



## Atenuación del escurrimiento fluvial por bosques de *Tessaria integrifolia*

Carlos Depettris<sup>(1)</sup>; Oscar Orfeo<sup>(2)</sup> y Juan J. Neiff<sup>(2)</sup>

### SUMMARY

#### "RUNNING WATER ATENUATION BY *Tessaria integrifolia* RIVERINE FORESTS"

The flow interference effect of the *Tessaria integrifolia* forest in two islands of the Paraná River, located downstream of the Paraná-Paraguay rivers confluence, was studied.

Current velocity, suspended sediments, channel depth, water transparency, tree density, tallness and coverage, were measured in cross sections of the stream.

The attenuation of the running water by trees can be assumed as a "biological roughness" of the vegetation. It produce a strong decrease in the grain-size distribution of the islands superficial sediments as consequence of the flow interference.

In central areas of the islands occupied by forest with 20-30 ind/m<sup>2</sup>, current velocity was 10 times lower than similar (depth, slope) coastal sites without vegetation, while the suspended load resulted lesser than the half.

The erodability coefficient decrease proportionally to the square of the current velocity diminishing. Owing to the forest extension and coverage in rivers of the De la Plata basin, it is advisable to consider their effect during flood periods.

### INTRODUCCION

Barras y canales constituyen rasgos morfológicos típicos de los sistemas fluviales multicanalizados. Por agradación a partir del piso del canal, las barras crecen tanto en sentido vertical como horizontal (Miall, 1982). En el cauce del Paraná, la fijación de las barras se debe en gran medida a la rápida colonización por la vegetación.

---

(1) Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE); Las Heras 727 (3500) Resistencia, Chaco -Argentina-

(2) Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL). Casilla de Correo 291 (3400) Corrientes -Argentina-

Durante las crecientes anuales y plurianuales, gran parte de las islas quedan sumergidas bajo el nivel de las aguas, incorporándose a la sección de escurrimiento. Ello provoca diferencias sustanciales en la escorrentía, que esencialmente dependen de: posición de las islas en el cauce; de su forma, tamaño y topografía; microrelieve y características edáficas; tipo de vegetación (herbácea, arbustiva, arbórea); estructura de la vegetación (densidad, altura, cobertura, persistencia). Tales características, estrechamente vinculadas, se relacionan además con la pendiente del canal y su descarga líquida.

La función de la vegetación durante las crecientes, ha sido señalada en la literatura (Fuschini Mejía, 1983) donde se destaca que la naturaleza y densidad de la cobertura vegetal en una cuenca hidrográfica, tiene marcada influencia sobre las características de las crecidas. Dicho autor señala que en suelos de similar constitución, un área con densa cobertura vegetal da volúmenes de crecidas y descargas máximas menores que otra con escasa o ninguna vegetación.

El obstáculo que representa la vegetación para el escurrimiento, determina que las ondas de crecida de la corriente principal sean más bajas y más largas, minimizando de tal modo sus efectos perjudiciales (García Nájera, 1962)

La atenuación del escurrimiento y retardo de las ondas de crecienta por la vegetación, se produce por varias causas. Se puede mencionar el frenado del flujo, la cohesión del sustrato por anclaje radicular, la protección del suelo por acumulación de materia orgánica, la mayor velocidad de infiltración.

En ríos con tramos de llanura hay una importante deficiencia de información, para introducir la influencia de la vegetación en modelos del escurrimiento durante las crecientes. La experiencia obtenida en ríos torrenciales o ensayos de laboratorio (García Nájera, *op. cit.*) no son aplicables a la interpretación de las crecidas en tramos de baja pendiente, densamente vegetados y con morfogénesis fluvial en constante remodelado (Patiño, 1985).

En el valle del Paraná existen variados tipos de bosque, pero se seleccionaron los alisales de *T. integrifolia*, pues colonizan islas ubicadas en la sección más activa del escurrimiento, permitiendo estudiar efectos contrastados de atenuación. El objeto de esta contribución es comentar la importancia de la disminución del flujo en islas inundables pobladas por bosques de *T. integrifolia*.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizaron transecciones en dos islas del río Paraná (fig. 1), atravesando bosques de distinta conformación (fig. 2).

