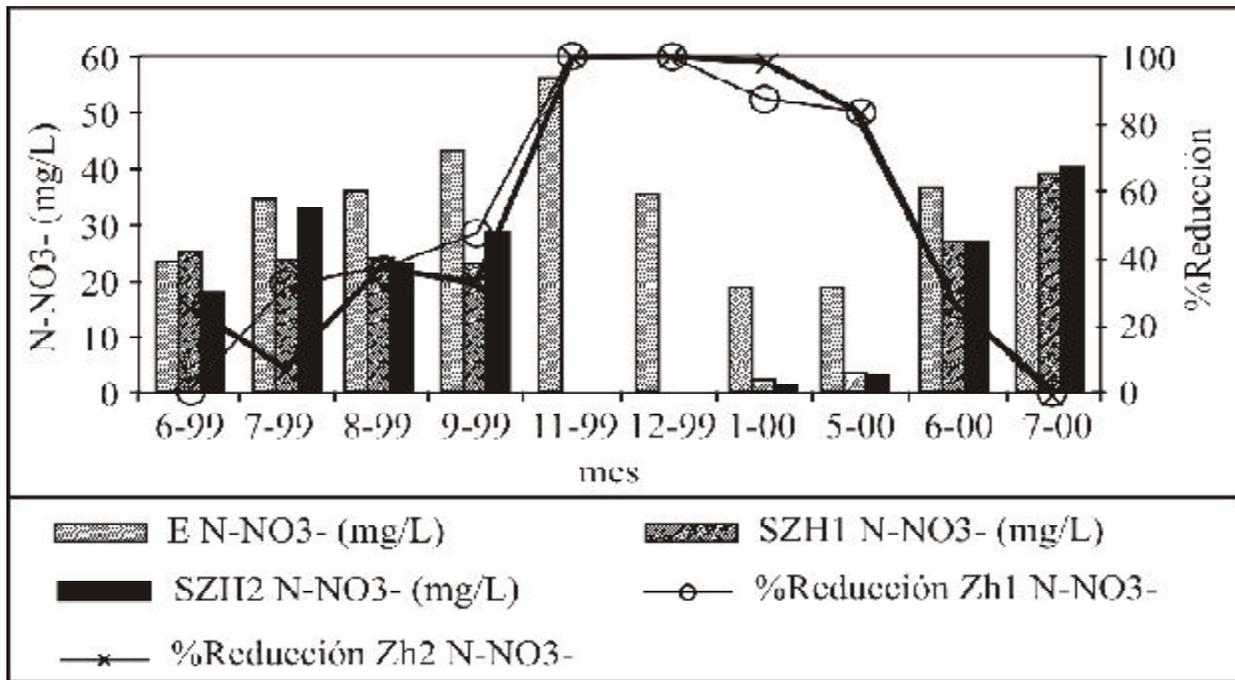


Figura 10. Evolución de las formas nitrogenadas en las ZH (terciario).

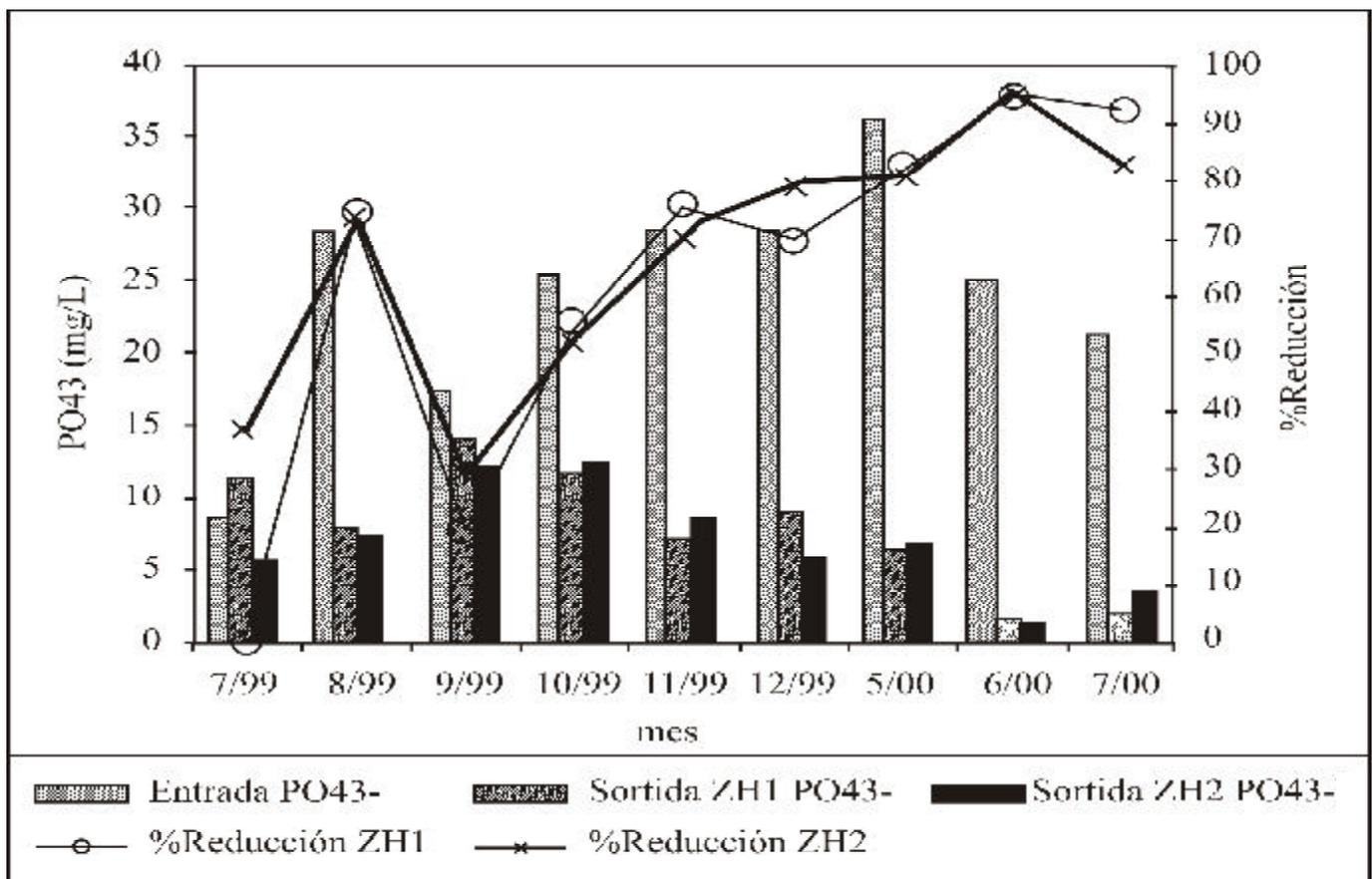


Figura 11. Evolución del fósforo en las ZH (terciario).

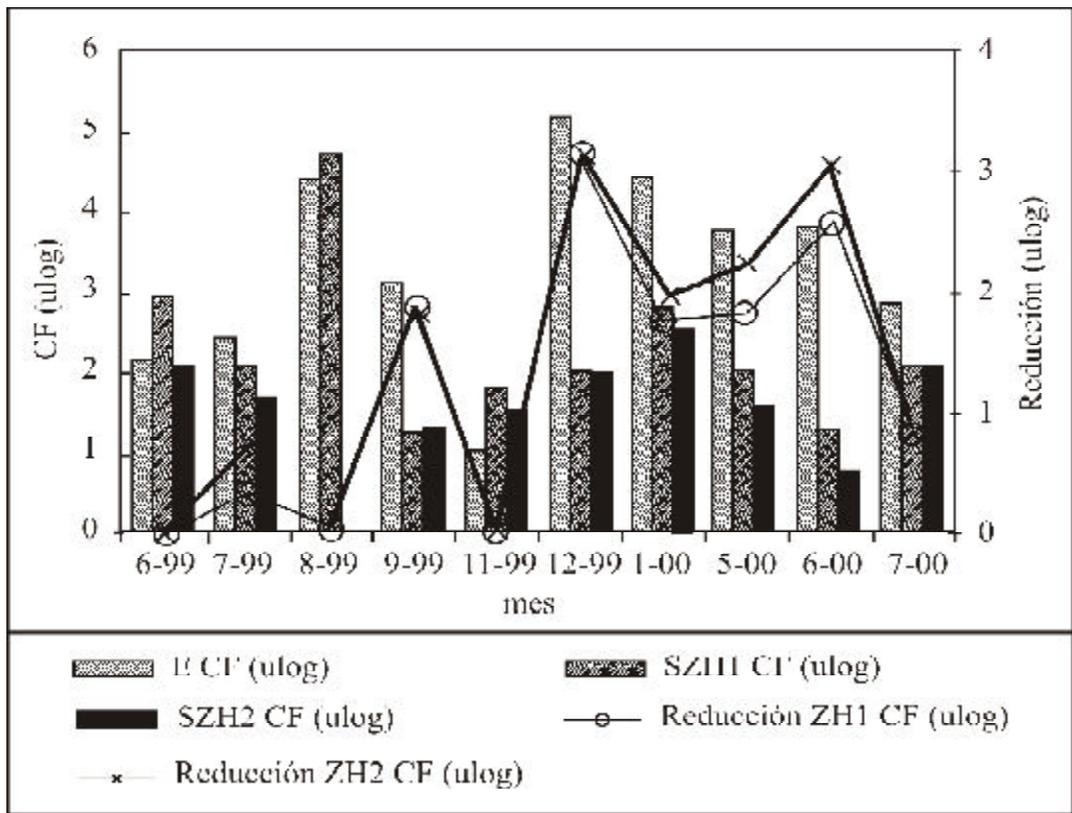


Figura 12. Evolución de coliformes fecales en las ZH (terciario).

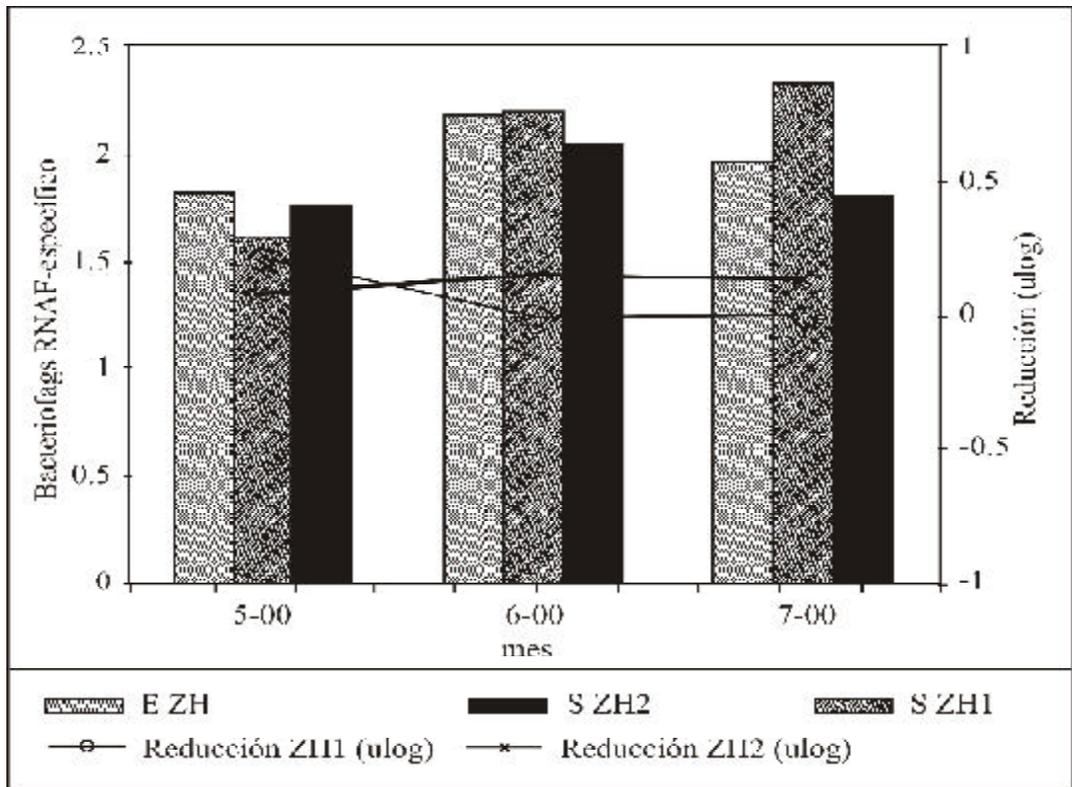


Figura 13. Evolución de Bacteriofagos RNA F-específicos y colifagos somáticos (terciario).

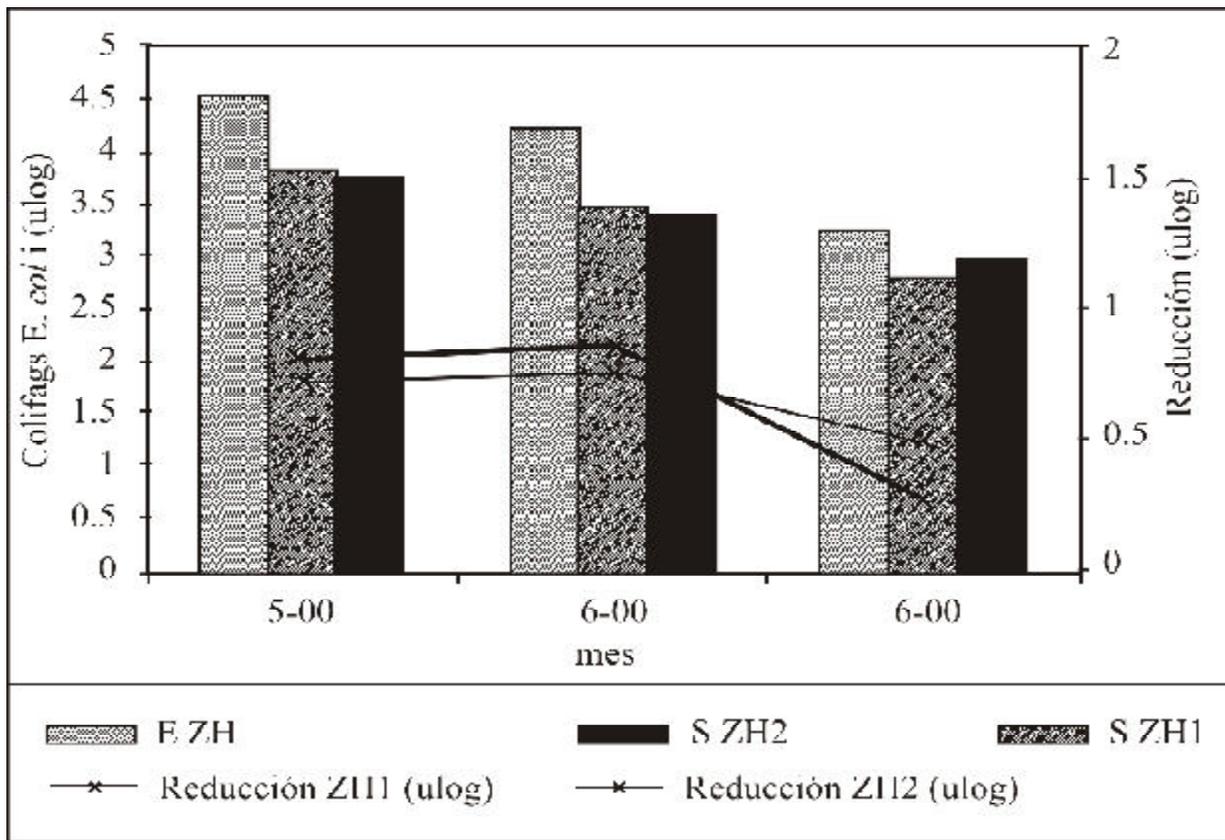


Figura 14. Evolución de Bacteriofagos RNA F-específicos y colifagos somáticos (terciario).

Con relación a los indicadores virales estudiados, el sistema de humedales mejora las características del agua aplicada en cuanto a los colifagos somáticos, reduciendo hasta 1 uolog su contenido; en cuanto a los bacteriofagos RNA F-específicos no se observan variaciones.

Discusión de los resultados correspondientes a las ZH como tratamiento terciario

Las zonas húmedas como tratamiento terciario han mejorado, en general, la calidad del efluente procedente del sistema secundario (IPm) (Campos, 1999). Esta mejora se ha dado básicamente en los coliformes fecales, consiguiéndose una reducción media de 1.54 uolog. Por otro lado, se ha observado una reducción de alrededor de una uolog para los colifagos somáticos y de tan solo 0.12 uolog para los bacteriofagos RNA-F específicos.

En cuanto a SS, DQO y DBO_5 , no se observan reducciones significativas. Tal y como ya se ha

indicado, podemos encontrar casos con concentraciones superiores a las de entrada, debido principalmente al arrastre de materia orgánica (materia vegetal).

Con relación al nitrógeno, se han podido apreciar dos tipos de respuesta por parte del sistema; una desnitrificación total cuando se han aplicado pequeñas cargas hidráulicas, posiblemente atribuible a tiempos de retención largos del agua en los humedales y una disminución importante de la desnitrificación para cargas hidráulicas mayores, que hacen disminuir el tiempo de retención en el sistema.

Con relación a los fosfatos, se consigue una reducción media del 75%. La reducción de fosfatos debe ser conseguida cuando el medio receptor es considerado zona sensible.

Se ha podido observar que el rendimiento del sistema depende más del caudal aplicado que de la carga contaminante del agua residual.

CONCLUSIONES

El uso de los humedales como tratamiento secundario de aguas residuales no es una práctica habitual en nuestro país; a pesar de ello, a lo largo de nuestro estudio se ha podido constatar que es un sistema adecuado como tratamiento secundario para pequeños caudales.

Las zonas húmedas también se han mostrado como sistemas adecuados para el tratamiento de aguas residuales al utilizarlas como tratamiento terciario, mejorando la calidad final del efluente.

Hemos podido constatar el buen funcionamiento como secundario con cargas hidráulicas bajas, consiguiéndose reducciones del 96% en SS, 62% en DQO; 92% en DBO₅ y eliminación de las formas nitrogenadas de hasta un 78% con un alto grado de desinfección.

En cuanto al funcionamiento de las zonas húmedas como tratamiento terciario se consiguen pequeñas mejoras en cuanto a SS, DQO y DBO₅; una mejora en cuanto a la calidad microbiológica y una reducción media de fosfatos del 75% en las condiciones de elevada calidad del secundario de nuestro caso.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWA, WEF. 1998. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20ava edn. Washington D.C.

- CAMPOS, C. 1999. *Indicadores de contaminación fecal en la reutilización de agua residual regenerada en suelos*. Tesis Doctoral en Biología, Universidad de Barcelona, España.

- COOPER, P; G JOB; M GREEN & R SHUTES. 1996. *Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment*. Severn Trent Water. WRc Swindon. UK.

- Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas D.O.C.E., L 135: 0040-0052.

- GERSBERG, R.; R GEARHEART & M IVES. 1989. *Constructed wetlands for wastewater treatment: municipal, industrial and agricultural*. Lewis, USA.

- ISO/DIS, 1995. *Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages*. Pp. 1- 17.

- ISO/DIS, 1999. *Water quality - detection and enumeration of bacteriophages*. Pp. 1-15.

- PIGEM, J; R MARZO; J DE LA PEÑA; R LLAGOSTERA & C VERGÉS ET AL. 1999. Infiltración/percolación y humedales como tratamientos blandos en la depuración de aguas residuales. *Tecnología del agua*. (186): 48-53.

- PLATZER, C & R NETTER. 1994. Factors affecting nitrogen removal in horizontal flow reed beds. *Wat. Sci. Tech.* 29 (4): 319-324.

- REED, S; R CRITES & E MIDDLEBROOKS. 1995. *Natural systems for waste management and treatment*. Mc Graw-Hill, 2da edn, USA.

GLOSARIO DE HUMEDALES LATINOAMERICANOS

GLOSSARY OF LATIN AMERICAN WETLANDS

Juan José Neiff

Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Técnicas,
Centro de Ecología Aplicada. Casilla de Correo 291- 3400 Corrientes, Argentina.
neiff@arnet.com.ar

Sylvina Lorena Casco

Becaria del CONICET en el Centro de Ecología Aplicada (CECOAL)
Casilla de Correo 291- 3400 Corrientes, Argentina.
sylvina@arnet.com.ar

Juan Carlos Arias

Instituto SINHI, Sede Leticia, Amazonas, Colombia.
juanariasg@yahoo.com

RESUMEN

Las tierras bajas de América Latina ocupan más de un millón de kilómetros cuadrados. Las civilizaciones antiguas, tanto indígenas como europeas, se desarrollaron en las áreas circundantes humedales. Los animales, plantas, los cuerpos de agua, recibieron nombres diferentes y, hoy así mismo, los humedales reciben nombres distintos en países o regiones, que impiden el uso de la información publicada. Un problema similar ocurre cuando se planea el manejo de estos ecosistemas. Esta contribución intenta ayudar a los estudiantes, profesores, investigadores y proyectistas que necesitan conocer sobre los humedales. Más de setecientos términos habitualmente usados por las personas que viven y estudian los humedales fueron incluidos en este glosario. Para algunas palabras se menciona la etimología y la palabra equivalente en otros países. Además de la experiencia de los autores, se ha usado más de treinta diccionarios y glosarios publicados para ciencias afines y algunos trabajos recientes en la ciencia de los humedales.

Palabras clave: glosario, humedales, Latinoamérica, Sudamérica, tierras bajas, áreas anegables.

SUMMARY

The low lands of Latin America occupy more than a million square kilometers. The ancient civilizations so much aboriginal as European were developed in surrounding areas of the wetlands. The animals, plants, water bodies received different names and, today oneself wetland receives different names in different countries or regions that hinders the use of the published information that takes place in different areas. Similar problem occurs when it plans the handling of these ecosystems. This contribution attempts to help to students, professors, reseachers and planners that need to know about wetlands. More than seven hundred terms habitually used by people that live and study the wetlands were included in this glossary. For some words it is mentioned the etymology and the equivalent word in different countries. Besides the experience of the authors, it has been used more than thirty dictionaries and glossaries published for different sciences and some recent papers on wetland science.

Key words: glossary, wetlands, Latin America, South America, low lands, waterlogged areas.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los humedales, los programas de manejo y aun las normativas de uso, requieren el uso de un lenguaje preciso, que reconozca los distintos significados que se dan a un término en diferentes regiones. Con esa idea fue elaborada esta contribución.

Glosario es una palabra de origen latino (*glossariu*) que indica un listado alfabético de palabras de significado poco claro o poco usadas, en el que se presenta la/s definición/es que se considera/n la/s más adecuada/s para cada término, brindando a veces ejemplo/s de cada una de ellas. En cierto modo, tiene las características de un diccionario referido a una rama del conocimiento.

Esta contribución, como otros glosarios, es una compilación de términos en los que se presenta el significado que podrían tener cuando se los utiliza en el estudio de los humedales.

En pocos casos se discute el uso que se ha dado a ciertos términos en el estudio de los humedales, para señalar sus limitaciones, restricciones o inconveniencia de utilización, según el criterio de los autores.

Se ha tratado de proporcionar un listado de utilidad práctica para investigadores, docentes y estudiantes que, con frecuencia, deben precisar para los humedales el significado de palabras que nacieron en el contexto de otras disciplinas o áreas del conocimiento.

En general, se ha evitado el tratamiento discursivo o enciclopédico de cada término, proporcionando el significado habitual que se le asigna en distintas regiones de Sudamérica. También se evitó la inclusión de palabras de poca pertinencia con el estudio de los humedales como aquellas propias de la taxonomía, evolución, estadística y otras disciplinas que tienen excelentes diccionarios editados.

