

MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DE LA CONECTIVIDAD ENTRE PROCESOS HIDROLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS EN RÍOS ENTRELAZADOS¹.

Neiff, J. J.², S. L. Casco³ y O. Orfeo⁴

¹ Contribución del PICT (ANPCYT) 12755 y PIP CONICET 815 y 2746

² Investigador Principal del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL). E-mail: neiff@arnet.com.ar. Ruta 5 km 2,5. CC. 291. (3400) Corrientes. Argentina

³ Becaria Post-Doctoral del CONICET en el CECOAL. E-mail: sylvina@arnet.com.ar

⁴ Investigador Independiente del CONICET en el CECOAL. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. E-mail: orfeo@arnet.com.ar

Resumo

Esta contribución propone un nuevo y expeditivo método para medir la conectividad entre los fenómenos hidrológicos y las características geomorfológicas de las barras fluviales en ríos entrelazados como el Paraná. Este enfoque metodológico es una alternativa a la cronología absoluta bien conocida, que resulta difícil de aplicar en ambientes sedimentarios modernos de grandes ríos, debido a que las barras incluyen sedimentos provenientes de varios ciclos de transporte. Muchos materiales son de origen antiguo pero han sido depositados recientemente. Estudiamos los pulsos hidrosedimentológicos (frecuencia, intensidad, amplitud) y probamos estadísticamente su relación con las características de las barras fluviales (tamaño, posición, número de estratos, textura), en un tramo del Río Paraná, localizado debajo de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay. Fue seleccionado este río por ser uno de los ríos entrelazados más importantes del mundo. Encontramos una buena correlación entre la posición y número de estratos en los perfiles y la frecuencia de las inundaciones. Hay una relación cerrada entre el espesor de los estratos y la intensidad de cada creciente. El análisis cuantitativo de los pulsos es una herramienta útil para explicar algunas características de los ambientes fluviales actuales y pasados.

Palabras claves: Bajo Paraná, geomorfología, régimen de pulsos.

Abstract

This contribution proposes a new and expeditious method for to measure the connectivity between the hydrological phenomena and the geomorphological characteristics of the fluvial bars in braided rivers as the Paraná. This methodological approach is an alternative to the well-known absolute chronology that it is difficult to apply in modern sedimentary profiles of the large rivers, because the bars include silts coming from several cycles of transport. Many materials are of old origin but they have been deposited recently. We study the

hydrosedimentological pulses (frequency, intensity, duration) and we test them statistically with the characteristics of the fluvial bars (size, position, number of strata, texture), in a tract of the River Paraná located down waters of the Paraguay – Paraná Confluence. It was selected this river because it is one of the most important braided rivers of the world. We find a good correlation between the position and number of strata in the profiles and the frequency of the floods. There is a closed relationship between the thickness of the strata and the intensity of each floods. The quantitative analysis of the pulses is a good tool for to explain some characteristics of the actual and past fluvial environments.

Key words: Low Paraná, geomorphology, pulse regime

INTRODUCCIÓN

La historia de los cambios en las geformas del paisaje fluvial ha recibido atención creciente ante la necesidad de establecer los límites de variabilidad y sus causas.

Sobre bases empíricas Miall (1977, 1997) presenta la variabilidad de la descarga de un sistema fluvial como un mecanismo de control primario sobre el modelo de escurrimiento entrelazado, el cual se caracteriza por el desarrollo de múltiples canales de baja sinuosidad (<1,5) que rodean islas y barras. Al discutir la génesis y evolución de los ríos entrelazados, Bridge (2003) no le atribuye mayor influencia a la mencionada variabilidad en el caudal, asumiendo que la geometría de los ríos aluviales multicanalizados está controlada principalmente por las crecientes estacionales. Esto incluye los procesos gobernados por las condiciones hidráulicas como también por la dinámica de los sedimentos transportados (Leopold et al., 1964; Carlston, 1965).

Si se circunscribe el análisis del ciclo hidrológico al período de creciente, cabe esperar durante las inundaciones de poca intensidad una tasa de transporte de sedimentos baja y un ajuste reducido a dichas condiciones de flujo. En cambio, durante las crecientes extraordinarias, la magnitud del incremento del caudal y del transporte de sedimentos cambia en forma drástica el diseño de escurrimiento (Baker, 1994), pudiendo demandar la estabilización del nuevo modelo varios períodos subsecuentes de inundación.

Por lo tanto al abordar el estudio de los controles hidráulicos que actúan sobre un estilo de escurrimiento, surge como elemento de juicio significativo la adecuada consideración de las crecidas de mayor magnitud tanto en términos de su descarga como también del intervalo estadístico de su recurrencia (Bridge, 2003).

El funcionamiento y la estructura de los ríos aluviales, que son aquellos que evolucionan sobre sus propios sedimentos, están condicionados por sus inundaciones periódicas o *pulsos de inundación* (Junk et al., 1989), actualmente definidos como *pulsos hidrosedimentológicos*

(Neiff, 1990), responsables de los principales procesos que tienen marcada influencia en la estabilidad de los ecosistemas fluviales (Neiff, 1990; 1996; 1999).

