



7^{mo}
Congreso de
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

EVOLUCIÓN DE LA MIGRACIÓN DEL ARROYO VALIZAS EN EL PERÍODO 1943-2006, DEPARTAMENTO DE ROCHA, URUGUAY

Lateral migration of Valizas stream in the period 1943-2006 in Rocha Department,
Uruguay

Gabriela Fernández Larrosa

Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental. Departamento de Geografía.

Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias, UdelaR

+589 2 5251552. gabyf@fcien.edu.uy

Palabras clave: Dinámica fluvial, SIG, Cambio Global, Cambios en el paisaje

Keywords: Fluvial dynamics, GIS, Global Change, landscape dynamics.

Título Abreviado: Migración fluvial

ABSTRACT

This investigation was focused on the coastal plain of Valizas stream located in the basin of Castillos Lagoon in Rocha Department in Eastern Uruguay. Valizas town (356 inhabitants) is located on the left bank of the stream mouth and is seated between dune ridges and wetlands. It is affected by tidal and fluvial erosion processes which have been accelerated in the recent years.

The aim of this study was to quantify lateral migration of Valizas stream and to analyze its fluvial tidal dynamics. The study was done using orthorectified aerophotogrametric mosaics for the considered period of time (1943/2006). The collected and generated information was analyzed using GIS tools.

The results showed that the annual global removal rate (AGRR) is 1.54 ha/year and the lateral migration rate (LMR) is 1 m/year.

In the last decade, increased removal processes along the entire stream were confirmed and three sites of maximum erosion processes were identified.

The complex dynamics of Valizas stream is influenced by slight changes in precipitation and winds regimes, which, in turn, affects the opening and closing dynamics of the sandbar at the stream mouth, causing flooding and falling houses.

RESUMEN

Este trabajo se desarrolló en la planicie costera del A° Valizas en la cuenca de la Laguna de Castillos (Rocha, Uruguay). En la margen izquierda de la desembocadura se emplaza la localidad urbana de Barra de Valizas (356 habitantes) que está asentada entre cordones dunares y humedales. Esta localidad está afectada por procesos de erosión fluvio mareal que se han acelerado en los últimos años.

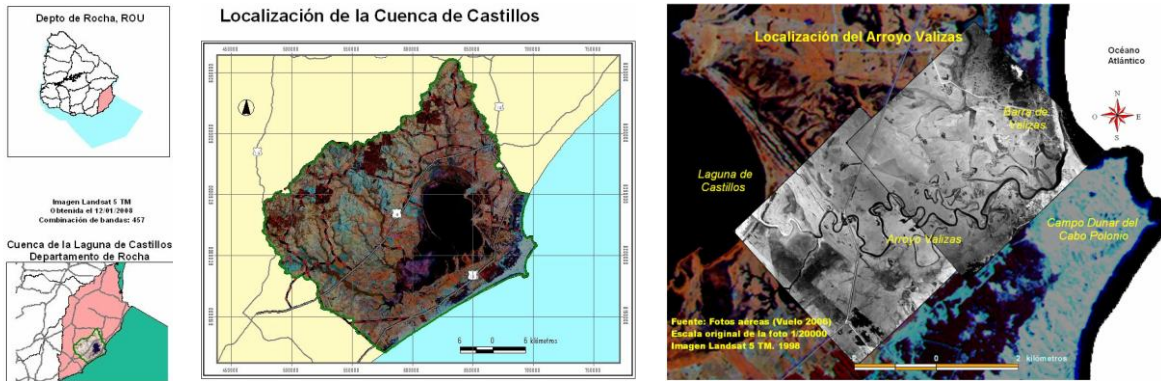
El objetivo de este trabajo es cuantificar la migración lateral del A°Valizas y analizar la dinámica fluvio mareal del curso. Se trabajó con mosaicos aéreo fotográficos ortorectificados correspondientes al periodo 1943/2006 y la información recopilada y generada se analiza aplicando herramientas SIG. Como resultados se obtuvo que la Tasa Global de Remoción Anual (TGRA) alcanza 1,54 has/año y el Rango de Migración Lateral (RML) es de 1 m/año. En la última década se verifica la intensificación de los procesos de remoción a lo largo de todo el curso y se localizan tres sectores de máxima erosión.