Algunas palabras son referidas en inglés, proporcionando el significado que se da a las mismas en castellano y/o en portugués. Algunos términos fueron tomados del lenguaje popular de distintos países y, otros, se han incluido porque son utilizados por las etnias de distintas regiones para denominar paisajes, humedales, procesos, animales y plantas. Ciertos términos fueron tomados de la mitología en la que, algunas etnias mencionan a los humedales o sus recursos, como fuentes de vida.

Como cualquier compilación, este trabajo es seguramente incompleto y se aspira a que los usuarios amplíen y mejoren este repertorio con su propia experiencia desde distintas disciplinas y regiones.

ABREVIATURAS

Ar: árabe

C. castellano

cat: catalán

Port: Portugués

I: Inglés

A

1. **Acequia** (ditch): zanja para conducir agua. // Alcantarilla para riego, alimentada por un embalse u otra fuente.

2. **Aclimatación** (acclimation): proceso de acostumbramiento a condiciones ambientales nuevas. // Respuesta de un animal que es capaz de tolerar el cambio de un factor simple (temperatura) en su ambiente.

3. **Adaptación** (adaptation): proceso evolutivo de largo plazo, de acomodación a los cambios del ambiente. // Ajustes de los animales respecto de su ambiente. Los ajustes pueden ocurrir por selección natural, en individuos con rasgos genéticamente adquiridos favorables para que se reproduzcan más prolíficamente que los que no tienen esos rasgos (adaptación genotípica), o aquellos que pueden involucrar cambios no genéticos en los individuos, como las modificaciones fisiológicas (ej. aclimatización) o cambios de comportamiento (adaptación fenotípica). En áreas inundables algunas plantas tienen ecofenos adaptados a inundación y otros a la fase de suelo seco. // Proceso que permite a un ser vivo habitar en determinado medio, resistir y acomodarse a las condiciones de un determinado ambiente. // Proceso de adecuación de un organismo individual a la presión ambiental. // Proceso de modificación evolutiva cuyo resultado es una eficacia mayor de sobrevivencia y de las funciones reproductivas. // Cualquier carácter morfológico, fisiológico, de desarrollo o de comportamiento que amplía el éxito reproductivo y de sobrevivencia de un organismo. // Intensificación a la adaptación al medio ambiente. // Grado de adecuación al medio ambiente.

4. **Adaptación biótica:** cambios en la forma o fisiología que, se cree, surgen como resultado de interacciones con otros organismos.

5. **Aerobio, Medio aerobio** (aerobic): ambiente que contiene o recibe oxígeno necesario para la vida de las bacterias y para la mineralización de la materia orgánica en el proceso de descomposición. // Seres que sólo pueden vivir en medio con alto porcentaje de saturación de oxígeno en el agua.

6. **Afinidad cenótica** (específica): valoración cualitativa o cuantitativa que expresa la relación entre elementos comunes a dos o más parches o unidades de paisaje y de elementos exclusivos o propios de cada uno de ellos.

7. **Aforestación:** proceso de establecer un bosque en un área no poblada de árboles.

8. **Agrupamiento vegetal:** combinación definida de grupos ecológicos, en el cual se distingue generalmente uno principal, que es el dominante y le da la fisonomía a la comunidad, representando la característica fundamental del ambiente.

9. **Agua** (water): compuesto de dos partes de hidrógeno y una de oxígeno, que se encuentra en la tierra en estado sólido, líquido y gaseoso. Por sus constantes dialécticas tiene gran poder de disolución de muchas sustancias. En los humedales denominase comúnmente “agua” a soluciones acuosas. El agua de constitución, representa más del 70% en los animales y hasta el 95% en las plantas acuáticas.

10. **Agua alta:** marea alta. // El nivel más alto alcanzado por la marea ascendente o por el río.

11. **Agua alta promedio:** altura promedio de todas las mareas registradas en un lugar y en un período de tiempo dado. // Altura promedio de todos los días en potamofase en un lugar y en un tiempo determinado.

12. **Agua alta superior:** la superior de dos aguas altas durante cualquier día de marea en las zonas donde existen marcadas desigualdades en la altura de la marea. // Máxima altura alcanzada por el río en un período dado.

13. **Agua baja inferior promedio:** altura promedio de todas las aguas bajas inferiores registradas en un lugar y en un período de tiempo dados.

14. **Agua baja promedio:** altura promedio de todas las mareas bajas registradas en un lugar y en un tiempo determinado. // Altura promedio de todos los días en limnofase en un lugar y en un tiempo determinado.

15. **Agua dulce:** agua que posee una salinidad menor de 0.5 partes por cien o menos de 2 partes por millar.

16. **Agua dura:** tiene en disolución una cantidad de calcio elevada. Cuele mal las legumbres, precipita el jabón y puede formar depósitos en las tuberías, especialmente en las de agua caliente.

17. **Agua gravitacional:** agua que es drenada por la gravedad a través del suelo y que se encuentra a disposición de los organismos del suelo y de las plantas.

18. **Agua negra:** agua rica en ácidos húmicos y con bajas concentraciones de nutrientes.

19. **Agua salobre:** (brackish water): aguas que contienen sales disueltas, generalmente cloruros, pero en menor proporción que las aguas marinas, o sea que su salinidad generalmente se sitúa entre 5 y 10%.

20. **Agua subterránea:** la que se encuentra por debajo de la superficie de la tierra, en el suelo, o en acuíferos confinados. // Agua que se filtra a través del suelo superficial hacia la roca de asiento. // Agua freática.

21. **Agujal** (español de Perú): agrupaciones de la palma de aguaje, canangucho o moriche (*Mauritia flexuosa*), que crecen en grandes extensiones de la región amazónica y en los llanos del Orinoco, sobre suelos encharcados o permanentemente inundados.

22. **Agupé** (port. de Brasil): vegetación semejante a una pradera flotante, con especies arraigadas o no.

23. **Aguapey** (guaraní): río de camalotes. Curso vegetado con plantas flotantes libres, especialmente del género *Eichhornia*.

24. **Aguas residuales** (residuals water): aguas servidas, procedentes de uso doméstico, industrial o comercial.

25. **Aislamiento ecológico:** ausencia de cruzamiento entre poblaciones simpáticas debido a barreras ecológicas. // Mecanismo de aislamiento. // Segregación ecológica.

26. **Aislamiento etológico:** ausencia de cruzamiento entre miembros de distintas poblaciones debida a diferencias de comportamiento que impiden el apareamiento efectivo. // Mecanismo de aislamiento preapareamiento.

27. **Albardón** (C., más utilizado en América): “leveé fluvial”, burlate aluvial, elevación o lomada rectilínea o curva, natural junto al río. Suele delimitar zonas inundables en la parte opuesta al cauce. En Brasil: “diques marginais”.

28. **Albufera** (cat., del Ar. buháira, “laguna”, diminutivo de bahr, “mar”); laguna litoral comunicada con el mar.

29. **Alóctono**: elementos nutrientes, sólidos suspendidos o especies inexistentes originariamente en la cuenca hidrográfica, o en determinado subsistema de la misma. // Exógeno. // Que se origina fuera de un sistema o región y que es transportado al interior de éstos. // No nativo. // Ectógeno.

30. **Alófilo**: polinizado por agentes no adaptados. Se usa para referirse a la planta que carece de adaptaciones morfológicas para atraer y guiar a los polinizadores.

31. **Alogénico**: factores que actúan desde fuera de un sistema material transportado hacia el interior de una región. // Proveniente del exterior. // Alóctono.

32. **Alotermo**: organismo que tiene una temperatura corporal determinada en gran medida por la temperatura ambiente. // Ectotérmico. // Poiquilotérmico.

33. **Aluviación**: depósito de sedimento que deja un río en cualquier punto a lo largo de su curso.

34. **Ambiente** (environment): todo lo que rodea a un organismo, incluyendo también los otros organismos y a aquellos de su misma especie. // Complejo de condiciones bióticas, climáticas, edáficas y de otro tipo que constituyen el hábitat inmediato de un organismo. // Medio físico, químico y biológico de un organismo en un tiempo dado.

35. **Ambil**: elemento cultural de algunas comunidades de la Amazonia, obtenido a partir del extracto de las hojas de tabaco (*Nicotiana tabacum*).

36. **Amonificación**: descomposición de proteínas y aminoácidos, especialmente realizada por hongos y bacterias, liberando amonio como subproducto de excreción.

37. **Amortiguador**: sustancia que estabiliza el pH de una solución ante la adición de material ácido o alcalino. // Cualquier cosa que reduce un impacto.

38. **Amplificación**: complejidad estructural o funcional incrementada durante la ontogenia o la filogenia.

39. **Amplificación biológica**: concentración de una sustancia persistente dada en los organismos de una cadena alimentaria de manera que, el nivel de la sustancia presente en el cuerpo, aumenta en cada nivel trófico sucesivo. // Magnificación biológica.

40. **Amplitud de nicho**: término que se utiliza dentro del contexto de nicho como un espacio multidimensional, para indicar los límites superior e inferior de un parámetro dado (un eje del hiperespacio), es decir el intervalo de cualquier factor dentro del cual puede funcionar la especie.

41. **Amplitud ecológica** (ecological amplitude): tolerancia de una especie a los factores del ambiente. // Puede referirse también como condición de euritipia. // Alcance de un factor ambiental dado sobre el cual puede funcionar un organismo o proceso; zona de tolerancia.

42. **Anádromo**: que emigra del agua salada a la dulce, como en el caso de los peces que pasan del mar a un río para desovar.

43. **Anaeróbico**: adaptado a condiciones ambientales desprovistas de oxígeno.

44. **Anfibiótico**: que posee etapas larvales acuáticas y los adultos son terrestres. // Microorganismo que participa en una relación simbiótica con un huésped dado, que puede actuar en forma parásita y mutualista.

45. **Anfifita**: planta capaz de vivir arraigada en un suelo húmedo, por encima del nivel del agua, o completamente sumergida.

46. **Angonecton**: organismos de vida corta que habitan en los estanques temporales que se forman en las rocas, en las cepas de los árboles y en lugares similares.

47. **Anhidrobiosis**: letargo inducido por baja humedad o desecación.

48. **Anóxico**: hábitat desprovisto de oxígeno molecular.

49. **Antibiosis** (antibiosis): fenómeno de parasitismo o simbiosis antagónica, que ocurre cuando la actividad metabólica de un organismo, produce sustancias que, al difundirse en el medio, impiden la supervivencia de otros seres vivos que conviven con él. Ej. ciertos hongos como *Penicillium* impiden el crecimiento de otros microorganismos. // Asociación antagónica de organismos que producen compuestos nocivos.

50. **Área de desarrollo y crecimiento**: es la parte de un humedal empleada por los peces para cobijar y obtener alimentos para sus crías en las primeras etapas de desarrollo.

51. **Área de tolerancia** (area of tolerance): rango de condiciones en que los organismos y sus

poblaciones pueden permanecer y persistir, aun sin cumplir todas sus funciones biológicas.

52. **Área óptima** (optimal area): extensión de superficie (o volumen) en el cual un vegetal o un animal encuentra las condiciones favorables para el desarrollo.

53. **Arroyo**= aguará (guaraní): curso de agua, generalmente pequeño, de escurrimiento permanente o intermitente.

54. **Asamblea**: Reunión de organismos sociales para llevar a cabo actividades de grupo. // La más pequeña comunidad de plantas y animales.

55. **Asociación, Asociación vegetal** (association, vegetable association): grupo de plantas que viven en un área o medio donde las condiciones ambientales son, generalmente, uniformes. // Colectividad vegetal de composición florística característica, de condiciones y con especies dominantes que le dan su nombre. Este concepto fue acuñado para la vegetación terrestre, donde las relaciones entre poblaciones vegetales y el medio son poco cambiantes respecto de lo que acontece en los ambientes acuáticos. Para resolver esta situación, Irgang (1999) ha propuesto el concepto de *asociación fisonómica*, que se refiere al ensamble actual de poblaciones en un espacio y momento dado.

56. **Asociación acuática** (aquatic assemblage): grupo de organismos de poblaciones que interactúan en un cuerpo de agua dado. Ej: el bentos o el plancton de un cuerpo de agua. Las asociaciones en el medio acuático son siempre lábiles por lo que es preferible el término "colectividad".

57. **Atributo** (attribute): componente que representa una cualidad de un sistema biótico, no siempre medible. Ej. estratificación en un bosque; vigor de las plantas.

58. **Atributos de un humedal**: incluyen la complejidad, diversidad biológica y características culturales y socioeconómicas.

59. **Autóctono**: endógeno. // Producido dentro de un hábitat, comunidad o sistema dados. // Aborigen. // Endémico. // Nativo. // Organismo indígena, nativo. // Materia alimenticia endógena de un sistema cavernario derivada de la misma cueva.

B

60. **Baceiro o bacero**: (port. de Brasil)= camalote: vegetación flotante densa de plantas acuáticas.

Formando islas o conjuntos principalmente de *Oxycaryum cubense* (baceiro) o *Eleocharis mutata*, generalmente con raíces esponjosas enredadas en materia orgánica y sedimentos, pudiendo soportar arbustos como *Ludwigia nervosa*, pequeños árboles como *Cecropia sp.* y también carpinchos. Ver: *batume* y *camalote*.

61. **Backswamps** (L.): humedal que se encuentra en la llanura de inundación de un río, por detrás del albardón que margina al curso de agua, de perfil cóncavo, con depósito de sedimentos finos en las aguas muertas, embalsadas entre los albardones naturales y el talud de la planicie o de la terraza fluvial. Son poco profundos, densamente poblados por vegetación herbácea o arbustiva. // Encharcamientos en meandros abandonados.

62. **Badén** (C., del Ar. *bath*): zanja de poca profundidad en la que el agua permanece poco tiempo, formada por adosamiento de bancos o por erosión fluvial. Predomina la vegetación acuática y anfibia.

63. **Baía** (port. de Brasil) = laguna: término pantaneiro para grandes y pequeñas lagunas. Posiblemente es una analogía con las entradas de mar al litoral.

64. **Bajamar**: agua baja. // Altura mínima de la marea descendente.

65. **Bajial**: (español de Perú): según González Bernaldez, en la Amazonia peruana, terrenos bajos que bordean el río, entre el albardón y las partes más elevadas. Se inundan estacionalmente, formando parte del cauce y se cultivan en los períodos entre inundaciones.

66. **Bajío**: sinónimo de *bañado*: área llana, donde la permanencia del agua es más duradera. Poblado por vegetación herbácea, generalmente de pastos cortos y blandos. Área entre los bancos y cubetas en los llanos (Venezuela).

67. **Bajos**: usado para referirse con extensión regional o sub-regional a áreas deprimidas, temporalmente inundables. En Santa Fe, Chaco y Santiago del Estero (Argentina) los *Bajos Submeridionales* ocupan más de 30.000 km² de campos anegables. Incluyen bañados de agua dulce y salada, cubiertos por vegetación herbácea en una planicie levemente cóncava. Paisajes semejantes se encuentran en los llanos del Beni (Bolivia) y en los llanos de la Orinoquia (Venezuela y Colombia).

68. **Balance hidrológico** (hidrologic balance): relación cuantitativa entre los ingresos, transporte y egresos de agua proveniente de lluvias, nieve, desborde fluvial, marino u otro. Incluye también la relación cuantitativa entre el agua disponible y transferida en el proceso de circulación vertical del agua (lluvias locales – infiltración – ascenso – evapotranspiración).

69. **Banco, barra**: porción alargada, convexa de terreno, emergida durante la inundación o anegamiento del suelo. En los ríos están formados por materiales gruesos a finos sedimentados en sucesivas riadas, por lo que el suelo puede estar formado por capas de distinta granometría.

70. **Banhado** (port. de Brasil): área húmeda, anegadiza, poco usado. Es preferible utilizar *brejo*.

71. **Bañado** (español de Argentina): ambiente acuático semipermanente extenso y con profundidad generalmente menor de un metro, de cubeta poco definida, con abundante vegetación emergente, generalmente herbácea y tierna. La cobertura de vegetación y las bioformas dominantes dependen del hidroperíodo y del efecto del fuego. Son los humedales más ricos en fauna de vertebrados acuáticos y tienen mucho interés para la cría de ganado.

72. **Barbasco** (español de Colombia): sustancia ictiotóxica empleada para la pesca en lagunas o pequeños caños, generalmente de origen vegetal, ya sea raíz, hojas, corteza o fruto, dependiendo de la especie de planta que se utilice.

73. **Barra**: cumbre sumergida de depósitos aluviales que se encuentra en aguas bajas, formada por la acción de corrientes de agua o el viento.

74. **Barranco** (port. de Brasil): en las orillas de las *várzea* del Amazonas y sus tributarios de “aguas blancas” y en algunos cursos menores. Están sujetos a erosión, especialmente cuando la inclinación del talud es mayor de 45°. Pueden ser también entalladuras casi verticales, en la margen cóncava de los meandros, afectada por la erosión.

75. **Barrera** (barrier): cualquier obstáculo o límite que impide el paso a la comunicación y que afecta a los flujos de información. Afecta a la dispersión o supervivencia de animales y plantas. Cuando son permanentes pueden favorecer la segregación de rasgos morfológicos diferentes en los individuos de la misma especie que crecen a ambos lados de la barrera.

76. **Barrial** (español de Argentina)= tuyú-cuá (guaraní): superficie plana, formada por limos y arcilla, casi desprovista de vegetación, que queda por desecación de los charcos. Se inundan con una capa de agua muy somera, como consecuencia de lluvias o del ingreso superficial de aguas de ríos, arroyos u otras fuentes, debido a que poseen sedimentos finos.

77. **Barro negro**: sedimento marino terrígeno de color negro, rico en sulfuro de hidrógeno y con un alto contenido orgánico; típico de las cuencas anaeróbicas mal ventiladas.

78. **Batume** (port. de Brasil)= embalsado: sustrato formado por material orgánico en descomposición y sedimentos acumulados en las raíces, verdadera isla flotante que no es exactamente una forma biológica, incluye varias especies, principalmente *Oxycaryum cubense*.

79. **Bentopleustofita**: cualquier planta grande que descansa libremente en el piso de un lago pero capaz de arrastrarse lentamente con las corrientes.

80. **Bentos** (benthos): colectividad de plantas e invertebrados que viven en o sobre los sedimentos de lagos, charcos, bañados y cursos de agua. // Organismos habitantes del lecho marino, del fondo de un río o el piso de un lago o que viven en éstos o cerca de ellos.

81. **Bioacumulación**: proceso por el cual los pesticidas y otras sustancias se van concentrando a cada paso en las mallas tróficas, cuando los organismos contaminados son consumidos por otros de un nivel trófico más alto.

82. **Biocenosis** (biocenose): conjunto de todos los seres vivos que habitan en un limnotopo. // Comunidad biótica formada por animales y plantas que se condicionan mutuamente y que se mantienen a través del tiempo en posesión de un territorio. // Para Möebius la biocenosis es “el conjunto de seres vivos que corresponden por su composición, número de individuos y especies a ciertas condiciones de un medio y se mantienen y reproducen en determinados lugares de manera permanente”.

83. **Biodegradable** (biodegradable): se refiere a los desechos que pueden ser reducidos a sustancias inorgánicas por la acción de microorganismos descomponedores, como las bacterias y los hongos, en tiempos relativamente cortos. // Son sustancias de menor toxicidad para el ambiente.

84. **Biodisparidad**: espectro de morfologías y estilos de reproducción de un ensamble biótico. La biodiversidad de un paisaje de humedales determina la diversidad a nivel de poblaciones, comunidades y de parches de paisaje, que son variables en el tiempo y el espacio.

85. **Biodiversidad** (biodiversity): se refiere a la variedad y variabilidad entre organismos vivos y los complejos ecológicos en los cuales ocurren. Diversidad puede ser definida como el número de diferentes ítems y sus frecuencias relativas. Para la diversidad biológica esos ítems están organizados en muchos niveles, comprendiendo desde ecosistemas completos hasta estructuras bioquímicas que están en la base molecular de la herencia. Este término agrupa diferentes ecosistemas, especies y genes. Por lo expresado, es impreciso y muchas veces usado incorrectamente con intención de referirse a la complejidad biótica de un sistema de humedales. El término fue usado formalmente por W.G. Rosen en 1985 en el Foro Norteamericano sobre Biodiversidad, cuyas actas fueron editadas por Wilson (1988). El uso indiscriminado e inconveniente de este término ha sido duramente criticado (Harper y Hawksworth, 1996).

86. **Bioformas**: categoría morfológica general de las plantas, como árbol, arbusto, hierba, etc. Fue utilizado primeramente por los ecólogos vegetales, luego se ha extendido a la catalogación de distintas formas funcionales de las colectividades animales, muchas veces utilizado con significado análogo al de *gremios*.

87. **Biogeofísico**: todo lo referente a los procesos materiales naturales y a las relaciones que operan en un área. // Se utiliza para referir los flujos de nutrientes, de energía y cualquier intercambio que se opera en el paisaje desde el sustrato geológico, edáfico, hídrico, a través de los componentes vivos de los ecosistemas. Un ejemplo es el flujo del agua en los humedales.

88. **Bioma** (biome): término biogeográfico que se refiere a un conjunto de seres vivos de regiones naturales de áreas y clima característicos. Un bioma puede reunir varias biocenosis (Ej. bosque de coníferas, selva tropical lluviosa, desierto). Los biomas han sido descritos en base a la vegetación terrestre y sus organismos asociados, por lo que el término resulta de muy poca utilidad en la caracterización de humedales, que son transgresivos. Un mismo tipo de

humedales puede ser encontrado en dos biomas adyacentes, a condición que el balance hídrico sea similar en ambos.

89. **Biorregión** (bioregion): región geográfica caracterizada por flora y fauna distintiva. Al igual que con el concepto de *bioma*, el término es de poca utilidad en la caracterización de humedales en razón de la gran plasticidad ecológica (*euritipia*) de las poblaciones que viven en humedales y que dificulta la separación de paisajes discontinuos en base a las características bióticas.

90. **Biosfera** (biosphere): comprende todo el conjunto de seres vivos que habitan sobre la tierra y su atmósfera. Con significado equivalente se ha usado el término *ecosfera* para referirse a la corteza “viva” del planeta Tierra.

91. **Biostasis**: capacidad de un organismo para tolerar las fluctuaciones del medio ambiente sin mostrar cambios de adaptación.

92. **Biota** (biota): conjunto de los seres vivos de un país, región o localidad cualquiera que comprende los animales y las plantas del área.

93. **Biota acuática** (aquatic biota): término colectivo que describe los organismos que viven o dependen de un ambiente acuático.

94. **Biotipo** (biotype): dicese de los organismos semejantes según aquellas características anatómicas, morfológicas y fisiológicas que los diferencian de los demás dentro de la comunidad.

95. **Biótopo** (biotope): espacio vital característico de determinados animales o plantas. // En Argentina y Brasil: sinónimo de “unidad de paisaje”. La unidad geográfica más pequeña de la biosfera o de un hábitat que puede ser delimitado mediante fronteras convenientes y que se caracteriza por su biota.

96. **Bog** (I. y gaélico): turbera ombrotrofica cuya alimentación depende fundamentalmente de las precipitaciones, por lo cual es pobre en cationes y está separada del flujo regional de aguas subterráneas. Tiene reacción moderadamente ácida, con valores de 3–4 unidades de pH. Se opone a *fen*, turbera baja, mineralizada, generalmente alcalina, al pie de colina o montañas.

97. **Bolsón** (español de América): cuenca sedimentaria endorreica en la zona semiárida, frecuentemente asociada a una depresión. // En

sistemas fluviales: lago o laguna lateral al curso de agua, que permanece conectado al eje fluvial.

98. **Bora:** marea con frente abrupto, característica de estuarios poco profundos con un intervalo de marea alta.