La dinámica de tales pulsos está caracterizada por atributos hidrológicos, definidos en la función f FITRAS (Tabla 1), acrónimo de: **F**recuencia, **I**ntensidad, **T**ensión, **R**egularidad, **A**mplitud, **E**stacionalidad (Neiff, 1990; Neiff et al., 1994; Neiff, 1999).

En este concepto el régimen pulsátil de un río está constituido por el patrón de variabilidad de esas fases en determinado tiempo y espacio, en relación con un nivel de referencia que constituye el límite a partir del cual el agua comienza a ingresar a la planicie aluvial. Las ondulaciones de la curva hidrológica sinusoidal que se hallan por encima de ese valor son consideradas positivas y definen el denominado período de inundación (o *potamofase*), durante el cual ocurren flujos horizontales de agua, sedimentos y organismos desde el curso del río hacia la planicie de inundación y viceversa.

Lo anterior revela una clara conectividad entre procesos hidrológicos y geomorfológicos, dada por los movimientos horizontales de agua y sedimentos, cuyos resultados siguen siendo objeto de análisis. Uno de los aspectos de mayor interés para comprender la transformación de los grandes sistemas fluviales actuales, consiste en aproximar una escala temporal a su dinámica evolutiva. Ello permitiría evaluar la velocidad de cambios comparables producidos en geosistemas antiguos análogos como efecto de variables semejantes.

Para ensayar un nuevo y expeditivo método de medición, alternativo a la cronología absoluta conocida, se seleccionó como área de estudio al río Paraná por ser uno de los ríos entrelazados más importantes del mundo. Este sistema fluvial ofrece la posibilidad de analizar variaciones hidrosedimentológicas controladas por influencias lejanas a los canales de escurrimiento, ya que la superficie de su cuenca de drenaje supera los 2.000.000 km². El cauce tiene una longitud cercana a los 4.000 km, el cual descarga a la latitud de la ciudad de Corrientes un caudal medio anual de 17.000 m³ s⁻¹ (Fig. 1).

Se seleccionó un tramo aguas abajo de su principal tributario, el río Paraguay, para investigar la presencia de estratos con sedimentos de distinta granometría y distribución. En dicho sector del Paraná (Fig. 1) se observan, durante el período de aguas bajas, más de 50 barras con superficie variable entre menos de 1 km² y más de 35 km², las cuales ocupan aproximadamente 35 % de la superficie del cauce (Orfeo, 1996). Este segmento de río tiene índice de sinuosidad promedio igual a 1,1 y relación de entrelazamiento entre 1,75 y 6,28 (Orfeo y Stevaux, 2002).

Esta contribución parte de la hipótesis que existe una relación entre el número de estratos, su distribución, espesor y granometría en las barras actuales, que se correspondería con el patrón de pulsos hidrosedimentológicos del sitio analizado. La segunda parte de la hipótesis asume que el patrón geomorfológico podrá aplicarse a series antiguas, en tanto los factores controladores (régimen hidrológico y producción de sedimentos) actúen de manera semejante.

Tabla 1: Atributos de la función *Fitras* (Neiff, 1990; 1999)

Definición	Medición Algoritmo	Límite inferior	Límite superior
Frecuencia: número de veces que ocurre un fenómeno determinado dentro de una unidad de tiempo (ej. inundaciones de 8 m en el hidrómetro de Corrientes a lo largo de un siglo).	Sequía: número de años/período con caudal medio anual menor que el caudal de desborde o caudal medio multianual del período. Inundación: número de años/período con caudal medio anual mayor que el caudal de desborde o caudal multianual del período.	0 0	1 1
Intensidad: magnitud alcanzada por una fase de inundación o de sequía. Se mide generalmente por el valor alcanzado en el hidrómetro más próximo o en términos de caudal de agua.	Sequía: 1-(caudal mínimo mensual de años secos/caudal de desborde o medio multianual). Inundación: caudal máximo mensual de años húmedos/caudal de desborde o medio multianual.	1 1	0 $1 \rightarrow \infty$
Tensión: valor de la desviación típica desde las medias máximas o desde las medias mínimas de una curva de fluctuación hidrométrica del río. Se la define también como envolvente de fluctuación y permite establecer la variabilidad en la magnitud de los eventos de inundación y sequía. Se expresa generalmente en valores hidrométricos o en caudal.	Sequía e inundación: coeficiente de variación (desviación/media) de caudales medios de años secos o de años húmedos.	$\rightarrow 0$	1
Recurrencia: corresponde a la probabilidad estadística de un evento de inundación o sequía de magnitud determinada dentro de una centuria o de un milenio. Está dado por la frecuencia relativa.	Sequía: 1- (probabilidad de excedencia de caudales medios multianuales de años secos). Inundación: probabilidad de excedencia de caudales medios multianuales de años húmedos.	$\rightarrow 0$ $\rightarrow 0$	$\rightarrow 1$ $\rightarrow 1$
Amplitud: también expresada como duración, es el segmento de tiempo que permanece el río en una fase de inundación o de sequía de determinada magnitud.	Sequía: (número de meses continuos con caudal medio mensual menor que caudal de desborde o caudal medio multianual)/12. Inundación: (número de meses continuos con caudal medio mensual mayor que caudal de desborde o caudal medio multianual)/12.	0 0	1 1
Estacionalidad: se refiere a la frecuencia estacional en que ocurren las fases de sequías o inundaciones. Los organismos, excepto el hombre, tienen ajustes de sus ciclos de vida (fertilidad, reproducción, crecimiento) a la época en que ocurren los eventos hidrológicos.	Sequía e inundación: basada en el concepto de regularidad temporal (Obdrlik y García Lozano, 1992). $S = 1 - (R_{real}/R_{máx})$; $R_{real} = \sum p_i \log p_i$, donde R =regularidad temporal, S =estacionalidad, p_i = veces en período que el evento tiene valor extremo en el i -ésimo; $R_{máx}$ = \log (long. serie en años).		