La compleja dinámica fluvial del A°Valizas es afectada por cambios leves en el régimen de precipitaciones y de vientos, que inciden en la dinámica de apertura y cierre de la barra arenosa ubicada en la desembocadura, provocando inundaciones y caídas de casas.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Rocha está ubicado al sureste de la República Oriental del Uruguay, entre los 33° 09' y 34° 48' de latitud sur y los 53° 21' y 54° 28' de longitud oeste, su extensión es de 10551 km², es una región compleja donde se desarrollan variados paisajes como sierras, lomadas, llanuras y lagunas costeras (Achkar *et al.*, 2004).

La cuenca de la Laguna de Castillos (1205 km²) se localiza al SE del departamento de Rocha que integra el sistema lacunar costero el cual se asocia a extensos humedales que forman parte del Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este (PROBIDES). Al interior de la Laguna de Castillos (80 km²) la salinidad varía a lo largo del año, producto del intercambio entre los aportes de agua dulce provenientes de la densa red fluvial que conforma la cuenca y del agua salobre proveniente del mar que ingresa a la laguna a través de un canal fluvial de 16,234 km de largo que recibe el nombre de A° Valizas



Arriba izquierda: Uruguay. Debajo izquierda: Depto. de Rocha. Centro: Cuenca de la Laguna de Castillos. Derecha: Arroyo Valizas

Figura 1. Ubicación del área de estudio

Figure 1. Location of the study area

El sistema ambiental de la Cuenca de la Laguna de Castillos se caracteriza por la compleja dinámica propia de una zona de interfase litoral, donde la planicie, el arroyo y la barrera arenosa localizada en costa, amortiguan el efecto del oleaje y las mareas, mientras que al interior de la planicie, los humedales y canales secundarios regulan el flujo excedente proveniente de la cuenca en eventos de crecida. Las variaciones del nivel de agua en la laguna como las fluctuaciones de la salinidad, permiten que se desarrollen complejos ecosistemas en una pequeña extensión (Chebatarrof, 1952, 1973; Dirección de Suelos y Fertilizantes (DSF), 1976, 1979; Del Puerto, 1969, 1987; Azpiroz, 1997; Jorcin, 1999).

En la cuenca alta de la Laguna de Castillos, se localizan suelos profundos (Brunosoles) y poco profundos (Litosoles) de fertilidad media; mientras que en las planicies medias los suelos son profundos de drenaje moderado a lento (Planosoles), que se intercalan con suelos hidromórficos (Gleysoles) y halomórficos (Solnetz) y en la costera se localizan Gleysoles y Arenosoles (DSF, 1976, ver Anexo I- Descripción de Suelos).

El clima en la región, es subtropical húmedo con variaciones estacionales de temperatura y riesgo de sequía prolongada debido a la variabilidad de las precipitaciones (Corsi, 1978, en Berreta, 2002). La temperatura media anual es de 16,4 °C, la media del mes más cálido (Enero) 22 °C y la media del mes más frío (Julio) 10 °C. La precipitación media anual es de 1227 mm, con registros máximos en marzo (123 mm) y mínimos en diciembre (73 mm) con episodios de déficit hídricos entre los meses de Noviembre a Abril (Castaño *et al.*, 2011). Otro componente climático importante en la costa, es la intensidad y dirección del viento. En la zona de estudio predominan vientos provenientes del cuadrante Este, cálidos y húmedos (NE al SE) y los provenientes del cuadrante Sur, fríos y secos (SW al S), asociados al pasaje de frentes fríos; estos últimos inciden en la movilidad del campo dunar costero afectando el balance sedimentario en los arcos de playa y en el sistema dunar próximos a la desembocadura del A° Valizas (Piñeiro & Panario, 1993; 1997; Rodríguez Gallego, 2000; Gutiérrez, 2010).