99. **Bosque** = ca-ágiũ (guaraní): toda formación leñosa nativa o implantada, en la que las copas de los árboles sombrean más del 30% del suelo y que cumple, separada o conjuntamente, funciones de producción, protección, experimentación, conservación, recreación y preservación ambiental.

100. **Bosque de galería:** franja estrecha de bosque situada a lo largo de las márgenes de un río.

101. **Bosques de inundación:** formaciones leñosas dispuestas en barras alargadas o en manchas, en el margen de cursos de agua o en la planicie de desborde.

102. **Bosques de producción:** aquellos bosques nativos o implantados de los que resulte posible extraer periódicamente productos o subproductos forestales de valor económico mediante explotaciones racionales.

103. **Bosque de ribera:** bosque abierto situado a lo largo de las riberas de un río o arroyo. Suelen denominarse *bosques de galería*. // En Brasil: matas ciliares.

104. **Bosque lluvioso templado:** bosque que ocupa regiones caracterizadas por un clima suave y lluvias abundantes, distribuidas regularmente en el año, que producen un crecimiento exuberante de la vegetación.

105. **Bosque nativo:** toda formación leñosa no creada originalmente por la mano del hombre sin sujeción necesaria a fines económicos específicos.

106. **Bosques permanentes:** todos aquellos que por su destino, constitución de su arboleda y/o formación de su suelo, deban mantenerse para que formen los parques y reservas provinciales o municipales. En los mismos deben existir especies cuya conservación se considere necesaria en los parques o reservas de uso público y que constituyan el arbolado de los caminos.

107. **Bosque viejo:** bosque que ha superado su fase de mejor rendimiento productivo y que no ha sido alterado por varias décadas. Generalmente se encuentra atacado por insectos y organismos patógenos.

108. **Bottomland:** término que se aplica a la planicie de inundación de un humedal, a tierras bajas inundables anegables periódicamente.

109. **Brejo** (port. de Brasil)= pantano: área casi siempre anegada o encharcada con plantas acuáticas, frecuentemente con arbustos y trepadoras.

110. **Bufo, Bufo Colorado:** nombre que se le da al delfín rosado del Amazonas (*Inia geoffrensis*).

C

111. **Caatinga o igapó:** plano o zona de inundación de aguas negras, es decir, ricas en compuestos orgánicos disueltos o finamente particulados en el agua, que tiene reacción ácida y bajo contenido de nutrientes. Estas planicies de inundación, en ríos como el Amazonas, Paraguay y Orinoco, están vegetadas por un bosque pluriestratificado, denso y continuo, muy eficiente en la captura y transformación de nutrientes.

112. **Caetezal** (port. de Brasil)= achiral: población de caeté (*Thalia geniculata, achira*).

113. **Caixa de empréstimo** (port. de Brasil) = préstamo: depresión o cuerpo de agua hecho para la construcción de estradas, donde la tierra es tomada prestada. Es un buen ejemplo de cómo el nivel hidrotopográfico determina una vegetación, en el caso de la acuática y sirve para observar la sucesión vegetal, desde el agua sin plantas hasta el baceiro.

114. **Calidad de vida:** medida del grado en que una sociedad ofrece la oportunidad real de disfrutar de todos los bienes y servicios disponibles en el ambiente físico, social y cultural. Por extensión, se refiere a la oferta de hábitat para la vida silvestre.

115. **Camalote**= aguapé (guaraní): plantas acuáticas flotantes o banco de macrofitas retenidas en una orilla o que descienden del río. Nombre común de *Eichhornia* spp.

116. **Camalotales** (español de Argentina, derivado de un término indígena): praderas de plantas flotantes libres, de deriva, en el curso y, más frecuentemente, en la planicie de inundación de los grandes ríos de América neotropical. Pueden dar lugar a islas flotantes, llamadas *embalsados* y taponar el escurrimiento del agua, aumentar el tiempo de retención del agua, acrecentar la evapotranspiración y poner en riesgo puentes de madera (por acumulación) durante las inundaciones. En embalses son considerados “malezas”.

117. **Cambios en las características ecológicas de un humedal:** deterioro o desequilibrio de

cualesquiera de los componentes biológicos, físicos o químicos de ecosistema del humedal o de las interacciones entre ellos.

118. **Campo** (port. de Brasil)= o'cára (guaraní): vegetación herbácea generalmente con predominancia de gramíneas.

119. **Campos (de várzea)** (port. de Brasil): en la cuenca de grandes ríos de Brasil y del trópico sudamericano, áreas inundables de “aguas blancas” (con alto contenido de sedimentos y pH alcalino hasta neutro), pobladas por praderas naturales inundables de pastos altos y tiernos y por bosques dominados por una especie (Ej. Bosques de *Tessaria integrifolia*). Se extienden a partir del bosque de galería que ocupa el albardón del curso fluvial, bosque que va haciéndose más ralo a medida que la pendiente del albardón descende. Permanecen sin inundar durante la estación seca, pero llegan a tener de tres a seis metros de agua durante la crecida. En sus depresiones se forman lagos y bañados. El término campos, referido a la vegetación natural en Brasil, se relaciona con las superficies libres de bosque o con bosque ralo, tipo sabana, con recubrimiento del estrato herbáceo (campos cerrados, campos lindos). Son sitios utilizados frecuentemente para la cría de ganado. En el NE de Argentina están siendo sustituidos por bosques cultivados, lo que produce la retracción de muchas especies, especialmente aves, que viven en los *pastizales* de estos campos.

120. **Canal**= îrapé (guaraní): conducto abierto natural o artificial, periódicamente o continuamente conteniendo agua en movimiento o conexión entre dos cuerpos de agua estancada.

121. **Cananguchal** (español de Colombia): en la región amazónica y orinocense, subunidad de paisaje permanente o semipermanentemente anegada, caracterizada por el predominio de la palma de canangucho, moriche o aguaje (*Mauritia flexuosa*). Es una unidad de paisaje equivalente a los palmares de *Copernicia alba*, de la cuenca del río Paraguay, que llegan hasta el piedemonte andino. También se los encuentra en los llanos anegables del Beni en Bolivia.

122. **Canjiqueiral** (port. de Brasil): campo arbustivo de canjiqueira (*Byrsonima orbignyana*) anegable en los 50 cm de profundidad, en suelos arenosos o siltosos. Es una sabana-parque.

123. **Cañada** (español de Argentina): en Argentina, depresión longitudinal, poco profunda, que suele colectar agua y servir de vía de avenamiento permanente o temporal. En las partes más profundas puede haber agua permanente con vegetación palustre. La anchura es de unos 100-400 metros y la longitud es de más de 5 km. Pueden estar desconectadas de una red hidrográfica. Generalmente están alimentadas por lluvias. Tienen sedimentos finos y vegetación herbácea. En Colombia pequeña corriente de agua enmarcada entre un angosto valle o depresión, generalmente rocoso.

124. **Cañaveral** (C.)= tacuarendî (guaraní): vegetación helófito formada por especies de los géneros: *Arundo*, *Gynerium* y *Phragmites*, en muy diferentes condiciones ambientales. Son de gran utilidad para la fijación de taludes y plataformas porque tienen un entramado de raíces y rizomas que fijan el suelo.

125. **Caño/s** (C. y español de Venezuela): vía de escurrimiento fósil, topográficamente bien delineada, cuyo antiguo lecho mineral está totalmente ocupado por pastizales hidrófilos o por vegetación flotante. Aparecen como largos y angostos de recorrido recto o sinuoso. Conducen agua corriente sólo en los períodos de inundación. Pueden ser afluentes o afluentes de uno o más lagos, e interconectar cursos de agua dentro de la planicie de inundación del río.

126. **Capacidad biogénica**: “capacidad de generar vida”. // Valor nutritivo del agua desde el punto de vista de la alimentación de los peces, por ejemplo. Dícese también de los efectos que produce la presencia de la vegetación y los animales en la estructura y funcionamiento del paisaje. (Ej. la actividad de los animales cavadores sobre los suelos; la acreción de bancos por el retardo que produce la vegetación).

127. **Capacidad de adaptación**: tolerancia fisiológica determinada genéticamente.

128. **Capacidad de carga** (carrying capacity): capacidad de un paisaje para soportar un nivel o intensidad de uso. // Es la adaptabilidad de una determinada área para ser utilizada sin dañarla, es decir sin que sufra erosión, desgaste u otros disturbios en forma irreparable.

129. **Capacidad de sustentación** (sustaining capacity): es el número máximo de ejemplares, de una determinada especie de la fauna silvestre, que puede

sostener una determinada área de terreno en la condición más crítica posible.

130. **Capivara** (port. de Brasil):= carpincho: *Hydrochaeris hydrochaeris*, el mayor mamífero roedor del mundo.

131. **Capoes** (Port. de Brasil): núcleos arenosos sobrelevados en la planicie anegable del Pantanal de Mato Grosso (Brasil). Están formados por suelos de origen aluvial y eólico, que sobresalen un par de metros sobre el resto de la planicie. Tienen 50-200 metros de diámetro y están densamente vegetados por bosques hidrófilos con algunos elementos propios del Cerrado.

132. **Características ecológicas de un humedal:** el conjunto de los componentes biológicos, físicos y químicos del ecosistema del humedal y de sus interacciones, lo que en conjunto mantiene al humedal y sus productos, funciones y atributos.

133. **Carandazal** (port. de Brasil): campo anegable con carandá (*Copernicia alba*).

134. **Cárcavas:** incisión longitudinal en los taludes producida por el arrastre de tierra al discurrir las aguas de lluvia sobre el terreno y de dimensiones similares a las barrancas.

135. **Carga de lecho:** cantidad de roca y fragmentos movidos por el agua a lo largo de una corriente o río.

136. **Carrizal** (C.)= tacuaratí (guaraní): formación herbácea densa y continua de carrizo (*Phragmites australis*, *Echinochloa polystachia* u otras) que se yergue un par de metros sobre el suelo en período de aguas bajas. Durante la fase de creciente sus cañas llegan a 5-6 metros, extendidas en la superficie de los cursos y cuerpos de agua. Son llamadas también *maciegas*.

137. **Catádromo:** que emigra del agua dulce a la de mar, como en el caso de los peces que se internan en el océano para desovar.

138. **Catarijano:** cesto elaborado por los indígenas de la Amazonia, a partir de hojas de palma o cortezas de algunos árboles.

139. **Celularidad del paisaje:** número de unidades (parches) cualitativamente diferentes que componen el patrón de paisaje. Su número, variación de tamaño y forma son expresivos de la heterogeneidad interna del mismo. No debe confundirse con fragmentación.

140. **Censo** (census): recuento del número de individuos o especies presentes en un área dada, conforme a una especificación determinada.

141. **Cervo o cervo-do-pantanal** (port. de Brasil) = ciervo de los pantanos: *Blastocerus dichotomus*, mamífero de la familia de los venados (Cervídeos), para el cual el Pantanal es el último gran refugio por disponer de las plantas acuáticas para su dieta.

142. **Cespitosa** (port. de Brasil): gramínea u otra planta que forma una pradera baja y de pastos tiernos, como el arroz.

143. **Chambira:** fibra vegetal extraída de las hojas de la palma *Astrocaryum chambira*, con la cual se fabrican sogas, hamacas, collares, cestos. Antiguamente las cuerdas de pesca se hacían con esta fibra antes que la fibra sintética de nylon se difundiera.

144. **Chaparral:** vegetación de arbustos perennes de hoja ancha que pueden alcanzar hasta tres metros de alto. Se desarrolla en sitios de anegamiento o inundación esporádica.

145. **Charca**= I ne-engüé (guaraní): cuerpo de agua, efímero, producido por acumulación de lluvias, desborde fluvial, mareas u otra fuente de agua superficial.

146. **Charca vernal:** charca temporal formada durante la primavera con el agua del deshielo o de las inundaciones.

147. **Cheia** (port. de Brasil): inundación o creciente por agua de lluvia o de río.

148. **Chorro** (C.)= chiví (guaraní): agua que corre desde las grietas de laderas colinosas, o desde pequeñas cascadas. Flujo puntual de agua subterránea que aflora en superficie en forma tumultuosa.

149. **Cibernética** (cibernetics) (De Kybernetes = timonel, piloto): es la ciencia de los controles. En ecología tienen mucha aplicación los conocimientos aportados por esta disciplina, en la interpretación de los flujos biogeoquímicos, los mecanismos de retroalimentación, las transferencias entre elementos que integran el patrón de paisaje de los humedales y otros.

150. **Cíclico** (cyclic): proceso o acción que se repite dentro de un período dado. Ciertas épocas de sequía o de precipitaciones a lo largo del año, en los procesos climáticos y la formación y transformación de algunos compuestos químicos, obedecen a procesos cíclicos. Las migraciones de los peces y las aves, los ritmos biológicos de las plantas de humedales, son de mucho interés para comprender el ajuste entre variables bióticas endógenas (de los organismos) y factores del medio.

151. **Ciclo biogeoquímico:** circulación de los elementos o compuestos químicos a través de los organismos vivos y del ambiente abiótico. Dado que las ecuaciones de transferencia en el pasaje de un nivel a otro tienen cierta entropía, es más conveniente referirse a *flujos biogeoquímicos*.

152. **Ciclo de marea:** duración de una secuencia mareal dada, como por ejemplo, un mes lunar o un día mareal.

153. **Ciclo hidrológico** (hydrologic cycle): patrón de estados hidrológicos recurrentes (sequías e inundaciones, por ejemplo) por los que pasa determinado paisaje o región, durante una serie de tiempo (precipitación, escurrimiento, infiltración, evaporación, evapotranspiración).

154. **Ciénaga** (marsh): terreno inundado y pantanoso o no, generalmente de gran extensión. En Colombia, Venezuela, Cuba y otros países se lo usa como sinónimo de “humedal”. Formación de aguas someras y pantanosas de poca profundidad, que puede articular varios ecosistemas en el patrón de paisaje. En Inglaterra, región abierta y alta de turba ácida húmeda dominada típicamente por brezos, juncias y algunos pastos. // Páramo.

155. **Cieno:** depósito pelágico finamente granulado que comprende al menos 30% de arena no disuelta o de restos óseos, del tamaño del limo, de organismos marinos y el resto material amorfo de tamaño similar a la arcilla.

156. **Claro de bosque:** hueco o abertura del dosel arbóreo debido a alguna perturbación o disturbio local, como por ejemplo: la caída de un árbol provocado por el viento, la erosión, la velocidad de la corriente o ambos, que producen la muerte de un grupo de árboles en los bosques riparios.

157. **Clímax** (climax): comunidad que ha alcanzado la madurez y se halla en la etapa final de la sucesión, presentando cierto grado de estabilidad con el medio. Término acuñado en la fitosociología de la vegetación de tierra firme, con poca aplicación a sistemas muy dinámicos que oscilan dentro de un entorno de equilibrio como los humedales.

158. **Clinal:** que posee un secuencia gradual de estados de carácter.

159. **Coadaptación:** 1. Evolución de adaptaciones mutuamente ventajosas de dos o más especies

interactivas. 2. Selección mediante la cual los genes que interactúan armoniosamente se acumulan en el depósito de los genes de una población. Equilibrio interno.

160. **Cocha** (C.): laguna. En la Amazonia colombiana y peruana se aplica este término a las madrejeras de los ríos. // En Argentina: *madrejones*.

161. **Coexistencia:** presencia de dos o más especies en la misma área o hábitat, por lo general se refiere a competidores potenciales.

162. **Coluvial:** se refiere a un proceso de transporte y acumulación de materiales por escurrimiento superficial, generalmente combinado con la acción de gravedad.

163. **Compactación:** transformación de los materiales del suelo en una masa de textura apretada y poco porosa.

164. **Competencia** (competition): cuando dos poblaciones o sus organismos concurren en el mismo medio, utilizando los mismos recursos, que se encuentran en cantidad o estado limitado (Ej. nutrientes), lo que es conocido como competencia indirecta. // Cuando una población/organismo interfiere sobre el desarrollo de la otra/o al bloquearle el acceso a un recurso necesario (Ej. luz). Existen también relaciones de alelopatía, cuando un organismo /población produce sustancias que afectan las funciones vitales de otro/a.

165. **Complejidad:** atributo sintético que expresa las posibilidades combinatorias de los elementos de los humedales. La riqueza de los elementos abióticos y bióticos, la calidad y cantidad de los intercambios entre parches y/o unidades de paisaje, y/o bioformas, y/o estratos poblacionales coetáneos son algunos de los elementos y procesos que le acuerdan la complejidad a los humedales. // La complejidad puede ser expresada también a través de la posibilidad de múltiples estados de organización de un humedal en una serie de tiempo, o a través de las posibilidades de un humedal de retomar su estructura luego de una perturbación o disturbio (complejidad temporal).

166. **Complejo:** conjunto de humedales, que pueden ser de diferente tipo, pero que se encuentran en un espacio geográfico dado, de tal suerte que comparte sus características biogeográficas generales y están integrados entre sí físicamente.

167. **Composición florística esencial:** conjunto de especies ecológicamente importantes que definen una variante fisonómico-florística: las de mayor cobertura de cada estrato, más las que, sin ser de cobertura importante, tienen un valor indicador preciso. Incluye a las especies características de cada humedal en su estado más frecuente o típico.

168. **Comunidad** (community)= *tecové atira* (guaraní): conjunto natural de poblaciones que interactúan en un espacio y en un tiempo dado. Muchas veces (especialmente en llanuras) es más apropiado hacer un análisis de gradientes, porque las “comunidades” pueden no ser tales, debido a la variación gradual de los factores condicionantes de la distribución y abundancia de los organismos que forman un continuo. Ante la duda, use el término colectividad biótica (Margalef) que es una denominación igualmente útil.

169. **Comunidad ecológica:** todo grupo natural de especies que vive en un hábitat común interactuando entre sí, sobre todo en sus relaciones relativas a los alimentos y con relativa dependencia con respecto a otros grupos. Su tamaño puede variar y las comunidades numerosas pueden comprender otras más pequeñas.

170. **Comunidad ecológica amenazada:** es aquella que se puede extinguir en la naturaleza si siguen incidiendo las circunstancias y los factores que amenazan su distribución, supervivencia o evolución. Generalmente, lo que se produce es la desaparición o retracción local de una comunidad, en cuyo caso es preferible referirse a segregación de la comunidad.

171. **Condición adversa:** situación inusualmente desfavorable para la supervivencia de poblaciones vegetales o animales, como las que se dan en el caso de excesos extremos del clima (sequías de larga duración, inundaciones, frío, etc.).

172. **Conectividad:** puede ser definida como el grado en que el paisaje facilita o impide el movimiento de los organismos entre parches de recursos. En planicies fluviales ha sido definida como la magnitud de tiempo en el cual determinado organismo o población es interferido/a o favorecido/a por las fases de inundación o sequía (Neiff y Poi de Neiff, 2002). Ver: índice de conectividad.

173. **Consumidor** (consumer): animal que se alimenta de otros seres vivos. Los consumidores

primarios (herbívoros) se alimentan de los vegetales; los consumidores secundarios (carnívoros) se alimentan de otros animales. El conjunto formado por los organismos consumidores y productores constituye la malla trófica de los humedales.

174. **Contaminación ambiental** (environmental pollution): es el deterioro producido en el ambiente: aire, tierra y agua que afecta nocivamente el desarrollo de la vida y, por consiguiente, tiende a ocasionar el desequilibrio perjudicial en los humedales.

175. **Contaminación del agua:** proceso de deterioro producido por vertidos, derrames, desechos y depósitos directos o indirectos de toda clase de materiales y, generalmente, todo hecho susceptible de provocar un incremento de la degradación de las aguas, modificando sus características físicas, químicas, biológicas o bacteriológicas. Se dice que el medio acuático está contaminado cuando la composición o el estado del agua están modificados, directa o indirectamente, por el hombre de modo que se presta menos fácilmente a todas o algunas de las actividades para las que podría servir en su estado natural.

176. **Convención sobre los humedales** (Ramsar, Irán, 1971): es un tratado intergubernamental cuya misión es “la conservación y el uso racional de los humedales, a través de la acción nacional y mediante la cooperación internacional a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo.

177. **Cordilheiras** (Port. de Brasil): barras arenosas que sobresalen 1-3 metros sobre la planicie inundable del Pantanal. Tienen suelos arenosos de origen aluvial o eólico. Están densamente vegetadas por bosques hidrófilos que tienen varios estratos. Se han coleccionado más de trecientas especies de plantas en esta unidad de paisaje (Pott y Pott, 2000).

178. **Corixão** (port. de Brasil): pequeño río intermitente que mantiene trechos con agua cuando para de correr. En la mayoría de los casos es de un efluente.

179. **Corixo** (port. de Brasil): curso de agua estacional, con lecho definido, bosque ribereño discontinuo.

180. **Corixinha o corixinho** (port. de Brasil): pequeño río estacional con algún bosque ribereño y que reúne agua de varias bajantes.

181. **Cortejo:** patrón de apareamiento de los reproductores, previa a la reproducción con fines de apareamiento y que varía dependiendo de la especie.

182. **Costas abiertas:** ambientes marinos mantenidos por el flujo y reflujo de las mareas. Pueden sustentar una diversidad de hábitat de humedales, incluyendo marismas y manglares, aunque éstos se desarrollan mejor en condiciones estuarinas.

183. **Costear**= hepi me-é (guaraní).

184. **Crecida de río**= îsîî yupí (guaraní).

185. **Cremastoplancton:** organismos planctónicos que poseen apéndices modificados o estructuras superficiales para reducir su índice de hundimiento.

186. **Crenícola:** que vive en los manantiales o en los arroyos alimentados por manantiales.

187. **Crenio:** comunidad de plantas asociadas con el agua de los manantiales.

188. **Crenón:** biotipo de agua de manantial.

189. **Cuenca de drenaje** (drainage basin): conjunto de vertientes de agua de ríos y riachuelos que desembocan en un río mayor, un lago o en el mar. Ej. Cuenca del Orinoco, Cuenca del Plata, Cuenca del Lago Maracaibo. Conducen el agua de las lluvias que reciben los continentes hasta el nivel del mar. // Conjunto de tierras drenadas por un cuerpo de agua principal y sus afluentes que representa la unidad más apropiada para el estudio cuali-cuantitativo del recurso agua y de sus flujos de sedimentos y nutrientes (Rodrigues Pires et al., 2002).

190. **Cutbank:** borde externo del canal de un arroyo meandroso que es erosionado por la migración lateral del canal. Erosión de márgenes.

D

191. **2, 4-D:** ácido 2, 4-diclorofenoxiacético; herbicida de hormonas desplazadas, usado para controlar plantas herbáceas de hoja ancha y como defoliante.

192. **DDT.** Diclorodifeniltricloroetano. // Insecticida de organocloro.

193. **Déficit de saturación:** medida de la humedad relativa derivada al restar la presión de vapor de agua real, de la máxima presión posible de vapor a una temperatura dada, expresada como porcentaje de saturación total en mm de mercurio. // Déficit de vapor de agua.

194. **Déficit de saturación de agua** (DSA): medida de la cantidad de agua que le falta a un tejido cuando se lo compara con una saturación completa; se calcula

como $DSA = (A_s - A_{act})/A_s \times 100$, en donde A_s es el contenido de agua bajo condiciones de saturación y A_{act} el contenido real de agua.

195. **Deflación:** erosión de las capas superficiales del suelo debida a la acción del viento.

196. **Defoliante:** sustancia química, como el 2, 4-D y el 2, 4, 5-T, que ocasiona la caída de las hojas de las plantas.

197. **Deforestación:** eliminación permanente del bosque y la maleza.