Desde el centro del canal principal hacia las áreas centrales de las islas, se registraron los siguientes datos en sitios que mostraron cambios ostensibles en la estructura de la vegetación: profundidad del cauce (con escandallo); velocidad de la corriente (con micromolinetete); transparencia del agua (con disco de Secchi); tipo de vegetación, extensión y homogeneidad espacial; altura más frecuente de las plantas; separación entre plantas por el método de cuartos (Phillips, 1959). Se tomaron muestras de sedimentos suspendidos (con captador puntual instantáneo), cuya concentración se determinó mediante filtración con discos de membrana de  $0,45\mu$  de porosidad (Pedrozo y Orfeo, 1986).

En la isla Chouf (fig. 1), se extrajeron muestras de sedimentos depositados en superficie y subsuperficie, en sitios que reflejaron las variaciones de energía de la corriente por efecto de la vegetación. Sus características texturales se determinaron por métodos convencionales (Carver, 1971).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los bosques de aliso (*T. integrifolia*) por su cobertura, homogeneidad espacial y elevada densidad, generan una importante intercepción del escurrimiento que puede ser asumida como

**rugosidad biológica**, por retardar el flujo superficial y disminuir la capacidad de transporte.

La magnitud de estos efectos depende principalmente de la abundancia y tamaño de las plantas y de su distribución en la sección de escurrimiento. Tales bosques generan una importante reducción del coeficiente de erodabilidad en las islas, favoreciendo la acreción progresiva del suelo.

El proceso de atenuación del escurrimiento fluvial por la vegetación se manifiesta en turbulencia. Este efecto corresponde al coeficiente de rugosidad que introduce la ecuación de Chezy y Manning:

$$q = 1/n \ AR^{2/3} \ I^{1/2}$$

donde:  $q$  = caudal ( $m^3/s$ );  $A$  = área de la sección transversal ( $m^2$ );  $R$  = radio hidráulico;  $I$  = pendiente de la superficie del agua;  $n$  = coeficiente de rugosidad.

La valoración del coeficiente  $n$  en ríos como el Paraná, con variaciones espaciales y temporales marcadas, resulta muy compleja, pues la duración de las crecidas también influye en la estructura de la vegetación (Neiff *et al.*, 1985). El valor promedio de  $n$  para corrientes naturales es de 0,035, lo que significa que errores absolutos de 0,01 en su determinación pueden generar errores del 30% en la estimación del caudal o velocidad. Ello destaca la necesidad de realizar estimaciones *in situ* del valor de  $n$  para distintos puntos del valle en función de la geomorfología.

Se menciona una relación entre el coeficiente  $n$  con el producto de la velocidad media del flujo por el radio hidráulico de una sección, la cual es característica de la vegetación e independiente de la forma y pendiente del canal de escurrimiento (Ven Te Chow, 1983).

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer un **grado de retardo** en categorías que van desde muy alto a muy bajo. El mismo es función del tipo de vegetación, su condición de crecimiento y cantidad (expresada como densidad numérica). Dicha

relación es experimental, y surge de numerosas mediciones realizadas en distintos cursos fluviales.

Habitualmente la función puede representarse en escala doble logarítmica, lo que permite uniformizar la distribución estadística de las observaciones. A manera de ensayo se presenta la fig. 3, con la información obtenida en bosques de aliso.

En el área estudiada se produjeron gradientes de disminución de velocidad de escurrimiento desde el centro del curso principal hacia el centro de las islas. Las variaciones granométricas de los sedimentos superficiales reflejan cambios atribuibles a la energía del agente de transporte y depositación (Sahu, 1964).