El A°Valizas discurre por una planicie baja, de cota inferior a 5 m snm, que esta formada con depósitos actuales, datados en menos de 5000 años AP (Bracco, 1995; Bracco & Ures, 1997), donde se evidencian registros de transgresiones recientes. Estos depósitos dieron origen a una planicie mareal, la cual fue retrabajada al entallarse el A°Valizas (Castañeira *et al.*, 1995, 1997). Los fechados realizados en la planicie permiten inferir que el curso fluvial es posterior al 3000 AP (Bracco, *op cit.*), periodo en el cual ha migrado lateralmente que han dado origen a estructuras de paleocanales, lagunas y meandros abandonados (Instituto de Investigaciones Históricas y Laboratorio de Zoología, 1955; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE), 2011; Servicio

Geográfico Militar (SGM), 1967; Servicio de Sensores Remotos de Fuerza Aérea Uruguay (SSRFAU), 2006).

La localidad de Barra de Valizas surge como una comunidad de pescadores artesanales dedicados fundamentalmente a la pesca de Cazón (*Galeorhinus galeus*) y de (Corvina *Pogonias cromis*) entre otras variedades, pero con el tiempo se ha transformado en un balneario alternativo, que recibe durante el verano a cientos de visitantes (Ministerio de Turismo y Deporte (MINTURD)). La pesca al interior del A° Valizas se vincula con los ciclos anuales de apertura y cierre de la barra arenosa en la desembocadura, como ocurre con el Camarón Rosado (*Penaeus paulensis*) que ingresan en fase larvaria completando su desarrollo en las aguas de la Laguna de Castillos (Norbis, 2000).

Entre la Laguna de Castillos y la costa, se establece cambios de dirección del flujo del arroyo. Cuando la barra arenosa está abierta y las condiciones locales lo permiten (vientos, mareas) hay ingreso de agua salada a la Laguna, mientras que durante el cierre de la barra, el efecto combinado del escurrimiento de las precipitaciones hacia la laguna y el represamiento natural provocado por la barra arenosa provoca el aumento del nivel de agua tanto en la laguna como en el arroyo, con la aparición de zonas anegadas. En las zonas próximas a la costa y especialmente en la margen izquierda del arroyo, el aumento del nivel del pelo de agua provoca la caída de viviendas ubicadas en la franja costera (Fernández, 2011).

Existen antecedentes de estudios realizados en la cuenca y en la Laguna, que evalúan recursos de flora y fauna, pero no existen antecedentes sobre la dinámica fluvial del A°

Valizas. En este trabajo se cuantifica la migración lateral y se localizan a lo largo del curso las zonas de mayor erosión.

METODOLOGÍA

Se trabaja con cuatro mosaicos ortogonalizados y georreferenciados, elaborados por el Departamento de Geomática del Instituto de Agrimensura (Podestá & Gavirondo, 2006). Los mosaicos se elaboran a partir de fotos aéreas correspondientes a vuelos realizados durante 1943, 1967, 1998 y 2006. A partir de los cuales se digitaliza el canal fuvial a escala 1/2000 obteniéndose cuatro coberturas vectoriales (Pacheco & Suárez, 2004; Gilvear & Byant, 2003; Hughes *et al.*, 2006). Para obtener las superficies removidas de las márgenes entre cada periodo, se interceptan entre sí, obteniéndose tres series con un total de 165 polígonos. Para calcular el RML, se aplica el método Micheli (Micheli, 2000, en Constantine *et al.*, 2009).

$$RML = \text{Área del polígono} / (1/2 \text{ del perímetro del polígono} \times \text{número de años}) = m/año$$

Se comparan las series mediante la aplicación de una ANOVA y test de contrastes Post-hoc (Test de Tukey, 1953 y Scheffé, 1959), para un nivel de confianza del 95% (alfa (α) = 0.05). Como segundo paso, a partir de la operatividad del SIG especialmente diseñado para este trabajo se realiza un análisis de Cluster Jerárquico (Johnson, 2000 y Zavala, 1986, en Sosa *et al.*, 2006; Maestre *et al.*, 2008), que permite localizar y analizar el comportamiento espacial de los RML a lo largo de todo el curso,

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presenta la superficie total removida de las márgenes con 97 has (970482 m²) entre 1943/2006, con una Tasa Global de Remoción Anual de 1.54 ha/año. Durante el período 1943/2006, el proceso erosivo a lo largo del canal, provoca la removilización del 66% de los materiales (aprox. 63.70 ha), con una Tasa Global de Erosión Anual de aprox. 1 ha/año (10112 m²/63 años), mientras que el proceso de acreción alcanza una Tasa Global de Acreción Anual aproximada de 0.5 has/año (5292 m²/63 años).