198. **Delta** (del griego): concepto de difícil definición toda vez que hay tantos deltas distintos como ríos hay. La palabra fue usada por Herodoto 450 años antes de Cristo, en referencia a los depósitos aluviales costeros del Nilo. Posteriormente se ha aplicado en la lengua culta a las acumulaciones costeras de sedimentos fluviales, tanto subacuáticos como subaéreos, independientemente de la forma de la acumulación. Los depósitos fluviales son modelados por la olas, las corrientes y las mareas, apareciendo el delta como una interacción de fuerzas fluviales y marinas. En el delta se distingue la llanura aluvial del río, una llanura deltaica superior y otra inferior (que en conjunto, forman un plano inclinado) y una llanura deltaica subacuática distal. Presenta una compleja morfología, variable según las circunstancias: predominio de la influencia fluvial (carga de sedimentos elevada), de las mareas (deltas mareales o de marea ascendente) de las olas, o de las corrientes paralelas al litoral. El *delta* interno se refiere al que se encuentra en una posición interior conectado con el mar por un estuario o brazo que lo hace menos expuesto a las influencias marinas, aunque puede estar afectado por las mareas. La expresión *delta* interno también se aplicó a las formaciones sedimentarias complejas (canales, lagunas, bancos, etc.) de ciertas llanuras de inundación.

199. **Delta del Paraná**= guairá-cä (guaraní): Guairá: delta: acä: cabeza.

200. **Delta del Paraguay y Brasil:** guairá.

201. **Deltaico:** relativo a un delta. Sucesión o ciclo de procesos involucrados en la formación de un delta.

202. **Demanda bioquímica de oxígeno** (DBO) (biochemical oxygen demand) (BOD): es la cantidad de oxígeno consumido durante el proceso de descomposición de la materia orgánica en el agua.

También se define como la velocidad con que la materia orgánica puede consumir oxígeno por descomposición bacteriana. Esta velocidad depende de la temperatura del ambiente, de los microorganismos que actúan y de los elementos nutritivos presentes.

203. **Demanda química de oxígeno (DQO)** (chemical oxygen demand) (COD): cantidad de oxígeno requerido para oxidar compuestos orgánicos e inorgánicos en el agua. Al igual que el D.B.O., la prueba del DQO se utiliza para medir el grado de contaminación de una masa de agua. Puede definirse también como la cantidad de oxígeno consumido por la destrucción química de materias o por la oxidación de ciertos elementos reductores.

204. **Deme** (deme): conjunto de organismos de la misma especie que habitan en un mismo ambiente, puede comprender una o más poblaciones de la misma especie. Grupo local de cruzamiento; unidad panmítica.

205. **Demersal**: que vive en o cerca del fondo de un mar o lago, pero que posee la capacidad de nadar activamente.

206. **Dendrócola**: que vive en los árboles o que crece en éstos. Arborícola.

207. **Densidad-dependiente** (density-dependence): proceso de regulación del tamaño de una población por mecanismos que son controlados por ella misma (ej. disponibilidad de recursos) y que incrementan la efectividad tanto como el incremento del tamaño de la población.

208. **Denudación**: erosión de la materia superficial hasta dejar al descubierto las rocas subyacentes. Eliminación de la vegetación superficial.

209. **Depósito aluvial**: depósito cenagoso transportado por agua. Sedimento aluvial. Aluvio.

210. **Derrames del río**: láminas de agua mantenidas entre los albardones y las partes más elevadas de las terrazas fluviales, como resultado de desbordes y de la escasa infiltración del agua.

211. **Descarga**: volumen de flujo de agua que pasa por la sección transversal de un río, por unidad de tiempo, generalmente expresada en metros cúbicos por segundo.

212. **Descomponedores** (decomposers): seres vivos del ecosistema, que descomponen la materia orgánica o los cadáveres de otros seres vivos hasta

convertirlos en sustancias simples, dando por resultado la formación de sustancias minerales. Los principales grupos de organismos desintegradores o descomponedores son los hongos y las bacterias.

213. **Descomposición** (decomposition): acción de reducir o transformar un compuesto en otro. Generalmente, la materia orgánica se transforma en compuestos inorgánicos simples por la acción de los microorganismos. Degradación metabólica de la materia orgánica en compuestos simples, orgánicos e inorgánicos, con la correspondiente liberación de energía.

214. **Detritófago**: que se alimenta de detritos.

215. **Detritívoro**: organismo que se alimenta de detritos que se encuentran en mayor abundancia en el fondo de los humedales, adheridos a las plantas o en el sedimento.

216. **Detrito** (detritu): materia orgánica en descomposición con protistas, protozoarios y otros organismos que sirven como alimento para los comedores de detritos. Materia orgánica fragmentada en partículas dentro o sobre el sustrato.

217. **Detrito alógeno**: detrito arrastrado al interior de una región a la que no pertenece.

218. **Detritófago**: cualquier organismo que se alimenta de materia orgánica fragmentada en partículas dentro o sobre el sustrato.

219. **Dioxina**: tetraclorodibenzoparadioxina.

220. **Dique** (C.): franja angosta de terreno en la ribera del río, con mayor altura que la zona más alejada, producida por la sedimentación continua en los períodos de mayor creciente del río.

221. **Disclímax**: clímax perturbado. // Sucesión ecológica mantenida por debajo del clímax debido a la rápida expansión de especies introducidas, inestabilidad climática, incendios, pastoreo o por la actividad del hombre.

222. **Dispersión de los animales**: movimiento de un individuo en una única dirección, desde el lugar (casa) de nacimiento a su nueva casa, que suele estar lejos de su origen. // Se refiere también al área geográfica colonizada por los animales en los humedales.

223. **Distrófico** (dystrophic): aplícase a los medios acuáticos (lagos) muy pobres en sustancias minerales disueltas, pero ricos en ácidos húmicos, que dan al

agua mayor acidez y le confieren un color café, si bien son transparentes.

224. **Disturbio** (disturbance): situación de desorden de origen antrópico que pone en peligro la estabilidad de un organismo, población o paisaje.

225. **Diversidad alfa**: variedad de organismos que se da en un determinado lugar o hábitat. Se mide mediante índices que relacionan el número de especies (poblaciones) presentes en el lugar y el número de individuos de cada una de esas especies.

226. **Diversidad beta**: variedad de organismos que ocupan diferentes hábitats sobre una región. // Diversidad regional. // Medida de la tasa y extensión del cambio en las especies, a lo largo de un gradiente, de un hábitat a otro.

227. **Diversidad específica** (species diversity): parámetro sintético que expresa la relación existente entre el número de especies y la abundancia (número de individuos, cobertura, biomasa) de cada una de ellas en la muestra, parche o unidad de paisaje). Es un valor paramétrico o cuantitativo.

228. **Diversidad gamma**: diferencias entre hábitats similares en regiones separadas. // Riqueza de especies de una jerarquía de hábitat de un área geográfica dependiente de la diversidad alfa de los hábitat que contiene y de la extensión de la diversidad beta entre ellos.

229. **Dominancia** (dominance): en las comunidades no todos los organismos tienen la misma importancia. Las especies que más abundan en una comunidad o cuya influencia es decisiva por su densidad y voracidad, constituyen las especies dominantes. El coeficiente de dominancia, expresa el grado de importancia cuantitativa de una especie en un medio dado.

230. **Dominante** (dominant): dicese de la especie que controla el hábitat o que predomina en una comunidad y cubre u ocupa mayor área que otras.

E

231. **Écada**: forma vegetal o animal que se produce como respuesta a factores de hábitat particulares, las adaptaciones características que toma no son hereditarias. // Forma de hábitat.

232. **Ecesis**: etapa inicial de la dispersión hacia un nuevo hábitat; invasión exitosa y establecimiento de plantas colonizadoras.

233. **Ecoclima**: clima inmediato de un organismo individual. // Microclima.

234. **Ecoclin** (ecocline): se refiere a una serie de biotipos de una especie, que presentan un gradiente genético de adaptabilidad a un gradiente ambiental que se manifiesta a nivel supra-regional, hasta escala continental.

235. **Ecoclino**: variación característica más o menos continua de una serie de poblaciones distribuidas a lo largo de un gradiente ecológico, presentando cada población una adaptación local a su segmento particular del gradiente. // Gradiente de ecotipos. // Diferencias en la estructura comunitaria que resultan de cambios en la pendiente de una montaña o cadena montañosa.

236. **Ecoespecie** (eco especie): población adaptada a determinado medio, que al cruzarse con otras poblaciones vecinas, da descendientes frecuentemente estériles.

237. **Ecofeno** (ecotype): diferentes formas ecológicas de una especie, adaptada a distintos hábitat, que parecen ser variedades de la especie pero que, en realidad, no lo son. Las limnofases y potamofases, en algunas especies de plantas, favorecen el desarrollo de organismos con morfología y fisiología adaptadas al hidroperíodo. Las plantas de una misma especie pueden ser registradas como especies distintas debido a que sus ecofenos de suelo seco e inundado son muy distintas (*Panicum elephantipes*, *Echinochloa polystachia*; *Paspalum repens* y *Ludwigia peploides*, son algunos ejemplos). // Todos los fenotipos que se presentan naturalmente, producidos dentro de un hábitat dado por un solo genotipo.

238. **Ecofenotipo**: fenotipo que presenta adaptaciones no genéticas asociadas con un hábitat dado o con determinado factor ambiental.

239. **Ecoide** (ecoide): ser vivo considerado con su ambiente en íntima relación.

240. **Ecología de paisajes**: estudio de la estructura, función y cambios en un paisaje heterogéneo compuesto por ecosistemas interactuantes.

241. **Ecón**: unidad vegetacional local.

242. **Eco-regiones** (eco-regiones): áreas ecológicas relativamente homogéneas definidas por la similitud de clima, forma de la tierra, suelo, vegetación natural potencial, hidrología u otra variable ecológicamente relevante.

243. **Ecosfera** (ecosphere): comprende todos los seres vivos de la tierra y el medio físico en el que viven con todas las interrelaciones que se establecen entre ellos. Se emplea a veces como sinónimo de biosfera.

244. **Ecosistema**: es un sistema de interacción de organismos vivos y su ambiente físico. // La comunidad biótica y su ambiente abiótico funcionando como un sistema.

245. **Ecotipo** (ecotype): variedades o razas de una misma especie que difieren solamente en algunos caracteres morfológicos y que se hallan adaptadas a determinadas condiciones locales. // Población adaptada localmente, raza o grupo infraespecífico que posee caracteres distintivos que son el resultado de las presiones selectivas del ambiente local; raza ecológica. // Subunidad dentro de una ecoespecie que comprende a individuos capaces de cruzarse con miembros de ese y otros ecotipos dentro de la ecoespecie, pero que permanecen bien determinados mediante selección y aislamiento.

246. **Ecotono** (del griego: *tonia*= tensión y *eco*, del gr. *oikos*= casa) (ecotone): zona de tensión entre dos comunidades adyacentes que tiene, generalmente, características transicionales. Ej. entre el bosque y el páramo, entre la selva y la sabana o entre una comunidad marina de fondo arenoso y otra de fondo rocoso. Algunos humedales tienen características de ecotonos, pero no todos los humedales son ecotonos.

247. **Ecotopo**: tipo particular de hábitat que se encuentra dentro de un área geográfica más extensa. / Intervalo completo de adaptaciones de una especie a factores externos que operan dentro (componentes de nicho) y entre (componentes de hábitat) comunidades.

248. **Edafón**: flora y fauna del suelo. // Organismos que viven en el agua intersticial y en los espacios de poro del suelo.

249. **Efecto sinérgico** (synergic effect): consecuencia de mayor magnitud y calidad que la produciría determinada acción sobre la población, comunidad o paisaje debido a la concurrencia de condiciones que potencian el efecto. // Es la magnificación del efecto aislado que tendría aquel que producirían separadamente algunos de los elementos intervinientes. Existe sinergia para un determinado proceso (Ej. retracción poblacional) en relación al estado de conservación en que la misma se encuentre.

En el ejemplo anterior: el efecto puede ser magnificado, si el disturbio se produce cuando la población se encuentra al límite de la extinción (estado crítico).

250. **Eficiencia ecológica** (ecological efficiency): ganancia en el intercambio de energía o de nutrientes entre los niveles tróficos. Generalmente se expresa como energía solar capturada y transformada por las plantas durante la fotosíntesis, o como la energía que incorporan los carnívoros desde los niveles inferiores de la malla trófica.

251. **Embalsados** (español de América): islas flotantes en esteros del distrito chaqueño oriental de Argentina (o en Paraguay, donde reciben el nombre de batumes). Pueden crecer en ellos árboles pequeños y transportar animales. Tienen su origen en los camalotales o formarse a partir de la vegetación sumergida o arraigada emergente. Pueden alcanzar grandes dimensiones, dificultando la navegación y representando un peligro para puentes, presas. Interfieren con el desagüe y entonces producen inundaciones localizadas.

252. **Emergente**: planta acuática que posee la mayoría de sus partes vegetativas sobre el agua. // Árbol que supera el nivel de la bóveda que lo rodea.

253. **Emergida**: relativo a una planta o estructura vegetal que se proyecta por encima de la superficie del agua. // Anfibia.

254. **Emersiherbosa**: vegetación herbácea emergente de charcos y pantanos.

255. **Enchente** (port. del Brasil)= creciente: proceso de subida del nivel del agua.

256. **En peligro**: esta expresión se emplea en el sentido que le da la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Un taxón está en peligro cuando no está en "peligro crítico" pero enfrenta un riesgo muy alto de extinción en el medio silvestre en el futuro próximo.

257. **En peligro crítico**: esta expresión se emplea en el sentido que le da la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Un taxón está en peligro crítico cuando enfrenta un riesgo muy alto de extinción en el medio silvestre en el futuro inmediato.

258. **Epífito** (epiphytes): plantas que viven sobre otras sin perjudicarlas, utilizándolas sólo como apoyo o soporte. Ej. orquídeas, bromeliáceas, musgos, líquenes.

259. **Epilitoral**: zona de la costa por encima de la zona intermareal que se ve influida por los efectos de la espuma salada. // Zona de espuma.

260. **Epinecton**: organismos unidos a formas que nadan activamente (nectónicos) pero que son incapaces de moverse independientemente contra las corrientes de agua.

261. **Epineuston**: organismos que viven en el aire o en la película superficial de un cuerpo de agua. // Componente del neuston. // Supraneuston.

262. **Epipélico**: organismos acuáticos que se mueven sobre la superficie del sedimento o que viven en la interfaz sedimento/agua.

263. **Epipleuston**: organismos que se mueven sobre la película superficial del agua con todo su cuerpo o la mayor parte de éste, sobre el agua.

264. **Epipsamnon**: organismos que viven en la superficie de un sustrato arenoso o en la superficie de las partículas de arena.

265. **Equilibrio dinámico** (dynamic equilibrium): condición de relativo balance, entre fuerzas o procesos que tienen efectos opuestos y que se hallan en constante cambio.

266. **Equivalente de humedad**: peso porcentual del agua retenida por una muestra de suelo secada en horno y sujeta a una fuerza centrífuga igual a 1000 veces la de la gravedad durante un período específico. Se consideran valores de alrededor del 2% en la arena gruesa y de hasta 40% en la arcilla pesada.

267. **Erosión**: desgaste. // Eliminación de la capa de la tierra por la acción del agua, hielo, viento u otros agentes. // Corrosión.

268. **Erosión en regueros o surcos**: arrastre de elementos terrosos al discurrir el agua por la superficie del suelo, ocasionando la formación de surcos o regueros orientados, más o menos normalmente a las curvas de nivel.

269. **Erosión potencial**: se denomina así al proceso de erosión que, en calidad y cantidad, se prevé va a tener lugar en el futuro en un área determinada.

270. **Esciófilo** (sciophilous): que vive a la sombra o busca la sombra. // Se refiere a las plantas que requieren sombra para su desarrollo, como el café y muchas especies de la familia Araceae.

271. **Escorrentía** (runoff): acción de las aguas caídas sobre la tierra que se deslizan sobre la superficie

del suelo y transportan parte de él, especialmente los elementos sueltos.

272. **Especiación**: la formación de especies nuevas. // División de un linaje filogenético; adquisición de mecanismos de aislamiento reproductivo que producen discontinuidades entre poblaciones.

273. **Especie** (specie): organismo/s que reúne/n determinadas características morfoanatómicas, funcionales y físico-químicas que permiten distinguirlo/s de los demás y que mantienen estas propiedades dentro de un contexto evolutivo.

274. **Especie adventicia**: la que no pertenece, habitualmente, a ese área del ecosistema, o a determinado estado hidrológico de los humedales.

275. **Especie amenazada** (endangered species): según lo define la comisión de supervivencia de especies de la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN) una especie amenazada es aquella que enfrenta una elevada probabilidad de extinción o que se aproximaría a dicha situación de continuar las presiones directas sobre ésta o sobre su hábitat. Especies de plantas o animales amenazados de extinción debido a diferentes causas, como explotación irracional, falta de adaptación y otras.

276. **Especie autóctona**: originaria de un país determinado que se da allí de forma natural.

277. **Especie casual** (casual specie): aparece esporádica o irregularmente en una comunidad.

278. **Especie clave o especie indicadora** (keystone specie): tiene un efecto desproporcionado sobre la persistencia de las demás especies. Su exclusión puede provocar efectos sinérgicos de pérdidas en la complejidad de los ecosistemas. También puede plantearse a nivel de ecosistemas clave con significado análogo.

279. **Especie en peligro**: aquella especie de plantas o animales cuya perspectivas de supervivencia y reproducción son inciertas. Esto puede deberse a una o varias causas: pérdidas o cambios en el hábitat, predación, competencia, enfermedades, causas desconocidas. // Especie que requiere gran protección para evitar su extinción.

280. **Especie en peligro de extinción**: aquella cuya supervivencia es poco probable si los factores causales de su actual situación siguen actuando.

281. **Especie estenotípica**: especie animal que está estrictamente relacionada con un biotopo determinado.

// También se designa así a la especie que tiene estrecha valencia ecológica.

282. **Especie euritípica:** está integrada por individuos de gran plasticidad ecológica que le permite colonizar numerosos hábitats. // Ubicuísta.

283. **Especie exótica:** aquella cuyo origen es de otro país o región geográfica.

284. **Especie indicadora:** especie cuya presencia o ausencia es indicativa de un hábitat particular, comunidad o conjunto de condiciones ambientales. // Especie característica. // Especie guía. // Especie índice.

285. **Especie sensible:** aquella cuyo hábitat característico está particularmente amenazado, en grave regresión, fraccionado o muy limitado.

286. **Especie ubicuísta:** se dice de aquellos animales que se encuentran repartidos en lugares de diferentes características ecológicas.

287. **Especie vicaria** (vicarious specie): pertenecen a un mismo grupo taxonómico, poseen características similares de adaptación y corresponden a un mismo tipo ecológico o nicho, pero sus áreas de distribución no se superponen.

288. **Especie vulnerable:** aquella que corre el riesgo de pasar a la categoría de “en peligro” en un futuro inmediato si los factores adversos que actúan sobre ella no son corregidos.

289. **Espejo de agua** (español de América): laguna somera que se forma tras las lluvias en las planicies de incierto avenamiento por su escasísima pendiente. // Por extensión, son todas las aguas no vegetadas o con baja cobertura de vegetación.

290. **Estabilidad** (stability): posibilidad o propiedad de un elemento físico, químico o biológico para mantener el equilibrio a lo largo del tiempo y en un contexto geográfico, o de retomar el equilibrio luego de un disturbio o perturbación. // Resistencia al cambio. // Tendencia a permanecer en, o a regresar a, un estado de equilibrio. // Capacidad de las poblaciones de resistir perturbaciones sin cambios notables en su composición.

291. **Estanque** (C.): lámina de agua, embalsada artificialmente y, muchas veces, represada con muros para propósitos generalmente lúdicos: riego de jardines, adorno, cría de peces, etc.

292. **Estenócora** (stenochoric): especie que se extiende sobre áreas reducidas. // Es sinónimo de

“endémica”. // Que tiene un estrecho radio de distribución.

293. **Estenohalino:** que vive en un estrecho rango de salinidad, incapaz de soportar variaciones amplias.

294. **Estenohídrico:** tolerante a un reducido intervalo de niveles de humedad.

295. **Estenotermo:** que vive en un estrecho rango de temperatura, incapaz de soportar grandes variaciones.

296. **Estepa húmeda:** comunidad dominada por *Gamochaeta nivalis* y *Festuca gracillina*, menor que el pastizal húmedo y en contacto con matorrales o bosques (Glosario O. H.)

297. **Esterio** (español de América) (inlet)= caruguá, tuyuí (guaraní): humedal densamente vegetado por plantas palustres y acuáticas, con aguas permanentes o semipermanentes, que tienen un estrato orgánico turboso, cubriendo el fondo. // Son ambientes con acumulación creciente de materia orgánica.

298. **Estiaje o caudal de estiaje** (low water, phase, limnophase): nivel más bajo de las aguas de un río, durante el período seco o verano, caudal mínimo de un curso de agua o de un afluente de agua servida.

299. **Estímulo** (stimuly): fuerza o impulso de naturaleza física, química y/o biológica que puede modificar positiva o negativamente el estado actual de una población, unidad de paisaje o parche.

300. **Estructura poblacional:** distribución de los individuos de una población en clases de edades .

301. **Estuario** (estuary): brazo de mar que penetra en el valle de un río hasta el límite superior de la subida de la marea. // Tramo de la desembocadura de un río en el mar, donde se mezclan las aguas fluviales y marinas y originan condiciones especiales para la flora y la fauna. // Cualesquier aguas costeras semiencerradas, con salida al mar, con un alto desague de agua dulce y marcadas fluctuaciones cíclicas de salinidad; por lo general se trata de la boca de un río.

302. **Eurícora** (eurychoric): especie que se extiende sobre áreas amplias. // No endémica.

303. **Eurihalino:** capaz de soportar grandes variaciones de salinidad.

304. **Eurihídrico:** tolerante a una amplia gama de niveles de humedad.

305. **Euritermo:** capaz de soportar grandes variaciones en la temperatura.

306. **Eutrófico** (eutrophic): se refiere a los lagos, cuyas aguas se enriquecen con sales nutritivas, especialmente de fósforo y nitrógeno, que provocan la proliferación de organismos que ocasionan la disminución del oxígeno a niveles extremos, caracterizados por la descomposición que produce olores pútridos. En realidad, eutrófico alude a una “buena alimentación” de un cuerpo de agua, en especial a un proceso eficiente de captura y transferencias de energía y de materiales dentro de los humedales. // Que posee una alta productividad primaria. // Relativo a las aguas ricas en los nutrientes necesarios para las plantas verdes. // Lago en el que el hipolimnion agota su oxígeno durante el verano, debido al decaimiento de la materia orgánica que llega al fondo proveniente del epilimnion.

307. **Eutrofización** (eutrophication): se dice que un lago o cuerpo de agua en general, se halla en estado de eutrofización, cuando posee una vegetación acuática muy desarrollada con un fondo fangoso rico en materias putrefactas y por tanto pobres en oxígeno (no debe decirse eutrofización). // Sobrenriquecimiento de un cuerpo de agua con nutrientes que trae como resultado un crecimiento excesivo de los organismos y el agotamiento de la concentración de oxígeno.

308. **Evaporación** (evaporation): fenómeno físico que consiste en el paso de un líquido a la fase gaseosa por efecto del calor.

309. **Evapotranspiración** (evapotranspiration): descarga de agua de la superficie de la tierra, a la atmósfera, por evaporación de los lagos, ríos, superficie del suelo y por transpiración de las plantas. // Pérdida total real de agua debida a la evaporación del suelo y de los cuerpos de agua y también a la transpiración de la vegetación en un área dada y con respecto al tiempo; por lo general se expresa en términos de precipitación fluvial equivalente.