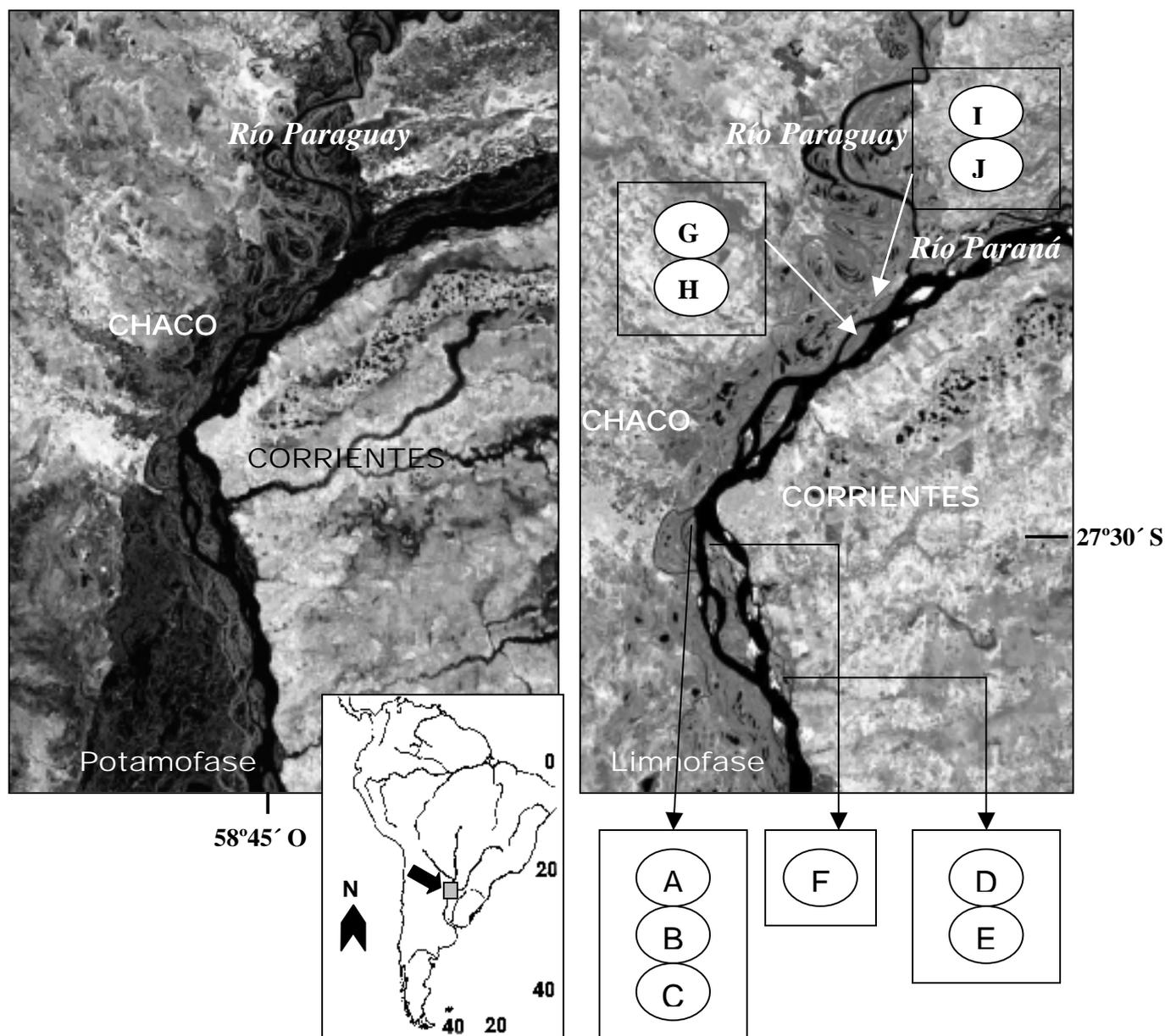


Fig. 1: Ubicación del área de estudio. **Izquierda:** fase de aguas altas-*Potamofase*- (mayo de 1998), durante el fenómeno de “El Niño”. **Derecha:** fases de aguas bajas –*limnofase*- (agosto de 2001). En los bloques figuran los perfiles realizados.