Tabla 1. Superficies Removidas por procesos de Acreción/Erosión

Table 1. Removed surfaces by accretion/erosion processes

Periodos	Acreción (m ²)	TAA* (m ² /año)	Erosión (m ²)	TEA** (m ² /año)	Total (m ²)	% Acreción	% Erosión
1943/1967	115870	0.48	213728	0.89	329599	35	65
1967/1998	72395	0.23	279774	0.90	352169	20	79
1998/2006	145163	1.81	143552	1.79	288715	50	50
Total	333428		637054		970482	34	66

* TAA (Tasa de Acreción Anual)= Superficie de los polígonos originados producto de la acreción/N^o de años entre periodos

** TEA (Tasa de Erosión Anual) = Superficie de los polígonos originados producto de la erosión/N^o de años entre periodos

En la Tabla 2, se presentan los Rangos de Migración Lateral (RML) para cada corte temporal (Ver Anexo II), donde se observa que durante 1943/1998 los procesos de acreción y erosión presentan rangos inferiores a 0,5 m/año y apartir de 1998 los rangos

se incrementan a 1 m/año. Como resultado se evidencia el ensanche del canal en 22 m promedio entre 1943/2006, donde se indentifica un máximo entre 1967/1998 de 13 m promedio.

Tabla 2. Rangos de Migración Lateral (m/año)

Table 2. Lateral migration ranges (m/y)

Períodos	Nº de años	RML Acreción (m/año)	RML Erosión (m/año)
1943/1967	24	0.38	0.45
1967/1998	31	0.25	0.37
1998/2006	8	1.08	1.05

RML: Rangos de Migración Lateral

RML= Superficie del polígono/(1/2 perímetro X Nº años considerados)

El ensanchamiento responde a múltiples causas, como un posible al aumento en el volumen de precipitaciones en la cuenca de la Laguna de Castillos y/ó al incremento en el ingreso de agua proveniente del mar y/ó por aumento del escurrimiento debido a cambios en el uso del suelo que modifican el balance hídrico en el suelo (Céspedes *et al.*, 2009).

En la Tabla 3, se presentan el resultado de la comparación entre series de RML, aplicando un análisis de varianzas (ANOVA), para un nivel de confianza del 95%, mediante los cuales se analiza el comportamiento de los RML entre períodos, según el proceso que da origen al polígono.

Tabla 3. Resumen de la comparación de Rangos de Migración Lateral (RML)**Table 3.** Summary comparison of lateral migration ranges (LMR)

Comportamiento entre Series de RML	Periodo	Método Ln(RML)	Resultado (nivel confianza de 95%)
RML Acreción/RML Erosión	1943/2006	ANOVA ($\alpha = 0.05$)	Los RML presentan diferencias significativas
RML Acreción/RML Erosión entre periodos	1943/1965 1965/1998 1998/2006	ANOVA ($\alpha = 0.05$), Test de Tukey y Scheffé	Entre periodos los RML presentan diferencias significativas
RML Acreción/RML Erosión según el proceso de origen	1943/1965 1965/1998 1998/2006	ANOVA ($\alpha = 0.05$), Test de Tukey y Scheffé	RML en función del proceso que los origina presentan diferencias significativas.
RML Erosión entre márgenes (Derecha/Izquierda)	1943/1965 1965/1998 1998/2006	ANOVA ($\alpha = 0.05$)	El comportamiento de los RML entre las márgenes no presenta diferencias significativas.

En el periodo 1943/2006 los RML (erosión) fueron superiores a los RML (acreción), hecho que se manifiesta en el ensanchamiento del canal e indica mayor nivel de energía en el sistema fluvial. Las características litológicas de la planicie del A°Valizas

favorecen la migración lateral ya que el sustrato está formado por depósitos arenosos poco consolidados y suelos poco profundos (Preciozzi, *et al.*1985), asociados a depósitos de materiales arcillosos con presencia de humedales.