310. **Evapotranspiración potencial**: cantidad de agua que debería ser perdida por la vegetación natural en un clima particular, si el agua nunca fuera limitada durante el año. // Pérdida de agua potencial del suelo o de la superficie de un cuerpo de agua por evaporación y de la vegetación por transpiración, dado un exceso de agua de suelo disponible.

311. **Evasiva de la sequía**: relativo a las plantas resistentes a la sequía que pueden sobrevivir períodos

sin lluvia produciendo semillas o estructuras resistentes a la desecación.

312. **Evolución convergente** (convergent evolution): similitud de características en organismos de origen fitogenético diferente.

F

313. **Facies** (facies): refiérese al aspecto externo de una comunidad o población. // En sistemática fitosociológica es la unidad de menor categoría.

314. **Factores limitantes**: son aquellos que condicionan la presencia o la abundancia de las poblaciones vegetales y animales en determinado lugar y tiempo.

315. **Fango** (C.)= tuyú (guaraní): barro. // Sedimento fino de sitios encharcados o saturados, con menor proporción de arena gruesa que de materiales finos (arcilla y limos).

316. **Faoplancton**: plancton superficial de la zona fótica superior. // Feoplancton.

317. **Faunación**: reunión de especies animales en un área particular.

318. **Fauna silvestre** (wildlife fauna)= mimbá, ati (guaraní): el conjunto de animales autóctonos que viven libres en su ambiente natural.

319. **Federión**: comunidad o colección que comprende varias especies que no son mutuamente interdependientes.

320. **Fen** (I.): humedal situado en una depresión más o menos profunda, con formación de turba subacuática relativamente rica en elementos minerales (detectables por la cantidad comparativamente grande de cenizas que produce al quemarse) generalmente conectado con los flujos del sistema regional de agua subterránea (turbera minerotrófica). // Lodazal eutrófico que posee una lámina de agua, durante el invierno, a nivel de tierra o por encima de éste; generalmente está dominado por pastos herbáceos.

321. **Fenocliño**: serie graduada de frecuencias de fenotipo dentro del intervalo geográfico de una especie.

322. **Filctioplancton**: organismos planctónicos que flotan debido a medios hidrostáticos.

323. **Fisonomía**: aspecto característico de una comunidad de plantas, o de un paisaje por el cual pueden reconocerse a distancia. // Arreglo de los

elementos del paisaje que determinan un aspecto que le es característico.

324. **Fitobentos**: comunidad de plantas que vive en el fondo de una corriente, un lago o el mar. // Fitobenton. // Parte del fondo de una corriente o de un lago cubierta por la vegetación.

325. **Fitomasa**: biomasa vegetal. // Cualquier estimación cuantitativa de la masa total de las plantas en un sitio, población o dentro de un área determinada, en un momento dado.

326. **Fitoneuston**: el componente vegetal del neuston.

327. **Fitoplancton**: vida vegetal planctónica. // Subcomunidad dentro del plancton, integrada por poblaciones algales que viven e interaccionan en un espacio y tiempo dado.

328. **Fitopleuston**: las plantas que flotan libremente en hábitats acuáticos.

329. **Flarca**: área húmeda local de vegetación pantanosa escasa y con poca capacidad de convertirse en carbón vegetal, entremezclada con zonas más secas.

330. **Flood-plain** (I.): literalmente significa “llanura de inundación”. // Término técnico moderno que designa el territorio afectado por la inundación más o menos periódica de un río, lo que le confiere una serie de características geomorfológicas, edáficas (por ejemplo, el continuo aporte de materiales de distinto origen, calidad y tamaño que dependen de la energía que mueve el río en cada momento de su régimen) y de vegetación (capaz de resistir la inundación o a la sequía). Las llanuras de inundación pueden formar sistemas muy complejos de canales, lagunas, islas, etc., característicos y de funcionamiento ecológico sincronizado con las fluctuaciones hidrométricas (migraciones de peces y otros organismos acuáticos), formando los “deltas internos”, complejos paisajes semiterrestres de gran dinamismo, constantemente remodelados. Estas situaciones pueden además complicarse en los tramos bajos del río donde se hacen sentir las mareas. La acción de las aguas subterráneas puede ser muy importante o no, dependiendo de la fisiografía de la cuenca. La floodplain o llanura de inundación en Brasil es conocida como várzea. Melton (1936) distinguió diferentes tipos de várzeas en relación a su origen y posición respecto del curso del río y al diseño de cada tramo: 1. Formadas por cursos meándricos, ocasionalmente inundadas, sin

acumulación vertical de sedimentos. 2. Planicies cubiertas. Tienen sedimentos suspendidos originados en sucesivos desbordes del río. Con varios canales. En aguas bajas se ve el modelado. 3. Planicies de ríos entrelazados (*braided*) formados por sedimentos de fondo, arrastrados por la carpeta tractiva. Welcomme (1992) ha clasificado las planicies de inundación según su oferta de vida para los peces: 1) Planicies laterales (grandes ríos tropicales). 2) Planicies centrales (deltas internos). 3) Planicies de deltas (deltas costeros). Según Neiff *et al.* (1994) la planicie de inundación o várzea es una faja deprimida por donde corre el río, constituida por sus depósitos de canal y de inundación, permanente o temporalmente inundada por el aporte fluvial. Las áreas de formaciones más antiguas y los depósitos de tributarios, que quedan periódicamente anegados por las aguas no son considerados como parte de la várzea.

331. **Flotación**: dispersión de los organismos terrestres, sedimentos, rocas u otro material a través del agua sobre objetos o materiales flotantes.

332. **Fluctuación** (fluctuation): modificaciones que se producen en la estructura de un elemento del paisaje o de una comunidad o en los factores ambientales en una serie actual de tiempo. Las fluctuaciones de largo término de tiempo se incluyen dentro de las series geológicas o las evolutivas.

333. **Flujo de gravedad**: flujo de agua, de partículas y de organismos, controlado por la gravedad. Ejemplo de esto es la disposición de las partículas en los suelos terrestres, en que se produce una migración vertical en profundidad, de los materiales más finos y livianos. En los humedales, especialmente en los marinos y fluviales, existen movimientos de sentido horizontal y de distinta dirección, que distribuyen las partículas y elementos en láminas, cuyo espesor y constitución depende de la energía del río o flujo en cada momento. Este efecto, que se produce en tiempos actuales, enmascara la acción del flujo de gravedad (que opera en series evolutivas de tiempo).

334. **Flumíneo**: relativo al agua corriente.

335. **Flutuante fija** (port. del Brasil)= flotante fija: planta flotante, arraigada al fondo o a un barranco. Puede tener hojas en la superficie del agua. (*Nymphaea spp.*) o encima (*Eichhornia azurea*).

336. **Fluvial**: perteneciente a un río, formado por acción de un río. // Relativo a los ríos y a la acción de éstos.

337. **Fluviátil**: que vive en ríos y corrientes. // Fluvial. // Lótico.

338. **Fluviología**: estudio de los ríos.

339. **Fragilidad**: grado de susceptibilidad de un humedal o elemento de él al deterioro ante perturbaciones o disturbios de distinta calidad y magnitud.

340. **Fragmentación**: incremento en el número y tamaño de los parches del paisaje prístino o nativo, debido a la explotación. // Cambio dañino en el ensamble o patrón de paisaje, como consecuencia de la agricultura u otros disturbios, que se refleja en un aumento en el número de células y en un cambio en la calidad de las mismas.

341. **Franja infralitoral**: zona marítima de transición situada inmediatamente por debajo del eulitoral, entre las zonas intermareal y sublitoral. // Franja sublitoral.

342. **Freático**: perteneciente al agua subterránea.

343. **Freatofita**: planta que absorbe agua del manto freático permanente.

344. **Freatofita**: planta que habita en un depósito de agua.

345. **Funciones ecológicas**: son actividades o acciones que tienen lugar de forma natural en los humedales como resultado de las interacciones entre la estructura y los procesos del ecosistema. Abarcan acciones como la regulación de las crecidas, la retención de nutrientes, sedimentos y contaminantes, el mantenimiento de las mallas tróficas, la amortiguación de la amplitud climática local, en particular la lluvia y la temperatura.

G

346. **Gley**: tipo de suelo sujeto a inundaciones periódicas debido a su horizonte C poco permeable y, por lo tanto, sujeto al gleyado. Glei.

347. **Gleyado**: en los suelos inundados, la eliminación de los compuestos de hierro y manganeso de las capas superficiales anaeróbicas de un suelo. Estos compuestos se acumulan en las capas más profundas en donde se precipitan bajo condiciones de oxidación, las capas superiores tienden a ser de gley

sin relieves, las más profundas son intensamente abigarradas. Gleización.

348. **Gradiente** (gradient): Cambio gradual en la estructura de un humedal o elemento de él, que se produce en forma gradual según el coeficiente constante de variación en el espacio y/o en el tiempo. Es el cambio continuo de un factor o propiedad. Índice de cambio de una variable con la distancia. Cambio de incremento o decremento regular en un factor, como puede ser la temperatura ambiente. Gradiente de carácter.

349. **Gremio**: grupo de especies que tienen necesidades de recursos y estrategias de forrajeo ecológicas similares y que, por lo tanto, desempeñan papeles similares en la comunidad.

350. **Grupo funcional** (functional group): conjunto de organismos que reaccionan de forma similar ante una perturbación o disturbio (Wetland Restoration Middleton)

351. **Grupo natural**: reunión de organismos relacionados, por descendencia, con un ancestro común. Grupo monofilético.

H

352. **Hábitat** (habitat): según Odum (1972), es el lugar donde vive, o donde se puede encontrar a un organismo. Puede significar una localización geográfica, pero también un conjunto de condiciones necesarias para la vida de un organismo o población. A veces sólo se cumplen determinadas funciones en un hábitat y cierto número en otro hábitat. Es el caso de los peces que tienen su hábitat reproductivo en las cabeceras de un río y el resto de sus actividades vitales en humedales. En otros casos, las formas inmaduras de insectos tienen su hábitat en plantas sumergidas o en los sedimentos del fondo de ciénagas (lagos) y sus formas adultas en la parte emergente de las plantas litorales, donde completan su actividad reproductiva. El conocimiento del hábitat y las necesidades de hábitat de los organismos que viven en humedales, es vital para establecer pautas de conservación de los recursos, tamaño y forma de las áreas protegidas, vedas de captura, establecimiento de zonas *buffer* y otros aspectos de manejo.

353. **Hábitat parcial**: hábitat ocupado por un organismo sólo durante una fase de su ciclo de vida.

354. **Halobios**: la vida que existe en el mar. // Parte de la superficie terrestre ocupada por organismos marinos.

355. **Halofita**: planta que vive en condiciones salinas. Planta que tolera o que se desarrolla en un suelo alcalino rico en sodio y sales de calcio.

356. **Heliobio**: que vive en los pantanos.

357. **Helofita**: planta perenne, con brotes de renovación comúnmente en forma de rizomas enterrados en el suelo o en el lodo bajo el nivel del agua.

358. **Herbazal**: comunidad vegetal dominada por hierbas altas no gramíneas (*Rapateaceae*, *Araceae*, *Maranthaceae*, *Musaceae*) asociadas típicamente a pantanos o suculentas (*Aizoacaceae*, *Chenopodiaceae*) propias de playas costeras (Venezuela).

359. **Herbívoro**= ca-á uhá (guaraní): organismo que se alimenta preferentemente de vegetales o parte de ellos.

360. **Herpon**: organismos que se arrastran.

361. **Heterogrado**: gradiente no uniforme de un factor en la columna de agua. En limnología: tipo de distribución de oxígeno encontrado en algunos lagos, en el que un máximo (positivo) o un mínimo (negativo) muy notables en la concentración de oxígeno se convierten en el metalimnion durante la estratificación.

362. **Hidrobio** (hydrobiota): planta o animal que vive en el medio acuático, que depende permanente o temporariamente de él. Son hidrobios también aquellos organismos que, a pesar de cumplir gran parte de sus funciones en el medio subaéreo, requieren de los humedales para alguna de las actividades de su ciclo vital.

363. **Hidrocoria**: dispersión de semillas por el agua

364. **Hidroepífita**: planta acuática herbácea, apoyante que sólo prospera sobre otras (flotantes, emergentes o sumergidas). Las raíces del epífita se entrelazan sobre las de la planta huésped, en la superficie del cuerpo de agua. Ejemplo: *Oxycarium cubensis* var. *paraguayensis*, sobre *Salvinia herzogii* u otras flotantes libres.

365. **Hidrogeomorfología**: combinación del clima, geomorfología de la cuenca e hidrología que colectivamente influyen en el funcionamiento de un humedal.

366. **Hidrófilo**: que se desarrolla en hábitats húmedos o acuáticos.

367. **Hidrófito** (hydrophyte): planta herbácea, arbustiva o leñosa que requiere del medio acuático en

forma permanente o temporaria para completar su ciclo vital. Planta perenne con brotes bajo el agua y con hojas sumergidas o flotantes.

368. **Hidrófitos emergentes de hojas flotantes** (root-floating leaved plants): angiospermas herbáceas, enraizadas que pueden sus hojas flotando en la superficie del agua. Ejemplo: *Nymphaea* spp.; *Victoria* spp.

369. **Hidrófitos flotantes libres** (free-floating plants): llamadas también *pleustófitos*. Plantas que viven en la superficie de los cuerpos y cursos de agua. Tienen una parte emergente (generalmente hojas) y una parte subacuática (raíces y, a veces, rizomas). Ejemplo: *Eichhornia crassipes*; *Pistia stratiotes*.

370. **Hidrófitos arraigados sumergidos** (anchored submerged plants): plantas acuáticas que viven fijadas en el fondo de los cuerpos y cursos de agua transparente. Generalmente emergen.

371. **Hidrófitos arraigados emergentes** (rooted emerged plants): plantas que viven en la zona litoral de ciénagas, lagunas y bañados, con las raíces (y rizomas) hundidos en los sedimentos y con hojas que se yerguen sobre el agua. Ejemplo: *Typha* spp.; *Scirpus* spp.

372. **Hidrofitio**: comunidad vegetal de pantano o ciénaga.

373. **Hidrogeófito**: planta acuática que produce brotes sobre un rizoma enterrado. Geófito acuático.

374. **Hidrohemiscriptófito**: planta acuática que produce brotes en la interfaz agua/sedimento. Hemiscriptófito acuático.

375. **Hidrológico** (hydrologic): relativo al agua. Se refiere a los factores dinámicos que modifican los estados de los humedales. Buena parte de los cambios en la estructura de los humedales se relacionan con las diferencias en la cantidad y calidad del agua en diferentes períodos de tiempo.

376. **Hidromórfico**: adaptado a la vida acuática. Relativo a un suelo intrazonal que se ha formado bajo condiciones de exceso de agua o de poco drenaje; (suelo) hidrogénico.

377. **Hidroperiodicidad**: control de los procesos vegetativos en las plantas debido a la sequía periódica. Hidroperiodicidad temporal.

378. **Hidroperíodo**: patrón estacional del nivel del agua de un humedal. Característica de cada tipo de humedal.

379. **Hidrosere** (hydrosere): denominación aplicada a tipos particulares de sucesión que se originan en el agua y que avanzan desde el medio acuático hacia el terrestre. Ej. la sucesión vegetal que puede formarse a orillas de un lago. Numerosos ejemplos se encuentran en la obra clásica de Weaver y Clements.

380. **Hipodérmico**: escurrimiento subterráneo de una parte de las aguas de infiltración, generalmente al contacto entre las formaciones superficiales poco consolidadas o sueltas y el basamento geológico más coherente y por lo tanto más impermeable.

381. **Hiponeustón** nombre de los organismos que viven inmediatamente debajo de la película superficial de un cuerpo de agua. Componente del neustón. Infraneustón.

382. **Hiporreico**: relativo a sedimentos saturados que se encuentran bajo o a la orilla de las corrientes y ríos.

383. **Holoplancton**: organismos que son miembros permanentes del plancton. Euplancton.

384. **Homeostasis** (homeostasis): *homeo*-+gr. *stasis*, posición, estabilidad. Conjunto de fenómenos de autorregulación, que permiten una relativa constancia en la composición y las propiedades del medio interno de un organismo o en la estructura de las poblaciones de un humedal. Constancia del sistema por autorregulación de procesos, aun cuando estén influidos por agentes bióticos o abióticos del medio externo.

385. **Homeostasis social**: mantenimiento de un estado estable dentro de una sociedad.

386. **Hondonada**, hondonal (C.): terrenos encharcados en los que, aparentemente, el agua no tiene salida, correspondiendo generalmente a prados húmedos y juncas. En el norte de Argentina se usa como equivalente de *cañada*.

387. **Horizonte**: cualquier estrato horizontal situado dentro de un sedimento, perfil de suelo, columna de agua o serie geológica.

388. **Huésped** (host)= mbohupába (guaraní): organismo que alberga a un parásito, a un comensal, u a otro organismo, que forma con el huésped un consorcio biótico. Cualquier organismo que proporciona comida o refugio a otro organismo. Simbionte habitado en una endosimbiosis o simbionte no habitado en una exosimbiosis.

389. **Humedad absoluta** (absolute humidity): cantidad de vapor de agua presente en el aire y se expresa en gramos de agua por metro cúbico de aire.

390. **Humedad relativa** (relative humidity): relación que existe entre la humedad medida y aquella que existiría en las mismas condiciones de temperatura, si la atmósfera estuviera saturada.

391. **Humedal**: término genérico, equivalente a “wetland” en idioma inglés. Se refiere a una extensión de aguas someras, comprendiendo uno o más tipos de cuerpos de agua, permanentes, temporarias, corrientes o quietas. Generalmente están densamente vegetados en la mayor parte de la superficie. El término es muy abarcativo e incluye los ambientes marinos, salobres y de agua dulce.

392. **Humedales construidos** (constructed wetlands): son humedales creados intencionalmente en sitios que no lo son con el propósito de realizar tratamiento de aguas servidas o residuales (wastewater o stormwater). También puede ser para acrecentar el valor escénico, la disponibilidad de fuentes de agua o acrecentar la oferta de hábitats para la vida silvestre. Tienen muy variadas formas de construcción, tamaños y funcionamiento, según los intereses. Véase: Hammer, 1997.

393. **Humedal estuarino** (estuarine wetland) (1) Submareales a. Aguas estuarinas: aguas permanentes de estuarios y sistemas estuarinos de deltas. (2) Intermareales a. Planicies intermareales: barrosas, arenosas o salobres con vegetación. b. Pantanos intermareales incluyendo praderas salitrosas, mareas salobres y pantanos de agua dulce. c. Humedales forestados intermareales.

394. **Humedal marginal** (Fringe wetland): humedal ubicado cerca de un gran cuerpo de agua (típicamente el océano) cuyo nivel del agua fluctúa por efecto del viento o por mareas astronómicas.

395. **Humedal de referencia**: humedal o grupo de humedales dentro de una región biogeográfica relativamente homogénea que representa ejemplos comunes de un humedal tipo o ejemplos de estados alterados.

396. **Humedales de Sudamérica**: son sistemas de extensión sub-regional en los que la presencia de una lámina de agua de tamaño variable en el espacio y en el tiempo determina flujos biogeoquímicos propios, suelos con acentuado hidromorfismo y una biota cuya estructura y dinámica se encuentra bien adaptada a un amplio rango de variabilidad en la disponibilidad de

agua. Estos humedales tienen complejidad creciente en relación al área que ocupan y a la variabilidad hidrosedimentológica (Neiff et al., 1994).

397. **Humo-niebla** (smog): palabra formada por la contracción de los términos ingleses “smoke”= humo y “fog”= niebla. Se utiliza con frecuencia al hablar de contaminación ambiental atmosférica. Se designa así a una especie de neblina que se forma frecuentemente en las ciudades con gran actividad industrial. Generalmente acompaña a este fenómeno una inversión de temperatura que provoca la permanencia de los gases a baja altura. Existen dos tipos de smog: a) el oxidante producido por óxidos de nitrógeno en presencia de hidrocarburos; b) el ácido originado por el anhídrido sulfuroso (SO₂) proveniente de las industrias. En los humedales el efecto del aire húmedo cargado de sustancias tóxicas ha sido poco estudiado. De hecho, no es frecuente en Sudamérica.

398. **Humus** (humus): es uno de los constituyentes principales del suelo, que tiene su origen en la descomposición de la materia orgánica de origen vegetal y animal. Tiene gran capacidad de retención de agua y, cuando no es demasiado ácido, alberga una permanente actividad de microorganismos celulolíticos, descomponedores de materia orgánica y también de nitrificadores. En los humedales la humificación de la materia orgánica es generalmente lenta a muy lenta, por la alta relación Carbono/nitrógeno y la permanente deficiencia de oxígeno. Algunas veces, la deficiencia de fósforo en el agua y en los tejidos vegetales, la concentración de compuestos polifenólicos y la acidez del agua determinan una baja tasa de descomposición de la materia orgánica (Poi de Neiff et al., 1995). Como consecuencia se acumulan tejidos muertos que forman histosoles o suelos orgánicos.

I

399. **Ichnofauna**: las huellas animales de un área.

400. **Ichnoflora**: los rastros o huellas de las plantas de un área.

401. **Igapó**: se refiere a la porción de la Cuenca del Amazonas que no deriva de las estribaciones que provienen de los Andes donde hay sedimentos suspendidos. En contraste estas aguas tienden a ser

claras aunque algo manchadas. // En Brasil: en la región amazónica, dicese del bosque que es periódicamente inundado por ríos de aguas negras.

402. **Igarapé** (port. de Brasil): pequeña corriente de agua. // Quebrada. // Caño.

403. **Impacto** (impact)= yeyapí mbotpá (guaraní): cambio en la calidad o condición química, física o biológica (incluyendo hábitat) de un cuerpo de agua causado por fuentes externas, es decir: disturbios.

404. **Impacto ambiental** (environmental impact): acción que resulta de la interacción entre una o más actividades humanas y uno o más elementos del medio natural y/o social, que reciben sus efectos en determinado tiempo y espacio.

405. **Impacto ecológico** (ecological impact): se refiere al efecto total que produce un cambio ambiental, sea natural o provocado por el hombre, sobre las condiciones naturales de una región. Ej. la construcción de una represa, un canal o una ruta que atravesase el humedal.

406. **Impactos netos en el paisaje**: efectos negativos de uno o más disturbios producidos en forma puntual o acumulativa, y que han determinado alteraciones desfavorables en la estructura y en el funcionamiento del paisaje (Ej. fragmentación, erosión, selección de bioformas adaptadas al fuego) al momento de tomar una decisión de manejo, en el momento inicial de un proyecto hídrico u otra forma de manejo.

407. **Indicador** (índice): variable que señala la presencia o condición de un fenómeno que no puede medirse directamente. // Ratio u otro número, derivado de una serie de observaciones que se usa como medida de condiciones, propiedades, fenómenos, tendencias o comportamientos.

408. **Indicadores ecológicos** (ecological indicators): se refiere a ciertas especies que debido a sus exigencias ambientales bien definidas y a su presencia en determinada área o lugar, pueden tomarse como indicio o señal de que en ella existen las condiciones ecológicas por ellas requeridas.

409. **Índice de diversidad**: la expresión matemática de la riqueza de especies y su distribución en individuos en un área o comunidad dada. // Medida del número de especies de una comunidad y sus abundancias relativas, tales medidas incluyen el cociente entre número de especies y número de

individuos, el índice de Shanon-Wiener, índice de riqueza, índice de Brillouin e índice de Simpson.

410. **Índice de integridad biológica** (Index of Biological Integrity (IBI): expresión integral de una condición de sitio a través de mediciones múltiples.

411. **Ingeniería ambiental** (environmental engineering): ciencia aplicada que combina los conocimientos de la ingeniería y de la ecología al estudio y solución de los problemas ambientales, especialmente el de la contaminación.