Aguas abajo del bosque de aliso de la isla Chouf (fig. 4) los sedimentos fueron arenosos con buen grado de selección (tabla 2). La fracción más frecuente fue arena fina (250-125  $\mu$ ) dispuesta en estratificación horizontal planar. En depósitos protegidos por albardones, la secuencia culmina en superficie con la fracción limo.

En el sector más alto de la isla se realizó un muestreo subsuperficial, hasta alcanzar el nivel freático. Se aprecia una secuencia ligeramente granodecreciente (de arena fina a muy fina) hacia la superficie, y menor selección (de buena a moderada) en el mismo sentido. Asimetría y curtosis no muestran tendencias definidas.

La distribución media de los sedimentos estudiados corresponde a arena fina en la mayoría de los casos. Por su ubicación en el terreno, se admite que en gran medida ello es consecuencia de la vegetación, que intercepta el escurrimiento y disminuye su capacidad de carga.

En bosques de aliso ubicados en las áreas centrales de las islas (con densidad de 20-30 plantas/m<sup>2</sup>), la velocidad de la corriente fue diez veces menor que en sitios similares (profundidad, pendiente) de la periferia no vegetada (tabla 1 y fig. 3). Tales valores de atenuación son superiores a los obtenidos en

condiciones experimentales (García Nájera, *op.cit.*) donde el coeficiente de erodabilidad disminuye proporcionalmente al cuadrado de la disminución de velocidad.

Los bosques de aliso de río tienen una considerable acción protectora de bancos e islas hasta la profundidad que exploran las raíces (1 a 3 m) (Neiff, *et al.*, 1987), lo cual deberá contemplarse en modelos que expliquen la dinámica hidrosedimentológica de ríos como el Paraná en tramos de llanura.

## BIBLIOGRAFIA

- Carver, R., 1971. *Procedures in sedimentary petrology*. Wiley Interscience, 653 p.
- Fuschini Mejía, M., 1983. Elementos para el análisis de la hidrología de las regiones tropicales húmedas alteradas. Ses. Cient. Dr. A. Sánchez Díaz, Acad. Nac. Cienc. Ex., Fís. y Nat., Buenos Aires, 72p.
- García Nájera, J., 1962. Influencia de la vegetación en las riadas. *Rev. Invest. Forest.*, Buenos Aires, III(1): 35-40.
- Miall, A., 1982. *Analysis of fluvial depositional systems*. AAPG, Education Course Note Series N° 20, Tulsa, 75 p.
- Neiff, J.J.; H.J. Reboratti; M. Gorleri y M. Basualdo, 1985. Impacto de las crecientes extraordinarias sobre los bosques fluviales del Bajo Paraguay. *Bol. Com. Espec. Río Bermejo, Cámara de Diputados de la Nación*, Buenos Aires, 4:13-30.
- Neiff, J.J.; C.A. Patiño y O. Orfeo, 1987. Pautas para el manejo de plataformas y taludes en áreas inundables. Serie Técnica CECOAL (Corrientes, Argentina, ISSN N° 0327-0459) N°2, 54 p. y figs.
- Patiño, C., 1985. Sinópsis edáfica de alisales de *Tessaria integrifolia* en la cuenca inferior de los ríos Bermejo y Paraguay. *FAO TCP/4401/E, Inf. Técn.*, 22 p.
- Pedrozo, F. y O. Orfeo, 1986. Evaluación de sólidos suspendidos en algunos ríos del Noreste argentino. *Rev. As. Arg. Min. Pet. y Sedim.*, 17(1-4): 61-66.
- Phillips, E., 1959. *Methods of vegetation study*. Holt, Rinehart y Nnston, Inc.
- Sahu, B., 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastics sediments. *Journ. Sed. Petrol.*, 34(1): 73-84.
- Ven Te Chow, 1983. *Hidráulica de los canales abiertos*, Cap. VII: Diseño de canales para flujo uniforme. Ed. Diana, Mexico.