Como resultado de la comparación de la acreción/erosión entre periodos, se distinguen dos periodos claros, antes y después de 1998, con un incremento en la remoción de materiales. El incremento del movimiento lateral del curso, puede responder a diversos factores; entre los cuales, el incremento del caudal del A°Valizas, que podría explicar la aceleración de la migración lateral. Pero no existen registros ya que este curso no esta aforado lo que obliga a buscar procedimientos indirectos, como es el estudio de la evolución de las precipitaciones en la cuenca entre 1941/2009, que permitan confirmar o rechazar la hipótesis sobre el incremento del caudal.

Como producto de la comparación de los RML en función del origen, se reafirma la intensificación de ambos procesos de removilización en el último período (1998/2006), por lo que se infiere que el curso se ha estabilizado en un nuevo nivel de energía.

Al comparar el proceso erosivo en función de las márgenes, se observa que ambas márgenes son sensibles al proceso de erosión y no muestran diferencias de comportamiento a nivel estadístico.

A lo largo del A°Valizas se identifica mediante el análisis de Cluster un patrón espacial de distribución de la erosión, localizándose tres sectores de máxima erosión.

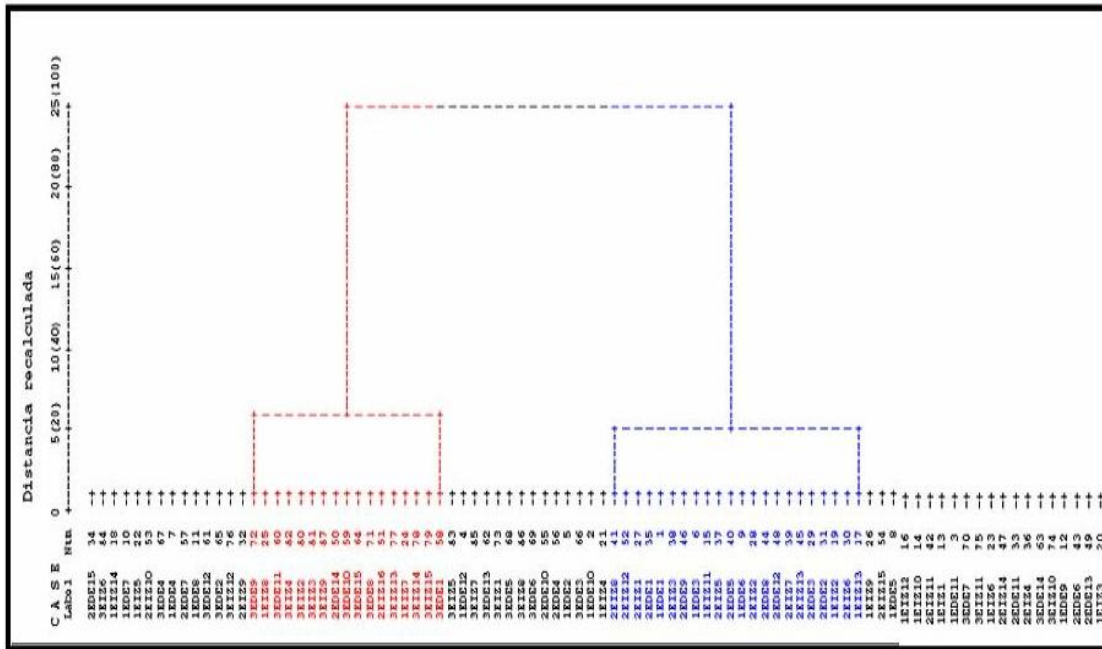


Figura 2. Dendrograma (Método de Ward)

Figure 2. Dendrogram (Ward's method)

Los resultados obtenidos del análisis de cluster y su ubicación a lo largo del curso se presentan en la Tabla 4, donde reconocen diversas unidades de paisaje en las áreas aledañas al curso, que responden a diversos factores (litológicos, hidrológicos, entre otros). Se identifican tres sectores a lo largo del canal donde con máximos niveles de erosión. Producto de la caracterización de los sectores, se observa existen diferencias granulométricas de los sedimentos, variados grupos de suelos, y diversidad de especies vegetales, que modifican la geometría del canal, dando origen a diferentes estructuras de origen fluvial.