412. **Interacción de especies**: intercambio de información o energía entre especies importantes, por ejemplo: simbiosis, comensalismo, defensa mutua de recursos, cuidado colectivo de las crías, parasitismo en la reproducción, cuidado prolongado de las crías, caza social, relaciones depredador-presa inusuales, parasitismo e hiperparasitismo.

413. **Intertidal** (intertidal): zona marina comprendida entre la línea de marea alta y la línea de marea baja.

414. **Intervalo de densidad óptima** (interval of best density): dícese del intervalo de densidad, en el cual una población puede fluctuar sin acusar los efectos de una sobrepoblación o de una población escasa. Resulta de mucho interés para estimar la capacidad de carga de un humedal (o elemento/s de él) respecto de las actividades humanas.

415. **Inundable**: sujeto a inundación. // Referente a las plantas que ocupan sitios susceptibles de inundación durante la temporada de lluvia.

416. **Inundación**: situación o estado del paisaje que se caracteriza porque el suelo se encuentra cubierto por una lámina de agua de variable espesor, aportada por el río, por el mar u otra fuente. A diferencia del *anegamiento* los cambios en el sistema se relacionan con el efecto de lluvias recibidas en la alta cuenca, por lo que las inundaciones tienen diferente estacionalidad y origen de los materiales. A diferencia del anegamiento, en las inundaciones hay un aporte de sedimentos y de minerales de la alta cuenca a los humedales (como ocurre en los humedales fluviales). El período de inundación es una de las fases del pulso, que se denomina *potamofase*.

417. **Inundación artificial** (artificial flood): descarga de un gran volumen de agua desde una

represa ubicada aguas arriba que causa una inundación beneficiosa a un humedal situado aguas abajo.

418. **Irreversibilidad**: aquella cualidad de una acción humana sobre un ecosistema o alguna parte de él, que impide que éste vuelva a su situación inicial después de haber producido un disturbio.

419. **Isleta**: pequeño bosque que llega a crear un clima endógeno, bajo copa, enclavado en una trama con fisonomía de pastizal.

420. **Isocona**: línea de un diagrama o mapa que conecta los puntos de igual concentración de un factor dado, como la salinidad.

421. **Isodema**: línea de un mapa que conecta los puntos que tienen igual densidad de población. // Línea isodémica.

422. **Isofana**: función simple de longitud, latitud y altitud usada en el análisis biogeográfico de la variación intraespecífica. En Fenología vegetal: línea que une puntos en los que determinada fase biológica (ej. floración) ocurre en el mismo momento.

423. **Isofena**: línea de una carta o mapa que conecta los puntos donde se produce la misma frecuencia de ocurrencia de un fenotipo o variante dado. // Fenocontorno. // Línea de una carta o mapa que conecta los puntos en los que ocurren eventos temporales en la misma fecha. // Mapa isofenal. // Línea isócrona.

424. **Isofeno**: que comparte o que produce efectos fenotípicos similares. // Isofénico.

425. **Isohalina**: línea de un diagrama o mapa que conecta los puntos de igual salinidad.

J

426. **Juncar, juncal** (C.)= pirití, guahó (guaraní): terreno bajo, poblado por especies del género *Scirpus*. Los juncales de *Schoenoplectus californicus* var. *californicus* ("junco" o "unco") ocupan extensas áreas litorales de lagos someros en gran parte de Sudamérica. // En: Paraguay y Argentina, suele usarse el término pirizal como sinónimo de juncal. Sin embargo, el término pirizal debiera estar aplicado exclusivamente a las formaciones de *Cyperus giganteus*.

K

427. **Kárstico**: relativo a estratos irregulares de caliza permeados por corrientes, que por lo general, presentan resumideros, cavernas y otros pasajes subterráneos.

L

428. **Lacustre**: perteneciente a, o que vive en, lagos o estanques. // Referente a las plantas que flotan o que están inmersas en agua dulce.

429. **Lago**= ipa. Iupá (guaraní): masa de agua continental de considerable tamaño, flujo predominantemente vertical, a causa de su gran volumen, menor contacto relativo y menor dependencia e interacción con el medio terrestre que la laguna y otros humedales. Los lagos someros pueden incluirse dentro de los humedales. Sin embargo, la inclusión de lagos profundos, como los de la región andino-patagónica, dentro de los *humedales* es incorrecto, dado que estructural y funcionalmente son muy diferentes de los verdaderos humedales. Quizás el aspecto más notorio es que se trata de sistemas con baja tasa de intercambio de información respecto de la cuenca de aporte. // Gran cuerpo de agua estancada, dulce o salada, que posee una corriente inapreciable y que tiene una playa periférica estrecha, desprovista en gran parte de vegetación como resultado de la acción de las olas.

430. **Lago alotrópico**: el que recibe materias orgánicas por medio del drenaje de la tierra circundante.

431. **Lago autotrófico**: depósito de agua donde toda o la mayoría de la materia orgánica presente procede del mismo lago y no del drenaje de las tierras circundantes.

432. **Lago distrófico**: lago en el que temporalmente o permanentemente, se produce un cortocircuito en la circulación de la energía y manantiales. Por ejemplo, en los lagos turbosos, en los que la energía acumulada por las plantas como biomasa, tiene una baja circulación hacia otros niveles de las mallas tróficas. Se produce entonces, acumulación de tejidos muertos. // Lago pantanoso. // Agua café. // Lago de humus.

433. **Lago furiótil**: cualquier cuerpo de agua parcialmente separado, que se conecta con la corriente principal sólo cuando las aguas crecen.

434. **Lago húmico**: lago rico en materia orgánica, principalmente en forma de coloides vegetales suspendidos y fragmentos mayores de plantas, pero con un contenido bajo de nutrientes.

435. **Lago tropical**: lago que posee una temperatura superficial que nunca baja de los 4°C en cualquier época del año.

436. **Lagoa** (port. del Brasil)= laguna: usado en el Pantanal para las grandes lagunas residuales. Ver: *baía*.

437. **Laguna**= Iguá. Îpá. Îupá. Îno-chá (guaraní): cuerpo de agua continental de menor volumen y menor relación volumen/superficie de contacto con la tierra y el fondo del lago. // Son lagos someros, polimícticos, que pueden estar parcial o completamente vegetados.

438. **Léntica**: se refiere a las aguas quietas o remansadas, como lagos, ciénagas, bañados y otras.

439. **Leveé** (F.): albardón. Barra, generalmente arenosa, que se encuentra en el borde del río y cursos de la planicie inundable, que sobresale 1-4 m sobre el nivel de aguas bajas del río. Con frecuencia presenta una cara abrupta del lado del curso, como consecuencia de la erosión fluvial. Su formación se debe al depósito de materiales transportados, especialmente arenas y limos. Tiene un papel importante en la distribución de las comunidades biológicas fluviales, especialmente de las poblaciones que requieren permanentemente de suelo emergido. / En Brasil: Diques marginais. // Banco de sedimentos.

440. **Límites**: los límites o zona de transición entre un área de humedal y otra que no lo es, se describe como: el límite entre terrenos con predominancia de cobertura vegetal hidrófila y terrenos con cobertura de vegetación no propiamente de ambientes acuáticos o semiacuáticos. // El límite entre suelos predominantemente hídricos y suelos no hídricos. // En el caso de terrenos que presenten alguna condición hidrológica, pero desprovistos de vegetación o suelo; los límites se determinan entre los terrenos que estén inundados o saturados durante algún período del año y aquellos que no presentan esta condición.

441. **Limnético**: relativo a los lagos u otros cuerpos de agua dulce estancada. Se utiliza con referencia sólo al agua abierta de un lago, alejada del fondo.

442. **Limnobiós**: la vida total que existe en las aguas dulces. // Parte de la superficie terrestre ocupada por organismos de agua dulce.

443. **Limnócena**: depósito natural de agua de manantial que no tiene desagüe.

444. **Limnodio**: comunidad de pantano salino.

445. **Limnología**: estudio de lagos, pozas, estanques, charcas y otros cuerpos de aguas estancadas, así como de la biota asociada a ellos.

446. **Limo** (C.)= tugaró. Hu-üngüé (guaraní): lodo, sedimento fino menos cohesivo que el barro, compuesto por materiales de textura intermedia entre las arenas y arcillas, a veces forma suspensiones coloidales cuando es transportado en los cursos de agua. // Partículas de sedimento que no se cohesionan, con un diámetro de entre 0.004 y 0.0625 mm. // Lodo fino.

447. **Lindero para fauna silvestre** (wildlife boundary): faja de plantas que se mantiene entre cultivos para la protección y el desarrollo de la fauna silvestre.

448. **Litoral** (zona) (litoral zone): parte de la plataforma continental que abarca la zona comprendida entre la marea más alta o pleamar y la marea más baja. // En lenguaje corriente, se refiere a la costa marina y comprende el espacio entre el límite de la marea alta y los 200 metros de profundidad. // En los lagos y lagunas, se refiere a la zona comprendida entre el nivel más alto de agua y la línea donde ya no crecen las plantas con raíces. // Faja costera de lagos y ciénagas, hasta una profundidad variable (generalmente menor de 10 metros), frecuentemente vegetada por plantas sumergidas o arraigadas emergentes.

449. **Llanos** (español de Venezuela): sabanas parcial y periódicamente anegables y que contienen algunos sectores con agua incluso en la época seca (septiembre a marzo). El patrón de paisaje combina extensos palmares, con campos poblados por gramíneas altas y duras distribuidas en cojines (pajonales), que incluye en las partes más anegables a praderas de plantas hidrófilas y algunos cuerpos de agua someros.

450. **Llanura de inundación**: superficie que ocupa el río cuando se encuentra en máxima creciente. La planicie de inundación lateral (*fringe floodplain*, in sensu Welcomme, 1992) es la zona que se encuentra entre el canal de un río y la tierra elevada al borde de un valle.

4451. **Lodo** (C.)= tuyú. Ñai-ü (guaraní): limo saturado con agua, sedimento fino menos cohesivo que el barro, con predominancia de partículas mayores que 0.002 mm. Los términos fango y cieno se aplican a materiales con mayor contenido orgánico que el barro, mientras que el lodo es menos cohesivo.

452. **Lodo blanco**: sedimento marino terrígeno derivado de detritos de arrecife coralífero.

453. **Lodo negro**: sedimento marino terrígeno de color negro, rico en sulfuro de hidrógeno y que tiene un alto contenido orgánico. Es típico de cuencas anaeróbicas con ventilación deficiente.

454. **Lodo rojo**: sedimento marino terrígeno bien oxidado que posee una coloración rojiza producida por el óxido férrico.

455. **Loess**: sedimento fino no consolidado llevado por el viento.

456. **Lomerío**: en la Amazonia, unidad paisajística de tierra firme (no inundable) caracterizada por un relieve ondulado, mediana o fuertemente disectado.

M

457. **Macrobiota**: los mayores organismos del suelo, que exceden los 40-50 mm de longitud.

458. **Macrófita**: planta macroscópica grande, comprende por lo general las formas acuáticas como las algas marinas.

459. **Madrejón**: laguna alargada inundable, propia de llanuras de inundación y de comarcas planas con mal drenaje, correspondiente a paleo-cauces o antiguos tramos de ríos abandonados.

460. **Madrevieja** (español de Colombia, de Perú y de Bolivia): antiguo cauce de un río convertido en laguna alargada o en pantano por proceso de senescencia.

461. **Mallín** (español de Argentina y Chile): en el Norte de Argentina: zanja de gran tamaño producida en materiales limosos algo gruesos por procesos de sufosión o piping (excavación subterránea por flujos en régimen saturado permanente o pasajero, paralelos a la superficie, que disuelven o arrastran materiales provocando una posterior subsidencia del suelo). El hundimiento suele aparecer repentinamente y es frecuente en materiales de origen eólico. En la Patagonia, se trata de una laguna o bañado de carácter estepario. // En Chile y sur de Argentina: surgencia de agua de carácter ácido, que empapa una ladera montañosa, o que ocupa un valle con sedimentos aluviales. Los mallines están ocupados por vegetación herbácea baja y densa. Muchos son codiciados en la estepa patagónica porque permiten la cría de ganado.

462. **Maleza acuática** (aquatic weeds): se refiere a todas las plantas, que pueden ocasionar problemas

en obras de manejo hídrico (embalses, canales de riego, de navegación) o por convertirse en criaderos de insectos o moluscos vectores de enfermedades.

463. **Mallada o majada**: charca.

464. **Maloca** (C.): vivienda tradicional de las comunidades indígenas, donde se realizan rituales, reuniones, bailes. Están construidas bajo una visión cosmogónica del universo y de la madre.

465. **Mambe**: elemento cultural de algunas comunidades indígenas de la Amazonia, elaborado a partir de las hojas de coca (*Erythroxylum coca*) tostadas y molidas, mezcladas con ceniza de hojas de yarumo (*Cecropia spp.*).

466. **Mambeadero**: lugar especial donde se realizan actos rituales y culturales indígenas. // Sitio donde se enseña la tradición y se discuten asuntos vitales para la comunidad.

467. **Manantial, manantío** (C.)= isatí, I cuá (guaraní): lugar donde brota el agua del terreno, en forma de un flujo o chorro de variable caudal y permanencia.

468. **Manejo de fauna** (wildlife management): conlleva la utilización de la fauna silvestre con fines biológicos, recreativos y alimenticios de manera racional y equilibrada, que garantice la perpetuidad de las especies y de su ambiente, para el disfrute de las generaciones.

469. **Manejo de suelo** (soil land management): la acción y las técnicas utilizadas en el manejo de los suelos para la producción de cosechas. Un buen manejo del suelo, debe garantizar su estructura física, sus componentes minerales y orgánicos y una actividad biológica lo más equilibrada posible para mantener por mucho tiempo altos rendimientos.

470. **Manglar** (español de América) (mangrove): formación leñosa, litoral de especies halófitas, especialmente rizoforáceas, en regiones tropicales de América. Puede estar constantemente inundado o serlo durante la marea alta, presentando un suelo con aireación precaria rico en materia orgánica y de color negro.

471. **Mangle**: comunidad de pantano salobre y afectado por las mareas, dominada por árboles y arbustos, particularmente del género *Rhizophora*, muchos de los cuales producen raíces adventicias.

472. **Mangue**: (portugués de Brasil): árbol o arbusto de la zona intermareal de la costa marina al norte de los 24° S de latitud. // Mangle.

473. **Manguezal**: (portugués de Brasil): bosque de mangle (*Rizophora o Avicenia*).

474. **Mantillo** (mulch): capa superficial de materia orgánica que, por lo general, recubre el suelo de los bosques y parques, incluye tanto el humus como los restos vegetales en proceso de descomposición. // Material vegetal recién caído que sólo está parcialmente descompuesto y en el que aún son distinguibles los órganos de las planta, formando una capa superficial en algunos suelos. // Capa-L.

475. **Manto parafluvial**: la región húmeda del banco de un río alimentada por el agua de río filtrada y, algunas veces, por el agua del suelo adyacente; puede extenderse hasta 3 m de la orilla del agua.

476. **Mar pericontinental**: mar poco profundo que cubre una plataforma continental reciente y que, por lo general, tiene una profundidad menor a 200 m.

477. **Marea**: elevación y disminución periódica de las masas de agua oceánicas y atmosféricas, producidas por los efectos gravitacionales de la luna y el sol sobre la tierra.

478. **Marea alta**: agua alta. // Altura máxima de la marea ascendente.

479. **Marea alta inferior**: la más baja de dos mareas altas, durante cualquier día de marea en el que se dan desigualdades pronunciadas de la altura de marea.

480. **Marea astronómica**: marea teórica producida por los efectos gravitacionales del sol y la luna y que excluye factores meteorológicos.

481. **Marea meteorológica**: cambio en el nivel del agua que resulta de factores meteorológicos, sobre todo la presión barométrica y el viento.

482. **Marea muerta**: marea de alcance mínimo que ocurre cuando la luna está en su primer o en su tercer cuarto, momento en que las atracciones gravitacionales del sol y la luna actúan en ángulos rectos entre sí durante la cuadratura.

483. **Marea roja** (red tide): fenómeno caracterizado por la proliferación de ciertos organismos, principalmente dinoflagelados, que colorean las aguas de color rojo, verduzco, etc. y que en algunas ocasiones produce gran mortandad de peces y otros animales marinos.

484. **Marea viva**: marea de alcance máximo que ocurre cuando hay luna nueva o llena, en el momento en que las atracciones gravitacionales del sol y de la luna actúan juntas durante la siziguia.

485. **Marga**: suelo terroso que comprende una mezcla de arcilla, limo, arena y materia orgánica.

486. **Marginal**: perteneciente a la periferia, orilla o margen.

487. **Marino**: perteneciente al mar.

488. **Marisma** (C.): terrenos muy llanos afectados periódicamente por las inundaciones mareales y completamente vegetados por especies halófitas. // Ecosistema de suelo casi siempre inundado, dominado por plantas herbáceas emergidas, pero sin acumulación superficial de turba.

489. **Marjal**: Zona húmeda.

490. **Marjal de marea**: área costera pantanosa de baja elevación formada con lodo y la red de raíces de las plantas halofíticas regularmente inundada durante las mareas altas.

491. **Marsh**: humedal con vegetación herbácea emergente, que incluye áreas de bosques.

492. **Mata** (cat. y español de Venezuela): acumulación de carrizo, generalmente, en un sustrato menos inundable o "isla". // En Brasil y Venezuela: equivale a "bosque". Manchas de bosque en la matriz herbácea de la sabana.

493. **Mata ciliar** (port. de Brasil)= bosque de galería: floresta riparia, generalmente anegable, que crece a lo largo de los cursos de agua. En el Pantanal puede estar situado a varios kilómetros del curso actual del río. En las fases iniciales de la sucesión no llegan a ser bosques, apenas arbustos.

494. **Matorral** (heath)= yavorái, ñanandí, yaí (guaraní): formación constituida por hierbas y plantas no leñosas. // El término, en general, se refiere a la vegetación baja.

495. **Máximo rendimiento potencial** (maximum potential yield): es la mayor cosecha que puede extraerse continuamente de un área, en las mejores condiciones ambientales y estado de la población.

496. **Meadow** (I.): equivale a pradera, a veces a fen, en lengua inglesa. // Prado relativamente húmedo. // Muchas veces se utiliza como pradera de siega y puede formar parte del sistema de una llanura de inundación o de descarga difusa de agua subterránea, teniendo suelos turbosos, limo-turbosos o gleizados.

497. **Meandro**: curva en el curso de un río. La curvatura se relaciona con la baja pendiente del terreno. A menor pendiente, mayor sinuosidad y mayor radio de curvatura de los meandros.

498. **Mecanismo homeostático o regulador** (homeostatic mechanism): refiérase al sistema regulador que controla y mantiene constantes las condiciones del medio interno de los seres vivos, pese a las variaciones de las condiciones externas o ambientales. // Por extensión: mecanismos que regulan el estado actual de un ecosistema en un entorno definido de fluctuación.

499. **Medio** (environment): es el elemento o sustrato donde viven los organismos.

500. **MEDWET**: acción concertada para detener la pérdida y degradación de los humedales alrededor de la cuenca del Mediterráneo. // Convención de humedales del Mediterráneo.

501. **Meiobentos**: organismos bénticos pequeños que pasan a través de un pedazo de malla de 1 mm, pero que son retenidos por una malla de 0.1 mm.

502. **Meiofauna**: animales intersticiales pequeños capaces de pasar a través de un cedazo de malla de 1 mm, pero que son retenidos por una malla de 0.1 mm.

503. **Meroplancton** (meroplankton): organismo que sólo pertenece al plancton durante una parte de su ciclo vital. Así pertenecen al plancton los huevos y las larvas de peces, pero al salir de estas fases de su ciclo vital, los peces dejan de pertenecer al plancton.

504. **Mesobentos**: organismos que habitan el lecho marino en la zona arquibéntica, entre 200 y 1000 m de profundidad.

505. **Mesohalino**: perteneciente a aguas salobres que poseen una salinidad de 3 a 10 partes por millar, o a agua marina que tiene una salinidad de 30 a 34 partes por millar.

506. **Mesopleustofita**: cualquier planta grande que flota libremente entre la superficie y el fondo de un lago.

507. **Metafoetesis**: situación en la que una especie o individuo cambia su posición en una cadena o red alimentaria durante su ciclo de vida.

508. **Metapoblación**: población dividida en conjuntos de subpoblaciones que se mantienen unidas por medio de la dispersión o de los movimientos de los individuos entre ellas.

509. **Migración**: movimiento de un organismo o grupo de un hábitat o lugar hacia otro. // Movimiento periódico o de estación, por lo común a una larga distancia, de un área, estrato o clima hacia otro. // Cualquier movimiento general que afecta al intervalo

de distribución de una población o individuo. // Migrar. // Movimiento de un agente patógeno dentro del cuerpo del huésped. // Flujo de genes. // Intercambio de información genética entre poblaciones.

510. **Mitigación** (mitigation): es la restauración, creación o aumento de humedales para compensar sus pérdidas permitidas (Lewis, 1990).

511. **Modelo de migración de río**: flujo de genes por migración a lo largo de una serie lineal de subpoblaciones.

512. **Morichal** (grove of moriches): agrupaciones de palma moriche (*Mauritia flexuosa*) distribuidas en pequeños grupos a lo largo de los ríos de los llanos venezolanos. Ver *Cananguchal* o *Aguajal*.

N

513. **Nacimiento** (español de Colombia): manantial. // Fuente natural de agua superficial.

514. **Neotropical** (neotropical): región biogeográfica que se extiende desde México hasta Argentina y Chile, incluyendo las Antillas.

515. **Nicho** (niche): se refiere a la forma de vida de un organismo o al papel que desempeña en la comunidad. Comprende el alimento que consume, reposo, reproducción, etc. // Para algunos autores el nicho es la unidad de espacio más pequeña (microhabitáculo) que ocupa un organismo. // Para C. Elton "es el estado funcional de un organismo en su comunidad". // Para E. Odum es "el hábitat que constituye la dirección del organismo, o sea donde vive y el nicho viene a ser su profesión" es decir el papel que desempeña en la comunidad.

516. **Nicho ambiental** (environmental niche): se refiere al ambiente que rodea a un organismo o grupos de organismos en su área reducida.

517. **Nictímeral** (nictímeral): se refiere a las migraciones verticales que efectúan algunos organismos acuáticos como ciertos crustáceos durante el día o de noche.

518. **Nidada**: progenie de un solo pájaro o su producción de huevos. // Cualquier grupo de animales jóvenes que son cuidados por un adulto. // Anidar. // Incubar huevos. // Incubador. // Incubación.

519. **Nidícola**: que vive en un nido. // Relativo a los animales jóvenes, en especial pájaros, que permanecen en el nido durante un período prolongado después de su nacimiento.

520. **Nido**: madriguera. // Domicilio. // Criadero. // Punto de origen. Portugués de Brasil: *ninho*.

521. **Nivel promedio de agua**: nivel superficial promedio determinado mediante el promedio de las alturas del agua en un lugar dado durante un período prolongado.

522. **Nivel promedio del mar**: altura promedio de la superficie del mar determinada a partir de todas las etapas de la marea en un período de 19 años o un período equivalente computado.

O

523. **Ojo** (C.): abertura en la superficie de la tierra por donde brotan las aguas, que se presenta en forma horizontal. // Corresponde a una manifestación de flujos verticales ascendentes de agua subterránea en una discontinuidad o anomalía litológica de la superficie, estando ocasionada muchas veces por el propio flujo. Suelen tener forma groseramente circular y acompañado de formaciones turbosas y vegetación que indica niveles de saturación muy estables.

524. **Oligotrófico** (oligotroph): se refiere a suelos, sustratos o aguas pobres con escasos elementos nutritivos.

525. **Oligóxico**: hábitat que posee niveles reducidos de oxígeno molecular.