MÉTODOS

Los ambientes de sedimentación escogidos (Tabla 2) pertenecen a barras que fueron clasificadas por su génesis, posición en el canal y orientación según la dirección de la corriente (Orfeo, 1996; Orfeo y Stevaux, 2002).

Los trabajos de campo se realizaron en noviembre de 2003, período de aguas bajas que permitió una adecuada exposición de las secuencias de sedimentación. En total se describieron y midieron 10 perfiles estratigráficos, extrayendo muestras para análisis de laboratorio en cada estrato identificado. En esta etapa inicial del ensayo metodológico que se

presenta, se identificó solamente la fracción de arenas y de material más fino (limo + arcilla) para evaluar la influencia de los mecanismos de transporte dominantes, tracción y saltación, de acuerdo a Orfeo (1995).

Tabla 2: Atributos y clasificación de las barras estudiadas.

Barra	Perfil	Posición geográfica	Longitud (km)	Ancho (km)	Superf. (km ²)	Tipo genético		Posición		Orient.	
						1	2	3	4	5	6
I	A	27°28'53" S; 58°52'54 W	3,50	0,80	1,99	X			X		X
	B	27°29'07" S; 58°52'54 W									
	C	27°34'35" S; 58°51'04 W									
II	D	27°36'11" S; 58°49'31 W	11,55	1,80	11,38		X		X	X	
	E	27°36'54" S; 58°49'20 W									
III	F	27°32'29" S; 58°50'51 W	14,40	4,15	35,17	X			X	X	
IV	G	27°18'47" S; 58°37'57 W	6,90	2,60	9,13	X			X	X	
	H	27°18'36" S; 58°37'47 W									
V	I	27°19'47" S; 58°40'09 W	4,20	1,45	3,61	X			X	X	
	J	27°20'27" S; 58°39'47 W									

Referencias: 1: agradacional; 2: relictual; 3: central; 4: lateral; 5: longitudinal; 6: diagonal.
Superf.: superficie; **Orient.:** orientación

La cota de cada estrato con respecto al nivel del mar, se estableció indirectamente relacionando la posición de cada sitio con respecto al nivel actual del río y luego, cada valor fue relacionado a la cota del hidrómetro del puerto de Corrientes, cuyo cero de escala corresponde a la cota de 42,39 m.s.n.m.

Para vincular la variabilidad hidrológica con la fecha de depositación de sedimentos en las barras, se analizó una serie hidrométrica de 21 años, conociendo que en este lapso de tiempo, se originaron los perfiles analizados. Se utilizó el Software **PULSO** (Neiff y Neiff, 2003), calculando los atributos de la función f FITRAS para cada estrato en cada perfil (Fig. 2 y Tablas 1 y 2).

Los atributos de cada perfil de las islas y los valores de los atributos de los pulsos generados por PULSO, fueron confrontados estadísticamente.

Mediante regresión lineal simple, se analizó la relación entre el número de estratos de cada perfil y algunos atributos de los pulsos, como amplitud, frecuencia e intensidad máxima promedio de la fase de aguas altas. La intensidad es indicadora de la cantidad de agua que lleva el río (caudal), en tanto que la frecuencia indica el número de oportunidades en que se produjo aportes de agua con sedimentos en el estrato considerado y la amplitud indica el tiempo en que el estrato que se estudia pudo recibir aguas de inundación.

Se efectuó análisis de regresión múltiple (selección paso a paso) de los datos normalizados $-\log x$ y \arccos (Steel y Torrie, 1985), para analizar dos bloques de información que podrían explicar las relaciones entre las características de los perfiles y los estados energéticos del río:

-Relación entre la posición topográfica de cada estrato con la intensidad máxima del río (promedio para cada fase de aguas altas en la serie hidrométrica considerada), proporción de arenas y material fino (arcillas + limos).

-Número de estratos de cada perfil con: amplitud (número de días), frecuencia e intensidad máxima promedio del río en cada fase de aguas altas.

RESULTADOS

Los perfiles analizados tienen entre 2 y 4 m de potencia con predominio de las fracciones arena fina y limo. Individualmente los estratos varían entre 10 cm y 2,5 m. Los sedimentos arenosos muestran distinto tipo de estratificación: horizontal, diagonal de bajo ángulo, cruzada planar, en artesa y masiva. Este último caso se observa en estratos tabulares no gradados. Las secciones más altas de cada perfil tienen características edafogénicas. Las pelitas se presentan en depósitos masivos y también con laminación paralela, en secuencias que alcanzan hasta 1 m de potencia, aunque en la mayoría de los casos constituyen intercalaciones delgadas.