Tabla 4. Resultados del Análisis Jerárquico de Cluster de los RML**Table 4.** Results of Hierarchical Cluster Analysis of LMR

Sector	Polígonos*	RML	Características
A	3EIZ4	0.61	Nacientes del A ^o Valizas
	3EIZ2	0.92	Se localiza próximo a la Laguna de Castillos, sobre sedimentos arcillosos
	3EIZ3	0.94	
	3EDE1	1.13	Índice de sinuosidad de 1.70 (Leopold, 1973), se generan entre 1998/2006.
B	3EDE11	0.62	Sector medio del canal
	1EIZ8	0.63	
	3EDE9	0.65	Se localiza en el curso medio, sobre una planicie, con microrelieves con presencia de meandros activos, abandonados, lagunas aisladas, point bars.
	3EDE8	0.75	
	1EIZ7	0.75	Índice de sinuosidad de 2.09, se generan entre 1943/1967 y 1998/2006.
	3EDE10	0.82	
	3EIZ9	0.98	
C	2EIZ16	0.76	
	3EIZ13	0.76	Se localiza en la desembocadura del A ^o Valizas
	3EDE15	0.82	Índice de sinuosidad de 1,2 siendo la zona más rectilínea de todo el cauce, con valores que oscilan entre 0,70 a 3,0 m por año, siendo el sector de mayor movilidad la dinámica es fluvio-marina es máxima.
	2EDE14	0.88	
	3EIZ14	2.70	
	3EIZ15	3.03	

*Código compuesto- Ejemplo 3EDE10: Periodo 3, erosión derecha EDE, punto 10 tomando como origen la Laguna de Castillos

Respecto a los sectores del canal con máxima erosión, se establece que en el Sector A, los procesos de removilización se han activado entre 1998/2000. En esta zona el canal se entalla en una depresión inundable de suelos de materiales muy cohesivos. El

proceso erosivo se explica por el efecto del oleaje sobre las márgenes del canal que provocan los botes a motor para el transporte de turistas desde el puente de la Ruta N° 10 al Monte de Ombués ubicados en los albardones de la Laguna de Castillos (Rodríguez Gallego, *op.cit.*).