526. **Ombrofilo**: dicese del tipo de bosque maduro, con dosel de altura superior a 30 metros, que permanece verde todo el año y cuyo dosel intercepta casi toda la luz solar.

527. **Omnívoro**: que se alimenta con una dieta mixta compuesta de materia animal y vegetal.

528. **Oxbow** (I.): meandro cortado que funciona como lago. // Laguna o depresión encharcadiza constituida por un meandro fluvial abandonado.

529. **Oxifita**: planta que crece en condiciones de acidez.

530. **Oxigeofita**: planta que crece en el humus.

531. **Oxilío**: comunidad de humus pantanosos. Oxilófilo: que se desarrolla en hábitat de humus o de humus pantanoso.

P

532. **Paisaje** (landscape)= ìbiñema-é; opámba-é ñemaé (guaraní): es la percepción visual sobre las diferencias espaciales que resultan de analizar imágenes

en diferentes escalas (campo, fotos aéreas, imágenes satelitales). Por lo tanto, representa una síntesis de la distribución y cobertura de los elementos que integran el patrón y de los procesos esenciales que los ligan en el tiempo y en el espacio.

533. **Paisaje natural**: a diferencia del humanizado, es aquel en que no ha intervenido la mano del hombre.

534. **Pajonal**= capi-ití (guaraní): fisonomía de altas gramíneas en matas, la biomasa se reparte en un espesor de 1.2 a 1.5 m sobre el suelo. Hay dos estratos, uno alto, palatable solamente durante un corto período post-quema, formado por pastos fasciculados y otro bajo, palatable todo el año.

535. **Palúdico**: perteneciente a los pantanos. // Ulígeno. // Helobio. // Palustrino.

536. **Paludícola**: que vive en hábitats pantanosos.

537. **Paludificación**: acumulación de materia orgánica sobre un suelo mineral, de tal manera que se forma un histosol. // Proceso de expansión de las ciénagas como resultado de la elevación de la capa freática conforme el drenaje se ve impedido por la acumulación de turba.

538. **Palustre** (marshy)= ipóra (guaraní): referente a pantanos y ciénagas.

539. **Palustrino**: perteneciente a hábitat húmedos o pantanosos. // Helobio. // Uígeno. // Palúdico.

540. **Pampa** (español de México): terreno encharcadizo con vegetación herbácea, especialmente de gramíneas.

541. **Pantano** (C.) (marsh): terreno bajo inundado por aguas muy poco profundas. // Embalse artificial que se forma cerrando una depresión con una presa. // Terreno inundable, de poca profundidad, cuyo fondo es más o menos cenagoso. // Área cuyo estrato es de turba, húmeda, rica en detritos orgánicos y pobre en nutrientes minerales, con una vegetación compuesta por arbustos ericáceos, juncias y musgos. // Suelo esponjoso y húmedo, saturado o inundado intermitentemente por aguas estancadas, generalmente dominado por plantas leñosas, aunque sin acumulación de turba superficial.

542. **Pantano** (bog): turbera pobre en nutrientes por no tener acceso a aguas ricas en minerales.

543. **Pantano** (fen): turbera alimentada por agua subterránea. *Pantano pobre* (poor fen): turbera que recibe un flujo de agua subterránea y alcanza una

productividad intermedia entre un pantano rico y uno ombrotáfico. *Pantano rico*: turbera altamente productiva, dominada a menudo por pastos o árboles en contraste con arbustos y musgos.

544. **Pantano** (swamp)= caruguá (guaraní): humedal emergente en el cual el estrato más alto de la vegetación está formado principalmente por árboles.

545. **Pantano aluvial** (alluvial swamp): humedal de una planicie de inundación con suelos consistentes en sedimentos finos que fueron depositados por un arroyo.

546. **Pantano ombrotáfico**: turbera cuya única fuente de agua son las precipitaciones. Generalmente, la turba se acumula lo suficiente como para aislar las plantas de los nutrientes del agua y del estrato mineral subyacente. La superficie elevada es indicadora de lodo terciario.

547. **Pantano salado**: terreno pantanoso, costero, plano y mal drenado, inundado por la mayoría de las mareas altas.

548. **Paraná, paranás**: (port. de Brasil): en el Amazonas y otros ríos de su cuenca, nombre de los brazos laterales que forman parte del complejo de *várzea* de un gran curso de agua. Al igual que las del curso principal, las orillas de las partes cóncavas de las curvas del río o *paraná*, donde actúa la erosión, no muestran pendientes estables inclinadas (de 45°) sino barrancos o paredes más o menos verticales, dando lugar a desplomes. Este proceso es causa del rejuvenecimiento de interfluvios o de terrenos que, a veces, son de antigua edafogénesis, llevando a cabo un aumento de la diversidad beta por creación de nuevos hábitats.

549. **Paratudal** (port. de Brasil): campo con paratudo (*Tabebuia aurea*), anegable, generalmente con murundus o cupinzeiros que son hormigueros de hormigas que construyen túmulos en los campos anegables. Los árboles germinan y crecen sobre los cupinzeiros que se encuentran algo sobreelevados sobre el plano de desborde fluvial.

550. **Paratudo** (portugués de Brasil): nombre popular que se da a *Tabebuia aurea*.

551. **Parche de paisaje** (landscape patch): célula con propiedades espaciales y temporales (tamaño, forma, borde, contexto) que permite comparar la conformación interna de una unidad de paisaje, la complejidad interna y su relación dentro del patrón de paisaje. En algunos casos, las características del parche

pueden coincidir con las de la unidad de paisaje y ambos términos se usan en forma indistinta.

552. **Pastizal**: área de vegetación dominada por pastos herbáceos. // Cualquier tipo de vegetación donde domina la hierba.

553. **Patrón de paisaje** (landscape pattern): ensamble (arreglo o disposición) de parches de distinto tamaño, forma, color, matiz y forma, que se visualiza en una imagen satelital o fotografía aérea de un predio. Tales diferencias espaciales son conferidas por diferencias en la vegetación (bioformas, cobertura, continuidad), por la fisiografía del terreno (escurrimiento, diferencias de relieve), disponibilidad de agua superficial (arroyos, manantiales, lagunas, bañados, esteros) y por la presencia e importancia de las estructuras construidas por el hombre (caseríos, caminos, instalaciones).

554. **Peladar**: fisonomía de leñosas bajas aisladas con dominancia del porcentaje desnudo, sobre el ocupado por la vegetación. Ej. Peladares del Pilcomayo y del Bermejo en la cuenca del Paraguay.

555. **Pelotófilo**: que se desarrolla en los bancos de lodo.

556. **Pelotofita**: planta de banco de lodo.

557. **Pelofita**: planta que vive en suelos arcillosos o lodosos.

558. **Pepiadero**: lugar donde existen plantas en fructificación y a donde asiste la fauna terrestre o acuática para su alimentación. // Son sitios identificados por las comunidades locales como lugares aptos para la caza o la pesca.

559. **Percolación**: movimiento descendente del agua a través de sedimentos porosos.

560. **Perfil de un humedal**: descripción cuali o cuantitativa de un humedal que, en el caso de una clasificación hidrogeomórfica enfatiza las características geomórficas, recursos de agua e hidrodinámica. Los perfiles pueden incluir los componentes bióticos Ver: Brinson (1993).

561. **Perifiton** (periphyton): comunidad de organismos de tamaño pequeño, firmemente adheridos a los tallos y hojas de las plantas acuáticas con raíces. // Comunidad de plantas, animales y los detritos asociados a ambos que se adhieren a las rocas, plantas y otros objetos sumergidos formando en ellos una capa superficial. // Sobreexcrecencias.

562. **Periquitos** (port. de Brasil)= loros: aves de la familia de los Psitacédeos, de los géneros Aratinga, Brotogeris, Nandayus, Myopsitta, Pionus, etc.

563. **Permeabilidad** (permeability): capacidad de un suelo para conducir un flujo de agua.

564. **Persistencia** (persistence): término de tiempo en que el ecosistema o paisaje permanece en un determinado estado o con determinado régimen de variabilidad.

565. **Perturbación** (perturbation): situación de desorden temporal natural que sufre un organismo, población o paisaje, como consecuencia de valores extremos de una variable climática, biótica o química. // Cualquier apartamiento de un sistema biológico de un estado estable. No debe confundirse con disturbio, que es de origen antrópico.

566. **Pesticida**: producto químico que mata insectos y otras plagas.

567. **Pionero** (pioneer): se refiere a los primeros organismos que se establecen en una determinada zona, posteriormente pueden establecerse otros.

568. **Piracema o subienda** (español de Perú, port. de Brasil): se refiere a las migraciones aguas arriba de carácter reproductivo o alimenticio.

569. **Pirizal**: área o población de pirí (*Cyperus giganteus*). Generalmente habitan en lagunas temporarias o permanentes de profundidad semejante a un metro o menor.

570. **Plancton**: aquellos organismos incapaces de mantener su posición o distribución independientemente del movimiento de las masas de agua o de aire.

571. **Planicie aluvial** (alluvial plain): planicie formada por la deposición de sedimentos, generalmente adyacente al río, que periódicamente es inundada.

572. **Planicie de inundación** (floodplain): tierra cercana al río que recibe una inundación cuando la descarga excede la capacidad del canal. // Áreas que son periódicamente inundadas por desbordes laterales de ríos o lagos o por precipitación directa de aguas subterráneas. // Región de tierras bajas a lo largo de un curso de agua, que está sujeta a inundaciones periódicas y a deposiciones de sedimento.

573. **Planicies de inundación marginales** (fringing floodplain): franjas de tierra inundables relativamente delgadas que están en las paredes del valle del río.

574. **Planicie meándrica:** planicie aluvial conformada por sedimentos aportados lateralmente por la erosión de la orilla cóncava de los meandros y por el río cuando abandona su antiguo curso. Se puede inundar periódicamente.

575. **Planofita:** planta de agua dulce que flota libremente. // Pleustofita grande o planctofita pequeña.

576. **Planomenón:** organismos vivos que son libres completamente. // Organismos vivos no enraizados o unidos a un sustrato.

577. **Plantas acuáticas** (aquatic plants): (1) *Plantas emergentes*, como juncos y pirizales, arraigadas en el sedimento y que sobresalen sobre la superficie del agua. (2) *Plantas flotantes libres*, como lirios de agua, arraigadas en el sedimento con hojas flotantes sobre la superficie del agua. (3) *Plantas de hojas flotantes*, como lirios de agua, arraigadas en el sedimento con hojas flotantes sobre la superficie del agua. (4) *Plantas sumergidas*, como Najas, creciendo bajo la superficie del agua.

578. **Planta C:** planta que emplea la trayectoria pentosa fosfato para la asimilación del dióxido de carbono durante la fotosíntesis. La mayoría de las plantas verdes pertenecen a esta categoría.

579. **Planta C:** planta que emplea la trayectoria ácido bicarboxílico para la asimilación del dióxido de carbono durante la fotosíntesis y que es capaz de utilizar concentraciones más bajas de dióxido de carbono que las plantas C³.

580. **Plantas de hojas flotantes:** hidrófitas con hojas flotantes sobre la superficie del agua (ej: *Nymphaea* spp.).

581. **Plantas flotantes libres:** plantas que flotan libremente en la superficie del agua. Forman una colectividad llamada Pleuston.

582. **Plantas pioneras:** plantas jóvenes, herbáceas, anuales, perennes que colonizan áreas descubiertas como primer estadio en una sucesión secundaria.

583. **Plasticidad:** capacidad de un organismo para variar su comportamiento, su morfología o su fisiología como resultado de las fluctuaciones ambientales.

584. **Plasticidad fenotípica:** capacidad que produce una variación notable en el fenotipo como resultado de las influencias ambientales sobre el genotipo durante su desarrollo.

585. **Playa= rembé-î:** terreno en declive en la orilla de grandes cuerpos de agua, generalmente de

características arenosas, generado por ondas y corrientes.

586. **Pleustohelofita:** planta que flota en la superficie de un cuerpo de agua pero que también posee estructuras emergentes.

587. **Pleuston** (mbevevúl, en guaraní): organismos acuáticos que se quedan permanentemente en la superficie del agua debido a que pueden flotar. Normalmente se hallan situados parcialmente en el agua y parcialmente en el aire. // Todas las plantas macroscópicas que flotan libremente.

588. **Pluviofluvial:** relativo a la acción combinada y los efectos de las precipitaciones y las corrientes.

589. **Pneumatóforo:** raíz generalmente adventicia, con función respiratoria, común en *Ludwigia*, *Avicenia* y muchas especies que viven en áreas inundables. Tienen abundante aerénquima y una epidermis muy permeable al pasaje de gases. Pueden estar en la superficie del agua (como en *Ludwigia*), o quedar expuestas al aire durante la bajamar como ocurre en las plantas que habitan los manglares.

590. **Población** (population): conjunto natural de organismos de una misma especie, que viven en interaccionan en un tiempo y en un espacio dado. A diferencia de "especie" (entidad genético-evolutiva) la población (entidad ecológica) tiene tamaño, crecimiento y patrón de comportamiento y configura una entidad viva.

591. **Población de humedales de referencia:** grupo de humedales del mismo tipo hidrogeomórfico que representa la variación que ocurre dentro del tipo por causas naturales o influenciadas por la sociedad.

592. **Pocosin:** arbustos siempre verdes de pantanos del Sudeste de Estados Unidos que son frecuentemente quemados.

593. **Polder** (holandés): terreno llano obtenido por sedimentación en un medio semiterrestre o acuático mediante la construcción de diques. // Sistema de defensa contra inundaciones formados por terraplenes.

594. **Política de humedales:** declaración clara publicada por un gobierno nacional o subnacional, a menudo con metas mensurables, calendarios, compromisos y presupuestos para la acción.

595. **Polución:** contaminación de un ecosistema natural, referida especialmente a la actividad del hombre.

596. **Pond** (I.): estanque. // Masa de agua estancada, más pequeña que un lago, frecuentemente formada de manera artificial. // Reservorio.

597. **Potamio**: comunidad de río.

598. **Pótamo**: perteneciente a la parte más profunda del cauce de los ríos y de las corrientes.

599. **Potamódromo**: relativo a un organismo que emigra sólo en el agua dulce.

600. **Potamófilo**: que se desarrolla en los ríos.

601. **Potamofita**: planta de río.

602. **Potamoplancton**: organismos planctónicos de las corrientes y ríos de movimiento lento.

603. **Potencia ecológica** (ecological power): capacidad de un organismo para soportar variaciones de los factores ecológicos.

604. **Predominio social** (social predominance): la diferente actividad de los miembros de un grupo sin estar acompañada de ninguna adaptación morfológica especial. // Consiste en el establecimiento en el seno de un grupo de una jerarquía social en la cual, el animal de posición más elevada, hace sentir su superioridad o ahuyenta a los de las posiciones inferiores.

605. **Productos de un humedal**: recursos de la vida silvestre, pesca, recursos forestales, forrajes, recursos agrícolas y abastecimiento de agua. Estos productos son generados por las interacciones entre los componentes biológicos, químicos y físicos del humedal.

606. **Propiedades naturales del ecosistema**: componentes físicos, químicos o biológicos, como el suelo, el agua, plantas, animales y nutrientes y sus interacciones.

607. **Pulso** (Pulse): función sinusoidal de variabilidad de un sistema, en que determinado proceso se repite en forma recurrente a lo largo de una serie de tiempo. Está compuesto por una fase positiva (potamofase) y una negativa (limnofase) o, simplemente por la alternancia de inundación y sequía (Neiff, 1990). Los atributos del pulso están representados por la función FITRAS (Frecuencia, Intensidad, Tensión, Regularidad, Amplitud y estacionalidad) según Neiff (1996).

608. **Pulso de inundación** (Flood pulsing): idea que las funciones físicas y bióticas de la planicie de inundación son dependientes de la dinámica pulsátil del agua descargada por el río (Junk et al 1989; Wetlands Restoration Middleton).

609. **Punto de compensación de la humedad**: humedad atmosférica mínima relativa que permite una fotosíntesis completa.

610. **Pupuña, Pupunha** (portugués de Brasil): cerbatana, instrumento de caza tradicional indígena, elaborado a partir del tallo de la palma *Bactris gasipaes*.

Q

611. **Quebrada** (español de Colombia): caño o corriente pequeña de agua, a veces encauzada entre un cañón o valle angosto. Algunas tienen más de tres metros de profundidad.

R

612. **Rabiones** (rapids): Correderas. Pequeños saltos. Sitios del curso con piedras o sedimentos gruesos en el fondo, con escurrimiento rápido, de variable profundidad. Lugares de los ríos donde la velocidad de las aguas es suficientemente grande para mantener limpio el fondo de cieno y de materiales sueltos.

613. **Rama de un curso de agua** (branch): canal de un río que diverge del canal principal. // Brazos del curso de un río en un sistema de diseño multicanalizado.

614. **Rápidos** (rapids) español de Colombia: lugares donde la velocidad del agua es mayor debido al angostamiento del cauce o disminución de su profundidad, dado generalmente por alguna formación rocosa particular.

615. **Rastrojos** (español de Colombia): etapa de sucesión vegetal secundaria, caracterizada por la presencia de arbustos y árboles de bajo porte. Dícese de una antigua zona de chagra, chacra o conuco luego de ser abandonada y comenzar la fase de regeneración secundaria. // En Argentina, Paraguay y Uruguay: restos orgánicos que quedan en el suelo luego de una cosecha o, por extensión: luego de una seca prolongada cuando muere la vegetación de bañados y lagunas.

616. **Raudales** (español de Venezuela): sinónimo de rápidos.

617. **Realimentación** (feedback): retorno de una porción de la salida de un circuito o aparato a su entrada.

618. **Rebalses** (español de Venezuela): planicie aluvial paralela al curso de grandes ríos, que se inunda durante las crecientes estacionales.

619. **Reclutamiento**: incorporación de nuevos individuos a una población de una determinada especie.

620. **Recuperación** (recovery): velocidad con la que el ecosistema, comunidad o población recupera su régimen de variabilidad luego de cesar un disturbio.

621. **Recursos naturales renovables** (renewable resources natural): son aquellos elementos que permiten la vida del hombre sobre la tierra. Los principales son: luz solar, aire, agua, suelo, bosques, minerales y vida silvestre.

622. **Reforestación** (reforestation): los árboles son restablecidos de tal manera que se consigue la replicación estructural del ecosistema previo con la presunción implícita que la restauración sucederá a la reforestación (Wilson *et al.*, en prensa).

623. **Reforestación Riparia** (reforestation riparian): es la replantación de los bancos y planicies de inundación de un arroyo con bosque nativo y especies de arbustos que estabilizan los suelos erosionables, mejorando la calidad de agua de superficie y subterránea, incrementando los arroyos sombreados y aumentando el hábitat de vida silvestre.

624. **Refugio** (refuge)= coti ñemo-ahá (guaraní): lugar reducido o área pequeña que presenta condiciones favorables al desarrollo de determinadas especies, a pesar de los cambios bruscos que se han operado en zonas o áreas adyacentes. Área de que se preserva o se protege de manera especial para mantener o preservar la flora y la fauna.

625. **Regeneración** (regeneration): el proceso inverso en el ciclo de los materiales nutritivos en los ambientes naturales, mediante el cual las sustancias nutritivas una vez empleadas vuelven a participar de nuevo en el desarrollo de los organismos.

626. **Rehabilitación** (Rehabilitation): es un término que incluye restauración y creación. Indica mejoramiento de una fuente natural a un recurso natural, devolviéndolo en buenas condiciones.

627. **Relicto** (relict): dicese de una comunidad o grupo de plantas, raramente un individuo, que ha quedado con escasa representación o muy localizada, de una vegetación anterior que generalmente constituía un clímax, pero desaparecido. Especie animal viviente

que presenta características muy similares a otras ya desaparecidas que vivieron en épocas geológicas.

628. **Reocreno**: manantial que fluye.

629. **Reófilo** (reophile): se refiere a los seres vivos que habitan en corrientes de aguas o poseen afinidad por estas.

630. **Reófobo**: que no tolera las aguas corrientes.

631. **Reotaxis**: respuesta dirigida de un organismo móvil a una corriente de agua o de aire, ya sea en dirección a la corriente (reotaxis positiva) o con ella (reotaxis negativa).

632. **Reoxeno**: referente a organismos que aparecen sólo ocasionalmente en agua corriente.

633. **Represa** (dam): barrera construida para obstruir el flujo de un curso de agua y encerrar un reservorio después de la presa.

634. **Reserva de la Biósfera** (Biosphere Reserve): una de las redes de reservas coordinadas por UNESCO, del programa “El hombre y la Biósfera” para conservar la diversidad e integridad de los sistemas naturales y proveer áreas para investigaciones, educación y entrenamiento ambientales.

635. **Reservas naturales**: son espacios naturales, cuya creación tiene como finalidad la protección de ecosistemas, comunidades o elementos biológicos que, por su rareza, fragilidad, importancia o singularidad merecen una valoración especial.

636. **Resiliencia** (resilience): capacidad de un ecosistema, comunidad o población de retomar la estabilidad (régimen de variabilidad) luego de cesado un disturbio.

637. **Resistencia** (resistence): capacidad de determinado ecosistema de absorber, disipar (amortiguar) un disturbio evitando que su estructura o sus elementos sucumban ante el stress que produce determinado disturbio. // Capacidad de recuperación de una estructura previa a una perturbación o a un disturbio.

638. **Resistencia a la sequía**: capacidad de resistir períodos de sequedad, que incluye tanto evitar la desecación como tolerarla.

639. **Resistencia ambiental**: limitación del potencial reproductivo de un grupo o población a causa de condiciones ambientales desfavorables, como en el caso de la sobrepoblación.

640. **Restauración** (restoration): proceso de reconversión de un medio perturbado a su estado

inicial, que haga posible la habitabilidad por parte de los organismos originarios u otros adaptados al uso futuro pretendido. Es el regreso de un sistema a su condición previa. Es el regreso de un sistema dañado a la condición de predisturbio (Cairns, 1990).

641. **Restinga** (port. de Brasil): en la región amazónica, porción de tierra que no es cubierta en las épocas de creciente e inundación de los ríos y que queda aislada del resto de Terra Firme, generalmente poblada por bosques hidrófilos. En Venezuela: Porción de tierra generalmente arenosa, que separa sistemas lagunares interiores, poblados de manglares, del mar.

642. **Riacófilo**: que se desarrolla en, o que tiene afinidad por los torrentes.

643. **Riacofita**: planta que vive en un torrente.

644. **Riada, arriada** (C.): fase positiva de una curva hidrológica anual // Inundación, crecida de un río que invade su lecho, o el sistema que conforma la llanura de inundación, de forma más o menos periódica. // Fase de inundación de un pulso hidrológico conocida como *potamofase* (Neiff, 1990).

645. **Ribera, rivera** (C.)= îrembe-î (guaraní): orilla. // Área marginal de un curso fluvial.

646. **Ribereño**: perteneciente a un banco de río o, en general, a la vecindad de un río.

647. **Ripariano**: perteneciente a, que vive o que está situado sobre los bancos de ríos y las corrientes.

648. **Ripario**: relacionado con los límites entre la tierra y el agua. Normalmente representa la zona de influencia del río hacia la planicie.

649. **Ripícola**: que vive en los bancos de ríos y corrientes.

650. **Riqueza específica** (species richness): atributo semi-cuantitativo o cualitativo de complejidad, que refleja la variedad genética que puede encontrarse en una muestra o parche o unidad de paisaje y que está dada por una lista de especies.

651. **Riqueza específica actual** (actual species richness): número de especies registradas en un espacio (parche, unidad de paisaje) en un momento dado (=lista actual de especies en la muestra).