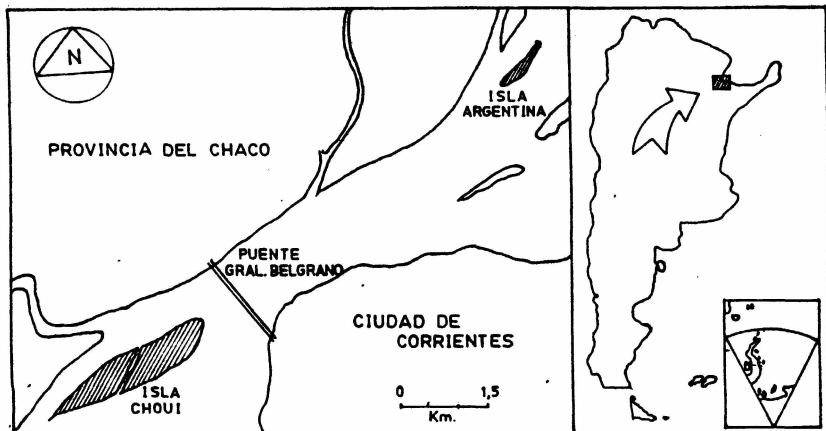


Figura 1: MAPA DE UBICACION

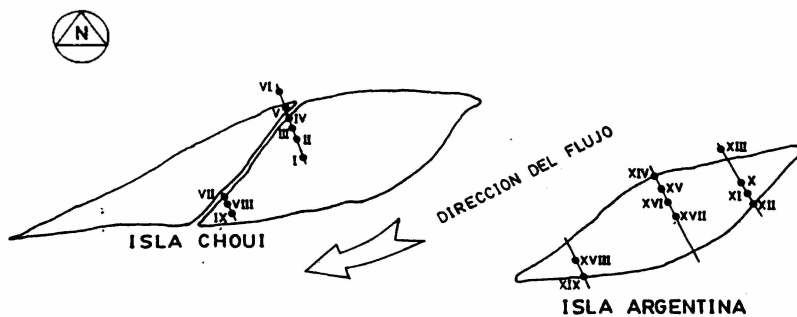


Figura 2: UBICACION ESQUEMATICA DE LOS SITIOS DE MUESTREO SEÑALADOS EN LA TABLA 1

**Fig. 3:** RELACIONES HIDRODINAMICAS DEL COEFICIENTE DE RETARDO EN BOSQUES DE *Tessaria integrifolia*.

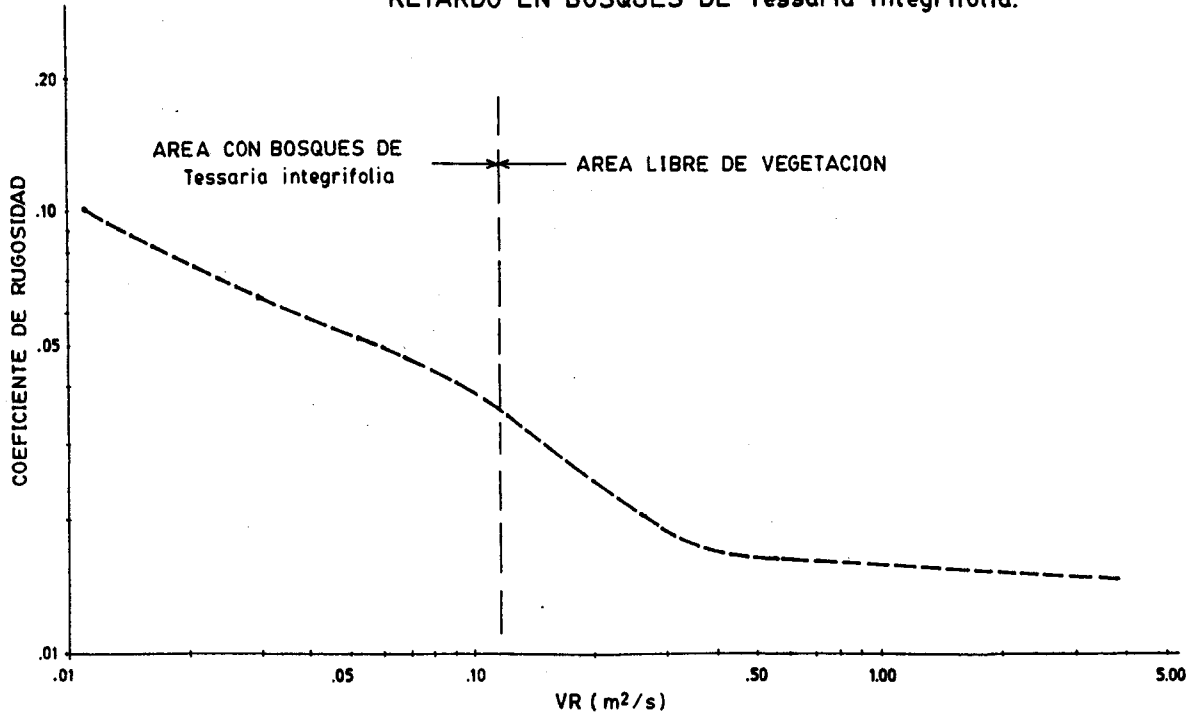




Tabla 1: CARACTERISTICAS DE LOS AMBIENTES ESTUDIADOS EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO I a XIX (cf. Fig. 2).

Ubicación	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
I	0,90	0,05	0,03	183	5	A	2,5	0,18	1-2	300.000
II	1,20	0,02	0,02	210	4,5	A	1-2	0,20	1-2	250.000
III	0,21	0,06	0,04	297	5,5	A	2-3	0,30	2-3	111.111
IV	0,75	0,33	0,31	369	6	B				
V	1,22	0,42	0,44	449	5	B				
VI	1,55	1,01	0,99	538	4	B				
VII	0,80	0,12	0,10	320	6,5	A	3-5	0,40	4-6	62.500
VIII	0,35	0,06	0,04	349	6	A	7-8	0,75	5-7	17.777
IX	0,57	0,03	0,03	351	6	A	7-8	0,75	5-7	17.777
X	1,25	0,07	0,05	2	19	A				