Durante la serie considerada, el nivel hidrométrico del río Paraná, en el Puerto de Corrientes, fluctuó entre 43,79 y 51,03 m.s.n.m (rango de intensidad de 7,24 m, Fig. 2), abarcando dos períodos de “El Niño” (mayo a julio de 1992 y noviembre de 1997 a octubre de 1998). A partir de noviembre de 1998, el río se mantuvo siempre por debajo de la cota de 48,59 m.s.n.m, iniciando una época de bajante extraordinaria, que alcanzó la cota de 43,79 m.s.n.m a fines de agosto y principio de septiembre de 2001.

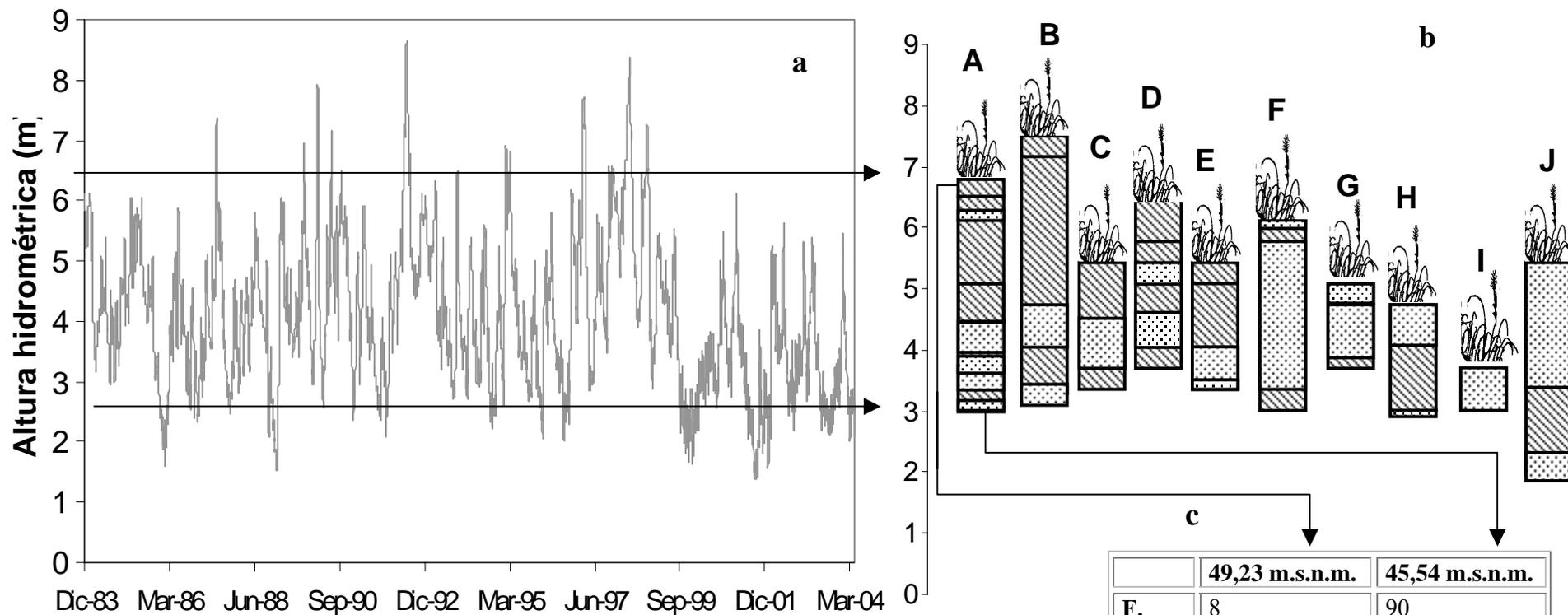


Fig. 2: **a.** Fluctuaciones hidrométricas del Bajo Paraná, en Corrientes, desde diciembre de 1983 hasta abril de 2004. Las flechas indican los niveles de desborde de los estratos inferior y superior del perfil A. **b.** Perfiles realizados en este estudio, con sus estratos correspondientes. **c.** Atributos de los pulsos hidrosedimentológicos de la base y del tope del perfil A. **F:** frecuencia; **I. M.:** intensidad máxima; **I. m.:** intensidad mínima; **T. M.:** tensión máxima; **T. m.:** tensión mínima; **R:** recurrencia; **A:** amplitud; **E. P.:** estacionalidad de potamofases; **E. L.:** estacionalidad limnofases.

	49,23 m.s.n.m.	45,54 m.s.n.m.
F.	8	90
I. M.	8,64	8,64
I. m.	1,54	1,4
T. M.	24,07	41,67
T. m.	28,75	45,91
R	3	26
A	502,5	78,64
E. P.	may	feb-jul; oct-dic
E. L.	jul-ago	ene, ago, sep

Tabla 3: Atributos de los pulsos hidrosedimentológicos en los estratos de cada perfil. **F:** frecuencia. **I. M.:** intensidad máxima; **I. m.:** Intensidad mínima; **T. M.:** tensión máxima; **T. m.:** tensión mínima; **R:** recurrencia; **A. P.:** amplitud promedio; **E. P.:** estacionalidad de potamofases.