652. **Riqueza específica potencial** (potential species richness): número de especies espectables para determinado parche o unidad de paisaje, que se obtiene de censos, colecciones, registros museológicos, etc. que ha realizado el investigador o distintos

investigadores que han trabajado en ese sitio o unidad de paisaje a lo largo de la historia. Es conveniente hacer mención a la unidad de tiempo y al área geográfica que utiliza el investigador como escala de espectabilidad (Neiff, 1996).

653. **Rodal**: agrupación casi homogénea de una especie arbórea dentro del bosque húmedo tropical.

654. **Ronda o área forestal productora**: área compuesta por el cauce y la ronda hidráulica en ríos, quebradas, embalses, lagunas, lagos, canales y demás sistemas hídricos continentales.

655. **Roófilo**: que se desarrolla en los riachuelos.

S

656. **Sabana** (savanna)= ñuguazú. Ñupucú (guaraní): bioma propio de las regiones tropicales que se caracteriza por una vegetación herbácea y agrupaciones de árboles dispersas. En estos climas hay dos estaciones: la seca y la lluviosa.

657. **Saladillos** (español de Argentina): en las regiones semiáridas de Córdoba, Santa Fe, Santiago del Estero, superficies planas, desprovistas de vegetación, con formación de evaporitas intersticiales y periódica y pasajeramente inundadas, que forman parte de un complejo de inundación.

658. **Salados**: sitios que se distinguen por encontrarse con agua estancada o en algunas ocasiones sobres suelos con contenidos de sales. También son llamados “lamederos de sal”, en razón a que en ellos la fauna silvestres chupa las aguas saladas y así suple las deficiencias de algunos minerales vitales para su existencia principalmente en los períodos de sequía.

659. **Salina** (C.)= yuquíti (guaraní): laguna alcalina (pH 8 a 10) en la que no hay plantas acuáticas, excepto sumergidas (*Chara, Najas*) o emergente (*Paspalum vaginatum, Paspalidium paludivagum*). // Estanques artificiales para la obtención de sal y otros minerales evaporíticos.

660. **Sapropélico**: referente a los organismos que habitan en lodo rico en materia orgánica putrefacta.

661. **Sapropelton**: organismos planctónicos que habitan en aguas ricas en materia orgánica en putrefacción.

662. **Saprotrofico**: que obtiene nutrientes de la materia orgánica muerta o en putrefacción.

663. **Savana** (port. de Brasil)= sabana: campo con árboles esparcidos. Inundable o hiperestacional.

664. **Seca** (port. de Brasil)= sequía: período de poca lluvia que, en campos de inundación de la alta cuenca del Paraguay, ocurre de junio a septiembre.

665. **Selva** (forest, woods)= ca-ágüí. Ca-ábî (guaraní): bioma terrestre propio de las regiones tropicales que se caracteriza por árboles corpulentos de gran altura y precipitaciones lluviosas abundantes y altas temperaturas.

666. **Selva de galería** (gallery forest): selvas ubicadas a lo largo de las riberas de los ríos llaneros.

667. **Sensibilidad** (sensitivity): valoración subjetiva para una o más especies que los organismos reaccionen positiva o negativamente ante un estímulo. Generalmente se realiza este análisis con especies representativas de un grupo amplio. El análisis debería comprender al menos los estados críticos del ciclo de vida (Ej. germinación o reproducción). El análisis debería considerar la sensibilidad para distintas etapas de vida y/o para condiciones extremas por las que pasan los organismos. Se expresa arbitrariamente con una escala numérica.

668. **Sequía** (drought)= ara îpahá (guaraní): período de escasez de agua que puede deberse a numerosas causas que, a menudo, interactúan. (1) *Sequía meteorológica*: bajas precipitaciones. (2) *Sequía hidrológica*: bajos niveles de flujo del río y aguas subterráneas. (3) *Sequía en agricultura*: productividad reducida en los cultivos por escasez de agua. (4) *Sequía cultural*: escasez de agua creada por demanda humana excesiva y/o por manejo ineficaz de las fuentes de agua (es decir, excesiva filtración del sistema de suministro). // En Brasil: seca: período de deficiencia de agua para la vegetación cultivada o natural.

669. **Sequía fisiológica**: según Schimper, es la condición de sequía en las plantas ocasionada por factores que afectan la absorción de agua más que la carencia de agua del suelo.

670. **Seston**: total de las partículas de materia suspendidas en agua, incluyendo el bioeston y el abioeston.

671. **Sinergia**: acción combinada de dos o más agentes, que es mayor que la suma de las acciones de cada uno de los agentes.

672. **Sinergismo** (sinergism): asociación ecológica en la que los procesos fisiológicos o el comportamiento

de un individuo, están enmarcados por la proximidad de otro organismo. // Acción cooperativa de dos o más agentes, de manera que el total es mayor que la suma de las acciones componentes. // Acción cooperativa de dos microorganismos para efectuar un cambio que no ocurriría o que tendría lugar a una velocidad menor en un cultivo axénico.

673. **Singularidad**: condición fuera de lo común. La singularidad de los rasgos bióticos y abióticos de un territorio es una de las razones importantes para su conservación.

674. **Soto** (C.): vegetación riparia o ribereña, generalmente freatofítica.

675. **Sotobosque** (understory): estrato inferior del bosque.

676. **Stress** (stress): condición de energía divergente potencialmente útil de un ecosistema o un organismo. // Estado tenso que se presenta como consecuencia de una situación ambiental crítica para los organismos.

677. **Stressor**: factor o grupo de condiciones que causan stress.

678. **Stress hídrico**: condición de déficit hídrico de las plantas que se produce porque pierden agua más rápido por transpiración que la que toman por sus raíces.

679. **Sucesión**: Según Clements (1905) cambio direccional, relativamente predecible y ordenado en la composición de especies en el tiempo en un lugar determinado. // Fluctuación direccional que conduce a un estado de menor variabilidad poblacional.

680. **Sucesión alogénica**: (allogenic succession): proceso causado por un factor ambiental externo. // Es un cambio inducido en la vegetación por influjo y deposición de sedimentos en una laguna.

681. **Suelos hidromórficos** (hydromorphic soils): suelos poco o mal drenados con un perfil saturado con agua durante gran parte del tiempo. Generalmente son masivos, no tienen horizontes bien diferenciados y presentan metabolitos de la fase anaeróbica tales como los moteados ferrosos/ferricos y materia orgánica gleizada.

682. **Supralitoral**: región de la costa situada directamente por encima del nivel más alto de agua y sujeta a ser humedecida por la espuma o el rompimiento de las olas. // Zona de rompimiento. // Zona de espuma. // Supramareal.

683. **Swamp** (I): término especialmente utilizado en el norte de EE.UU. Humedal sobre sustrato saturado, generalmente de naturaleza cenagosa y con vegetación leñosa.

T

684. **2, 4, 5-T.Ácido 2, 4, 5-triclorofenoxiacético**: hormona desplazada herbicida que se utiliza para controlar la vegetación arbustiva y leñosa.

685. **Taboal o Tabual** (port. de Brasil)= totoral: área o población de *Typha*. Generalmente habita en lagunas permanentes o temporales. Vive en humedales de menos de 1,5 m de profundidad y soportan períodos de suelo emergente de 6 meses o más. // En Argentina y Uruguay: *totoral*. La planta es llamada *tatora*.

686. **Tacurúes** (español de Argentina): túmulos o prominencias cupuliformes en pajonales anegables poblados por especies menos resistentes a la inundación, por ejemplo *Sorgastrum agrostoides*, *Paspalum quadrifarium*, *Andropogon lateralis* y otras. Pueden alcanzar un metro de alto y el diámetro de la base superar los 60 cm. Los tacuruales (campos de tacurúes) más densos pueden tener túmulos separados por 2 m.

687. **Tasa de evapotranspiración potencial**: tasa entre la evapotranspiración y la precipitación actual. Los valores por encima de 1.0 representan déficit de agua.

688. **Tensión** (stress): cualquier factor ambiental que restringe el crecimiento y la reproducción de un organismo o población. // Cualquier factor que actúa para perturbar el equilibrio de un sistema.

689. **Terras caídas** (port. de Brasil): "paisaje erosivo del complejo fluvial de los ríos amazónicos, asociado con el avance de los meandros de los ríos, dando lugar al desplome de tramos enteros de orilla".

690. **Terra firme** (port. de Brasil): territorio externo al complejo de várzea o paisaje marginal de los ríos amazónicos, no alcanzado, momentáneamente, por los procesos fluviales. // Interfluvio sobre sedimentos terciarios, de manera general profundamente afectado por una antigua edafogénesis y provisto de suelos pobres ferralíticos, en contraposición con los más fértiles, situados sobre materiales dejados por la dinámica fluvial reciente.

691. **Terrestrialización** (terrestrialization): proceso de llenado de lagos o lagunas someras hasta convertirse

en un pantano o turbera, donde pueden establecerse plantas no acuáticas.

692. **Territorialidad** (territoriality): un patrón de comportamiento relativo al dominio que un organismo, pareja o grupo, ejerce sobre una determinada área en la que vive y se reproduce y del cual trata de apartar a otros animales.

693. **Territorio** (territory): se llama así al área habitada permanentemente, por un individuo, pareja o sociedad, que defiende a toda costa cuando otros individuos de la misma especie pretenden ocuparla. // Se la ha usado como expresión geográfica del hábitat.

694. **Ticoplancton**: organismos que, ocasionalmente, son llevados hacia el plancton por factores del azar, como la turbulencia. // Plancton accidental. // Pseudoplancton.

695. **Ticopotámico**: perteneciente a los organismos acuáticos que se desarrollan en los remansos de ríos y corrientes.

696. **Tiempo de residencia**: tiempo que una sustancia dada permanece dentro de un sistema.

697. **Tierra arable** (arable land): capa de la corteza terrestre susceptible de la acción mecánica del hombre para fines agrícolas.

698. **Tierra de marea**: área costera de tierra regularmente cubierta y descubierta por la elevación y disminución de una marea diaria normal.

699. **Tierras forestales**: todas aquellas áreas del territorio provincial que en función de su uso alternativo muestran una aptitud de su suelo eminentemente forestal. Fuente: Ley Forestal de la provincia de Misiones (ley N°854/77, Art.2).

700. **Tolerancia** (tolerance): expresa la capacidad de los organismos para soportar condiciones adversas del ambiente.

701. **Tolerancia a la desecación**: capacidad de tolerar que se seque el protoplasma sin daños. // Tolerante a la desecación.

702. **Tolerancia a la tensión**: resistencia a la tensión mediante la capacidad de un organismo para alcanzar un equilibrio termodinámico con la tensión, sin sufrir daños, porque el organismo impide, disminuye o repara la torsión inducida por la tensión.

703. **Toxicidad** (toxicity): grado o capacidad de envenenamiento de una sustancia.

704. **Transporte**: movimiento del agua desde el canal hacia la superficie de la planicie de inundación.

705. **Tropical**: perteneciente a la zona comprendida entre el trópico de Cáncer (23°27'N) y el Trópico de Capricornio (23°27'S). // Clima caracterizado por una temperatura, humedad y precipitación pluvial elevadas y con heladas muy raras por las noches.

706. **Tucuxi, tucuchí** (portugués de Brasil): nombre dado al delfín gris del Amazonas (*Sotalia fluviatilis*).

707. **Turba** (peat): material no consolidado que consiste en materia orgánica sin descomponer o sólo levemente descompuesta, en condiciones de humedad excesiva. // Material fósil formado por restos vegetales mineralizados. // Acumulación de material vegetal no consolidado y parcialmente descompuesto que se encuentra en los hábitats más o menos inundados, de pantano (turba alcalina) y de ciénaga (turba ácida). En Brasil: *turfa*.

708. **Turberas** (peatland): terreno cuyo suelo es orgánico, con características de turba. Puede tener más de 10 m de potencia. // En Brasil: *turfeira*.

719. **Turfáceo**: perteneciente a los pantanos. // Torfáceo.

710. **Turfófilo**: que se desarrolla en los pantanos.

U

711. **Ubicuista** (ubiquitous): que vive en todas partes. // Cuando una especie se encuentra más o menos distribuida en una amplia variedad de comunidades y biótopos.

712. **Ullal**: surgencia de agua.

713. **Ultranoplancton**: organismos planctónicos con un diámetro menor de 2 μ ; comprende al picoplancton y al fentoplancton.

714. **Ultraplancton**: organismos planctónicos con un diámetro o longitud menor de 5 μ .

715. **Umbral** (threshold): corresponde al mínimo de un factor que produce un efecto perceptible en el organismo, población o ecosistema. // Nivel o valor mínimo de un estímulo necesario para provocar una respuesta.

716. **Unidad de paisaje** (landscape units or ecosections): área homogénea del paisaje que, por su estructura y funcionamiento, difiere de los sitios aledaños al considerar su fisiografía, vegetación, suelos, escurrimiento, uso del sitio y otras variables.

717. **Uso de la tierra**: es el total de actividades y organizaciones emprendidas en un tipo de tierra.

718. **Uso sostenible de los humedales** (sustainable use of wetlands): uso humano de un humedal que puede producir grandes beneficios a las generaciones presentes manteniendo su potencial para las aspiraciones y necesidades de las generaciones futuras.

V

719. **Vadal**: que flota cerca de la costa.

720. **Vaguada** (C.): parte más profunda de la porción de terreno situada entre dos lomas o laderas, marcando el cauce natural de las aguas.

721. **Valencia Ecológica**: capacidad que tienen los organismos para vivir en un medio que sufre variaciones más o menos acusadas.

722. **Valle**: depresión alargada en la cual se escurre o ha escurrido un curso de agua fluvial.

723. **Valores de los humedales**: las funciones que los humedales desempeñan en el funcionamiento del ecosistema natural, como atenuar inundaciones, mantener reservas de aguas subterráneas y superficiales, retener sedimentos, controlar la erosión, atenuar la contaminación y suministrar hábitat.

724. **Várzea** (port. de Brasil): en la región amazónica, especialmente en el caso de los ríos de aguas blancas, complejos de territorios correspondientes a los niveles de inundación del río y de sus brazos laterales, caracterizados por tener suelos altamente fértiles, productos de la deposición de sedimentos arrastrados por los ríos desde la región andina.

725. **Vazante** (port. de Brasil)= bajante: usado para canal de drenaje mantiforme, llano y amplio, poco definido y sin bosques de galería continuos. // En hidrología es el descenso del nivel de las aguas después de la inundación.

726. **Veda** (prohibition)= ñembotové (guaraní): período de tiempo durante el cual se prohíbe, por ley, la caza o la pesca. Tiene por finalidad proteger las especies, especialmente las que están en peligro de extinción.

727. **Vega** (C.): tierra llana, baja y fértil, generalmente de carácter aluvial. Con mucha frecuencia se refiere a la terraza cuaternaria inferior de un río o sistema fluvio-lagunar de una llanura de

inundación cuando no es salina ni está demasiado saturado, destacando su carácter regable y cultivable.

728. **Vegetación**= ibirá racã ati (guaraní): es el conjunto que resulta de disposición en el espacio de los diferentes tipos de vegetales presentes en una porción cualquiera del territorio.

729. **Vegetación clímax** (climax vegetation): vegetación madura en un estado de equilibrio con condiciones ambientales naturales.

730. **Vegetación palustre**: plantas que viven en pantanos y ciénagas.

731. **Vereda** (port. de Brasil)= faja de campo húmedo de gramíneas, entre el cerrado y el canal de drenaje.

732. **Vulnerable**: esta expresión se emplea en el sentido que le da la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Un taxón es vulnerable cuando no se encuentra en peligro crítico ni en peligro, pero enfrenta un riesgo alto de extinción en el medio silvestre a mediano plazo.

W

733. **Wetland** (I): medio semiterrestre continental o costero. // Anomalía hídrica del terreno suficientemente importante y duradera como para producir comunidades biológicas significativamente diferentes de las del entorno, pero que no es ni un lago ni un río.

Y

734. **Yacuruna**: en la Amazonia, dios mitológico de las aguas, representado por un delfín rosado del Amazonas (*Inia geoffrensis*), cuyo sombrero es una raya de río (*Potamotrygon sp.* - *Potamotrygonidae*), los zapatos son peces cuchas o carachamas (*Hypostomus sp.* - *Loricaridae*), el reloj es un cangrejo y el cinturón es una anaconda o boa de agua (*Eunectes murinus* - *Boidae*).

735. **Yanchama**: tela extraída de la corteza del árbol de oje (*Ficus maxima*), con la cual los indígenas de la Amazónica elaboran artesanías y vestidos de bailes tradicionales.

Z

736. **Zona adaptativa de transición**: trayectoria evolutiva a través de una zona no adaptativa situada entre zonas adaptativas principales.

737. **Zona afital**: área del suelo de un lago desprovista de crecimiento vegetal.

738. **Zona de amortiguación, tampón o colchón**: determinadas áreas terrestres o acuáticas situadas alrededor de otras a las que protegen, regulando, resistiendo, absorbiendo o excluyendo desarrollos indeseables, así como otros tipos de intrusiones.

739. **Zona de emersión**: parte superior de la zona eulitoral de un lago que está por encima del nivel del agua durante la mayor parte del año. Parte de la costa que cubren sólo las mareas extremadamente altas.

740. **Zona fótica**: zona superficial del mar o de un lago que tiene la penetración luminosa suficiente para que ocurra la fotosíntesis.

741. **Zona intermareal**: zona costera situada entre las mareas más altas y las más bajas. // Zona eulitoral. // Litoral. // Zona mareal.

742. **Zooplankton**: animales del plancton. Microorganismos acuáticos errantes.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Giuseppe Colonnello Bertoli por la revisión crítica y por enriquecer con su experiencia esta monografía. A la Dra. Ma. Fátima Mereles por el aporte de varios términos y la acepción guaraní de muchas palabras mencionadas aquí. Al CONICET (PIP 815 y 4242) y al Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Ministerio del Medio Ambiente) de Colombia, por dar soporte a este proyecto.

Deseamos dedicar esta contribución, a la memoria del Dr. F. González Bernaldez, incansable estudioso de los humedales, Maestro de varias generaciones de curiosos de las tierras húmedas y a la memoria del Dr. Raúl A. Ringuelet, pionero de la ciencia de los humedales en Sudamérica y maestro de maestros.

BIBLIOGRAFÍA

- BRINSON, M. M. 1993. A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands. Wetlands Research Program Technical Report WRP-DE-4. U.S. Army Corps of Engineers. Washington. Páginas.

- CLEMENTS, F. E. 1905. Research Methods in Ecology. University Publishing Co., Nebraska. 1-512 p.

- COWARDIN, L. M., V. CARTER, F. C. GOLET y E. T. LAROE. 1979. Classification of Wetlands Deepwater Habitats of the United States. Office of Biological

Services. Fish and Wildlife Service. U. S. Department of the Interior. 42-43 p.

- DUGAN, P. J. (Ed.). 1992. Conservación de Humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN. Gland, Suiza. 100 p.

- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Office of Science and Technology. 2000. Glossary. URL: <http://www.epa.gov/ost/biocriteria/glossary.html>.

- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. 1992. Los paisajes del agua: Terminología popular de los humedales. J. M. Reyero. Madrid. 257 p.

- HARPER J. L. y D. L. HAWKSWORTH. 1996. Preface: 5-12. En: D. L. Hawksworth (Ed.) Biodiversity. Measurement and estimation. Chapman & Hall: 1-140 p.

- HECKER, N. y P. TOMÁS VIVES (Eds.) 1995. The Status of Wetland Inventories in the Mediterranean region. MedWet publication/IWRB Publication 38. Slimbridge, UK. 146 pp.

- IRGANG, B. E. 1999. Comunidades de Macrófitas Acuáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul-Brasil: Um Sistema de Classificação. Tesis Doctoral Universidad Federal de Rio Grande do Sul (Porto Alegre/RS-Brasil). 149 p.

- LINCOLN, R. J.; G A. BOXSHALL y P. F. CLARK. 1995. Diccionario de Ecología, Evolución y Taxonomía. Fondo de Cultura Económica. México. 488 p.

- MAZPARROTE, S. y G. YEPEZ T. Año Diccionario de Ecología. Natura. Caracas. 132 p.

- MELTON, F. A. 1936. An empirical classification of flood-plain streams. Geogr. Rev., XXVI: 593-609 p.

- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2002. Política Nacional para Humedales interiores de Colombia: Estrategias para su conservación y uso sostenible. República de Colombia / Ministerio del Medio Ambiente / Consejo Nacional Ambiental. 67 p.

- MONTEMAGGIORI, A. y W. PRATESI URQUHART. 1996. Glossary of Mediterranean wetland terms, June 1996. MedWet initiative & WWF Italy. Roma.

- MORELLO, J. 1968. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino. En: La vegetación de la República Argentina. Serie Fitogeográfica N° 10. I.N.T.A. Bs. As. 125 p.

- NEIFF, J. J.; M. H. IRIONDO y R. CARIGNAN. 1994. Large Tropical South American Wetlands: An Overview. Proc. of the Internat. Workshop on the

Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones: 156-165 p.

- NEIFF, J. J. 1990. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. Interciencia, 15 (6): 424-441 p.

- NEIFF, J. J. 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26 (1): 167-181 p.

- NEIFF, J. J. y A. POI DE NEIFF. 2002. Connectivity processes as a basis for management of aquatic plants. En: Magela y Thomaz, S. y L. M. Bini (Eds.): Ecología e Manejo de Macrófitas Acuáticas (en prensa).

- ODUM, E. P. 1972. Ecología. Nueva Editorial Interamericana. México. 639 p.

- OFICINA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. 2000. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza). Páginas.

- POI DE NEIFF, A. 1995. Descomposición de la materia orgánica vegetal. En Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Estela C. Lopretto y Guillermo Tell (Directores). Ed. Sur. 191-194 p.

- POTT, V. J. y A. POTT. 2000. Plantas acuáticas do Pantanal. Ed. EMBRAPA, Brasil. 1-404 p.

- RICAURTE LÓPEZ, M. F. 2000. Los humedales de la Amazonia Colombiana: conocimiento para su conservación. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI / RAMSAR / Fish and Wildlife Service. U. S. Department of the Interior / United States of America Department of the State.

- RODRIGUES PIRES, J. S., J. E. DOS SANTOS y M. E. DEL PRETTE. 2002. A utilização do conceito de Bacia Hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. En: Schiavetti, A. y A. F. M. Camargo (Eds.). Conceitos de bacias hidrográficas. Editus-Editora da Universidade Estadual de Santa Cruz. 289 p.

- SALINAS COY, Y. y E. AGUDELO CÓRDOBA. 2000. Peces de importancia económica en la Cuenca Amazónica Colombiana. SINCHI: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. Ministerio del Medio Ambiente. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 140 p.

- SANCHEZ SÁENZ, M. y P. MIRAÑA. 1991. Utilización de la vegetación arbórea en el Medio Caquetá: 1. El árbol dentro de las unidades de la tierra, un recurso para la comunidad Miraña. Colombia Amazónica 5 (2): 69-98 p.

- THE RAMSAR CONVENTION ON WETLANDS. The Ramsar Convention's resources on Wetland

Restoration. Wetland Restoration Glossary.
www.ramsar.org/index.html.

- SCHIAVETTI, A. y A. F. M. CAMARGO (Eds.). 2002.
Conceitos de bacias hidrográficas. Editus-Editora da
Universidade Estadual de Santa Cruz. 289 p.

- TOMÀS VIVES, P. (Ed). 1996. Monitoring
Mediterranean wetlands: A methodological guide.

MedWet Publication; ICN & Wetlands International.
Slimbridge, UK. 150 pp.

- WELCOMME, R. L. 1992. Pesca Fluvial. FAO
(Documento Técnico 262): 1-303 p.

- WILSON, E. O. (Ed). 1988. Biodiversity: V-VII.
National Academy Press, Washington D.C. 538 p.