XI	0,95	0,07	0,05	16,5	11,5	A	3,5-4	0,5-0,8	1-3	40.000 a 15.625
XII	1,12	0,49	0,35	35,2	9,5	A				
XIII	1,48	0,86	0,52	3,95	15	B				
XIV	1,17	0,05	0,03	2,3	19,5	A	4	0,7-1,0	3	20.400 a 10.000
XV	0,99	0,05	0,02	0,5	20	A	5,5-6	0,3-0,5	3-5	111.111 a 40.000
XVI	1,19	0,07	0,05	0,5	20	A	5	0,3-0,5	5-7	111.111 a 40.000
XVII	1,24	0,08	0,07	0,8	20	A	5	0,3-0,5	5	111.111 a 40.000
XVIII	1,26	0,17	0,12	6,2	12	B				
XIX	1,27	0,33	0,31	8,9	12	B				

- Referencias:
- (1) Profundidad máxima (m)
  - (2) Velocidad de la corriente a 20 cm de profundidad(m/s)
  - (3) Velocidad de la corriente a 40 cm de profundidad(m/s)
  - (4) Concentración de sólidos suspendidos (mg/l)
  - (5) Transparencia por lectura del disco de Secchi (cm)
  - (6) Unidad de vegetación
  - (7) Altura de las plantas (m)
  - (8) Distancia entre plantas (m)
  - (9) Diámetro de los tallos (cm)
  - (10) Densidad de la vegetación (ind/ha)
  - (A) Bosque de T. integrifolia
  - (B) Sin vegetación