	Perfiles	A											B						C			
		Estratos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	1	2	3
A T R I B U T O S	F	8	13	16	23	70	85	88	89	103	98	90	3	3	57	87	95	100	46	86	99	
	I. M.	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64
	I. m	1,54	1,54	1,54	1,54	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,02	2,02	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	T. M.	24,1	24,1	24,1	41,2	38,3	42,9	42,5	42,5	41,9	41,7	41,7	19,2	19,2	38,3	42,5	42,5	42	41,5	42,5	42	
	T. m	28,8	28,8	28,8	45,5	42,7	47,1	46,7	46,7	46,2	45,9	45,9	23,7	23,7	42,7	46,7	46,7	46,2	45,7	46,68	46,2	
	R	3	8	3	7								2	0	26	33	30	11	20	9	22	
	A. P.	502,5	309,5	257,3	237,1	103,5	85,2	88,5	81,5	70,5	74,1	78,6	859	999	122,4	83,5	73,4	72,1	146,5	84,4	72,8	
	E. P. (meses)	f, ab, my, o	f, ab, my, o	f, ab-jn, o	f-jn, o	e-jl, s-d	f, mz, jn, o	f-jl, o	e-jl, o	e-d	e-d	e-d	ab	ab	f, mz, my, jn, o	f, mz, my, jn, o	e-ag, o-d	e-d	f, o	f, mz, my, jn, o	e-d	

	Perfiles	D						E				F				G			H			
		Estratos	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
A T R I B U T O S	F	19	45	63	75	82	106	42	79	87	95	27	29	34	98	77	81	103	84	95	91	
	I. M.	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64
	I. m	1,54	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,54	1,4	1,4	1,4	1,54	1,54	1,54	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
	T. M.	24,1	41,5	38,3	38,3	43,1	42,3	41,2	38,3	42,5	41,7	41,2	41,2	41,2	41,7	38,3	43,1	42	43	42,4	41,7	
	T. m	28,8	45,7	42,7	42,7	47,3	46,5	45,5	42,7	46,7	46,9	45,5	45,5	45,5	45,9	42,7	47,3	46,2	47,1	46,6	45,9	
	R	4	10	9	17	14	33	10	20	23	20	9	3	18	28	10	12	27	11	18	19	
	A. P.	218,3	149,8	115,3	96,6	88,3	68,2	129,6	91,7	83,5	76,5	202	217,1	184,9	74,1	90,6	89,4	70	83,1	76,1	77,7	
	E. P. (meses)	f, my, jn,o	my, n	f, mz, my, o	f	f, o	e-d	my, jn	f, o	f-jl, o	e-d	f, my, o	f, mz-my, o	f, ab, my, o	e-d	f, mz, o	f, mz, o	e-d	f, mz	e-jl	e-ag, o-d	

	Perfiles	I		J	
		1	1	2	3
A T R I B U T O S	Estratos				
	F	103	44	99	56
	I. M.	8,64	8,64	8,64	8,64
	I. m	1,4	1,4	1,4	1,4
	T. M.	42	41,5	41,7	37,6
	T. m.	46,2	45,7	45,9	41,8
	R	27	5	30	9
	A. P.	70	143	73,4	119,1
E. P. (meses)	e-d	s-d	e-d	e-d	

Los valores de regresión múltiple indicaron que la intensidad máxima promedio del río en cada fase de aguas altas explicó 98,86% de la variabilidad en la posición topográfica de los estratos de cada perfil (Tabla 3).

El análisis de la relación entre el número de estratos en cada perfil, con otros atributos de los pulsos (frecuencia, amplitud e intensidad del río) en las fases de aguas altas, informa que la frecuencia explica 79,09% de la variabilidad (Tabla 4). De tal manera que la cantidad de estratos está fuertemente influenciada por la frecuencia de las crecientes.

Tabla 4: Resultados de la regresión lineal múltiple para describir la relación entre: **a)** posición topográfica y la intensidad máxima promedio del río, la proporción de arenas + finos. **b)** número de estratos y número de días en potamofase, frecuencia de potamofases e intensidad máxima promedio del río.

Variable dependiente	Parámetro	Estimado	Error estándar	R ² ajustado (%)
a) Posición topográfica de los estratos de todos los perfiles	Constante	1,57	0,006	0,000
	Intensidad	0,136	0,0022	98,86
b) N° de estratos en cada perfil	Constante	-22,94	4,64	0,0011
	Frecuencia de potamofases	11,26	1,90	79,09

DISCUSIÓN

Es conocido que el diseño fluvial y sus modificaciones temporales están fuertemente relacionados con la magnitud del caudal del río, existiendo consenso en atribuir a las crecientes más importantes un mayor efecto transformador sobre la geomorfología del paisaje fluvial (Bridge, 2003). La composición textural de sedimentos fluviales en áreas de llanura es limitada a un número reducido de fracciones granulométricas (Orfeo, 1999), por lo que la tasa de transporte de materiales como carga de fondo y de lavado depende básicamente de la descarga.