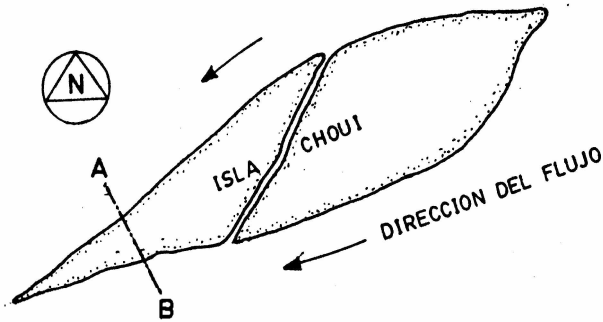
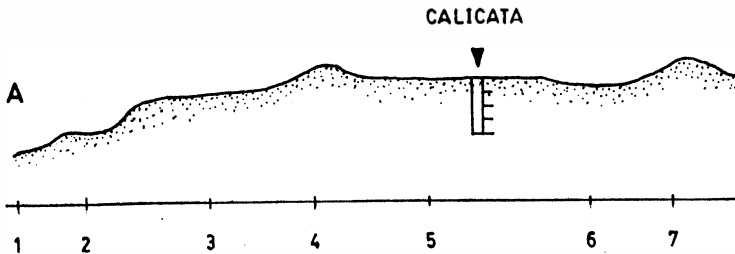
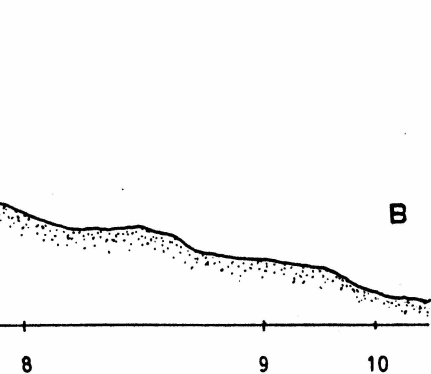


FIG. 4 :



**PERFIL ESQUEMATICO DE LA ISLA CHOUI. Ubicación de los sitios de muestreos sedimentológicos señalado en la tabla 2.**

**Tabla 2: PARAMETROS TEXTURALES DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES Y SUBSUPERFICIALES DE LA ISLA CHOUÏ (cf. Fig. 4)**

MUESTRA N°	TAMARO MEDIO GRADO PHI	DESVIACION STANDARD	ASIMETRIA	CURTOSIS
1	3,46 (2)	0,88 (3)	0,34 (3)	1,39 (2)
2	2,62 (1)	0,32 (5)	0,07 (1)	1,25 (2)
3	2,86 (1)	0,64 (3)	0,37 (3)	1,31 (2)
4	2,95 (1)	0,42 (4)	0,35 (3)	1,22 (2)
5	2,93 (1)	0,43 (4)	0,26 (2)	1,08 (1)
6	4,27 (3)	2,18 (1)	0,33 (3)	1,84 (3)
7	2,69 (1)	0,38 (4)	0,20 (2)	1,62 (3)
8	3,22 (2)	1,20 (2)	0,15 (2)	1,36 (2)
9	3,18 (2)	0,98 (3)	0,60 (3)	1,59 (3)
10	2,81 (1)	0,50 (3)	0,26 (2)	1,47 (2)
C/4 (20cm)	3,49 (2)	0,77 (3)	0,27 (2)	2,35 (3)
C/3 (40cm)	3,25 (2)	0,66 (3)	0,15 (2)	1,49 (2)
C/2 (60cm)	3,03 (2)	0,50 (3)	0,32 (3)	1,06 (1)
C/1 (80cm)	2,85 (1)	0,43 (4)	0,24 (2)	1,40 (2)

**REFERENCIAS:**

**TAMARO MEDIO**

- (1) arena fina
- (2) arena muy fina
- (3) limo

**ASIMETRIA**

- (1) casi simétrica
- (2) positiva
- (3) muy positiva

**DESVIACION STANDARD**

- (1) muy pobremente seleccionado
- (2) pobremente seleccionado
- (3) moderadamente seleccionado
- (4) bien seleccionado
- (5) muy bien seleccionado

**CURTOSIS**

- (1) mesocúrtica
- (2) leptocúrtica
- (3) muy leptocúrtica