Encontramos que hay una clara conectividad entre los fenómenos hidrológicos recurrentes (*pulsos*) y la estructura y distribución de los materiales depositados por el río en las barras.

Nuestros resultados permiten asumir que la cantidad de estratos en las barras está fuertemente relacionada con la frecuencia de las fases de inundación. Esta frecuencia, por encontrarse las islas en distintas posiciones topográficas, tiene diferente incidencia en aquellas y permite encontrar también una secuencia distinta de estratos en cada perfil.

Al conocido efecto modelador que tienen las crecientes máximas sobre el paisaje fluvial, podemos agregar que la intensidad máxima promedio de las riadas genera estratos en diferente número y potencia, dependiendo de la posición topográfica de las barras respecto del escurrimiento.

Este ensayo metodológico permite asumir la posibilidad de cuantificar la relación entre fenómenos hidrosedimentológicos (causas) y sus resultados en la formación de las barras (efectos). Esta relación puede tener un entorno de variabilidad que dependerá de la recurrencia del régimen hidrológico, de la intensidad de las crecientes y que se mantenga el mismo régimen de disturbios antrópicos en las cuencas.

Perturbaciones como aquellos fenómenos hidrológicos influenciados por El Niño, podrían desplazar los valores absolutos del espesor de los estratos, lo que puede estudiarse mediante nuestro método.

La deforestación y el cambio de las prácticas de la agricultura, pueden generar mayor producción de sedimentos y sus consecuencias en la geomorfología de las barras pueden ser analizadas con el procedimiento que presentamos.

Los impactos de canalizaciones o de embalses sobre la dinámica de los procesos de erosión/acreción pueden evaluarse cuantitativamente si se comparan con una situación previa del sistema a través del análisis de conectividad.

Pensamos que el conocimiento de la conectividad hidrosedimentológica permitiría utilizar la descripción de paleoambientes fluviales, para inferir cuantificaciones sobre el paleorégimen hidrológico que los originó.

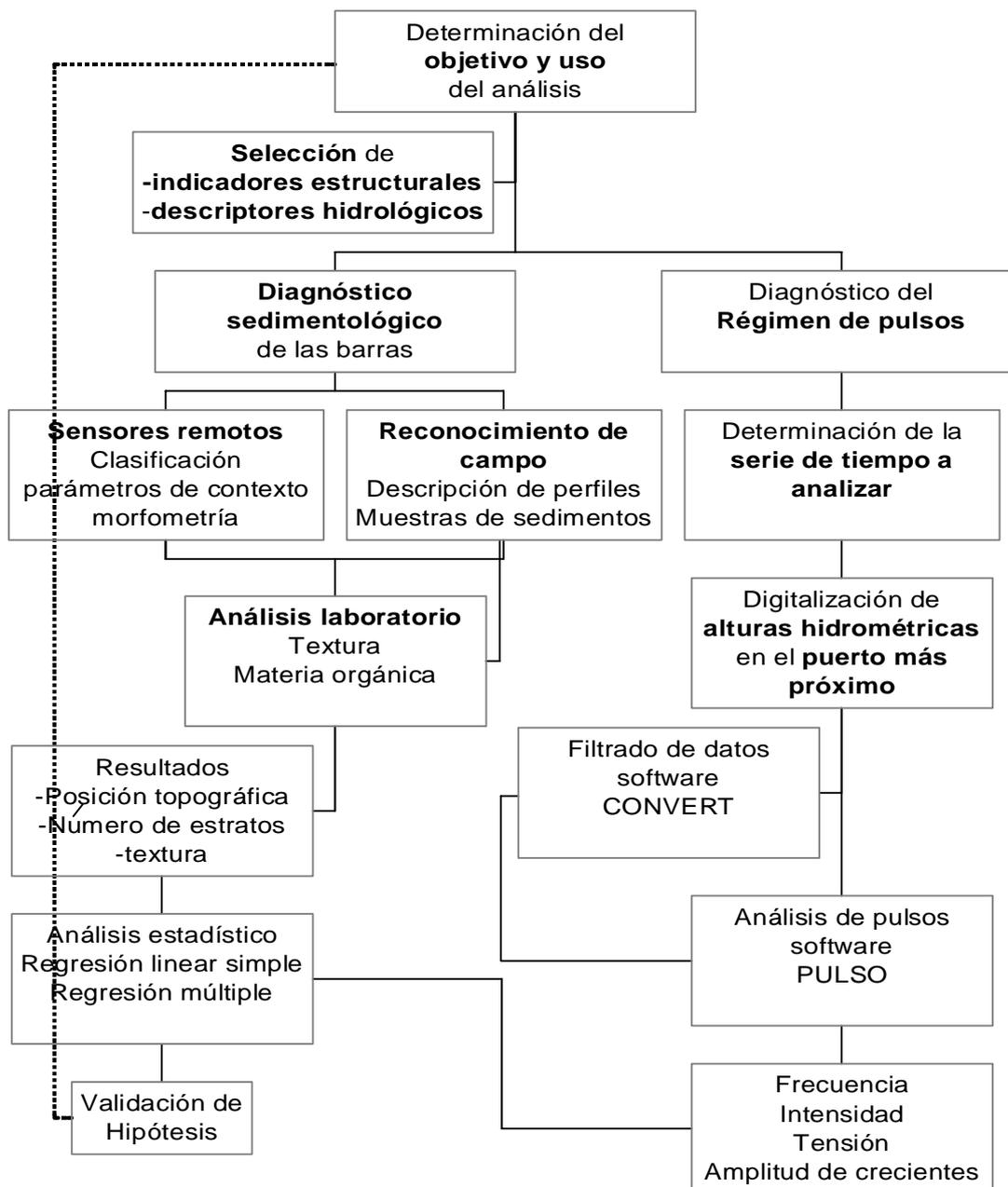
CONCLUSIONES

Hay una clara relación entre la organización estructural de las barras y las condiciones hidrológicas en que se formaron. El análisis de la frecuencia de los pulsos de determinada intensidad permite explicar la disposición de los estratos en el perfil, en tanto que la intensidad de las crecientes determina la potencia de los estratos. Dado que las barras se encuentran en distinta posición topográfica, la frecuencia de las crecientes y el número de estratos son distintos en cada sitio.

El análisis textural de mayor detalle para la fracción fina, podría dar mejor diagnóstico respecto de las condiciones de depositación de materiales pelíticos en ambientes fluviales menos expuestos a la velocidad del flujo del agua.

El procedimiento que se propone tiene fuentes de información sedimentológicas e hidrológicas. El proceso de análisis se resume en el siguiente esquema:

Análisis de la conectividad hidrosedimentológica

**BIBLIOGRAFÍA**

- Baker, V. (1994). Geomorphological understanding of floods. *Geomorphology*. Liverpool, 10:139-156.
- Bridge, J. (2003). Rivers and floodplains. Forms, processes and sedimentary record. Blackwell Publishing, 491p.
- Carlston, C. (1965). The relation of free meander geometry to stream discharge and its geomorphic implications. *American Journal of Sciences*. USA, 263:864-865.
- Junk, W.J., Bayley, P. y Sparks, R.E. (1989). The flood pulse concept in river floodplain systems: In Dodge, D.P. (ed.). Proc. of the Internat. Large River. Symp. Canad. Spec. Publ. Fish Aquatic. Sci., 101-127.

- Leopold, L.B., Wolman, M.G. y Miller, J.P. (1964). *Fluvial processes in Geomorphology*. Dover, 522p.
- Miall, A. (1977). A review of a braided river depositional environment. *Earth Sciences Review*. USA, 13:1- 62.
- _____ (1997). *The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology*. Springer, 582p.
- Neiff, J.J. (1990). Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia*. Venezuela, 15(6):424-441.
- _____ (1996). Large rivers of South America: toward the new approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* Alemania, 26(1):167-181.
- _____ (1999). El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. In MALVÁREZ, A.I. (ed.) *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. Universidad de Buenos Aires. Argentina, 97-146.
- Neiff, J.J. y Neiff, M. (2003). PULSO, software para análisis de fenómenos recurrentes. Dir. Nac. de Derecho de Autor N° 236164 (Argentina) Buenos Aires, 17 de febrero. <http://www.neiff.com.ar>
- Neiff, J.J., Iriondo, M.H. y Carignan, R. (1994). Large Tropical South American Wetlands: An Overview. Proc. of the Internat. Workshop on the Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones Washington, Seattle, 156-165.
- Obrdlik, P. y García Lozano, L.C. 1992. Spatio-temporal distribution of macrozoobenthos abundance in the Upper Rhine alluvial floodplain. *Arch. Hydrobiol.* Stuttgart, 124: 205-224.
- Orfeo, O. (1995). *Sedimentología del río Paraná en el área de confluencia con el río Paraguay*. Tesis Doct. Univ. Nac. de La Plata. 286p.
- _____ (1996). Criterios para la clasificación de barras en grandes ríos entrelazados de llanura subtropical. 6° Reunión Argentina de Sedimentología, Bahía Blanca, Actas: 231-236.
- _____ (1999). Sedimentological characteristics of small rivers with loessic headwaters in the Chaco, South America. *Quaternary International*. USA, 62: 69-74.
- Orfeo, O. y Stevaux, J. (2002). Hydraulic and morphologic characteristics of middle and upper reaches of the Paraná River (Argentina and Brazil). *Geomorphology*. Liverpool, 44(3/4):309-322.
- Steel, R. y Torrie, J.H. (1985). *Estadística. Principios y procedimientos*. Ed. Latinoamericana S.A. Bogotá. 622p.