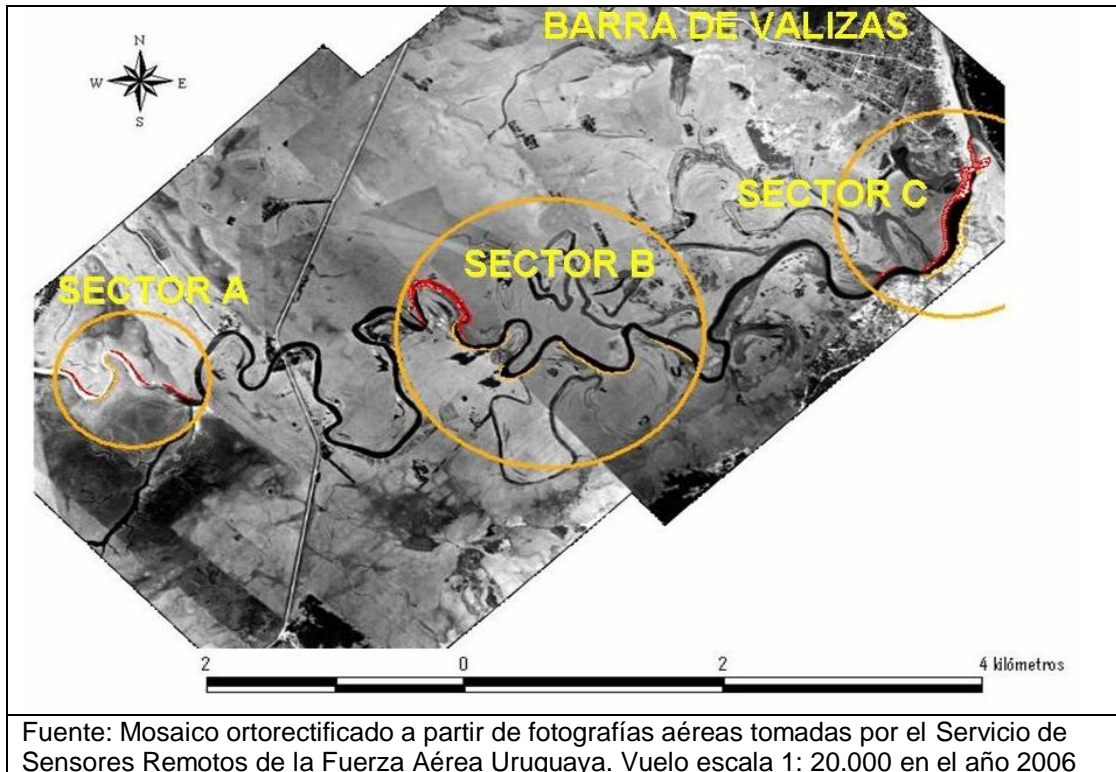


Figura 3. Localización de los Sectores con mayores RML por erosión.

Figure 3. Location of sectors with higher LMR erosion.

El Sector B coincide con el canal de mayor sinuosidad, donde se evidencian en el paisaje antiguos meandros abandonados; en esta se localizan materiales sedimentarios poco cohesivos (Panario y Gutiérrez, en prensa).

El sector C presenta características particulares, por ser la zona de contacto entre la costa y la laguna, y por los diferentes ecosistemas en de sus márgenes; en la margen derecha se localiza sistema dunar activo (Área Protegida de Cabo Polonio), en cambio

la margen izquierda presenta una planicie baja inundable, con antiguos canales (Toller, 1715, en Instituto de Investigaciones Históricas y Laboratorio de Zoología, 1955), asociados a un cordón dunar de menor altura; donde se emplaza la localidad de Barra de Valizas. En la desembocadura se forma una barrera arenosa semipermanente que permanece abierta durante los meses de Abril a Noviembre y se tiende a cerrarse en los meses de diciembre a marzo, modificando el nivel del caudal del arroyo, provocando inundaciones durante el otoño (Fernández, *op cit.*).

Factores externos e internos a la cuenca afectan el regimen de caudal del arroyo, el incremento del nivel de caudal se debe al aumento del volumen de precipitaciones entre 1998/2006 y/o a episodios de eventos extremos de precipitación (IPCC, 1996), que afectan excepcionalmente a la cuenca del A°Valizas pero no modifican el regimen de las precipitaciones a lo largo de una serie climática. Otro factor interno, responde a modificaciones al balance hídrico del suelo, que afectan los procesos de infiltración/escurrimiento debido los cambios de usos del suelo que se registran en la cuenca desde 1998 (Céspedes, *op.cit.*).

El aumento de caudal responde al incremento de los aportes provenientes del mar, producto de: a) la intensificación de eventos de tormenta de componente meridional que eleva el nivel del mar, b) a cambios en la dirección del oleaje respecto a la costa que puedan afectar la dinámica de apertura y cierra de la barrera arenosa del Valizas, c) la reducción de los aportes de sedimentos arenosos que se movilizan dentro de la zona litoral activa (De Álava *et al.*, 1992) que son transportados por el viento y por la corriente de deriva litoral, retardando el cierre de la barrera arenosa (Gutiérrez, *op.cit.*).

CONCLUSIONES

En este último período los procesos de acreción/erosión duplicaron sus áreas de incidencia y se puede afirmar que el arroyo se ajusta a nuevas condiciones de energía.

Los tres sectores a lo largo del A°Valizas, donde es mayor la intensidad de erosión, se diferencian por la sinuosidad y por presentar diferentes ambientes, y estar sobre diferentes materiales. Se destaca el Sector A, por ser una nueva zona erosiva y que se emplaza sobre materiales más consolidado; donde la regresión lateral responde a la intensificación del transporte fluvial. El Sector C es donde los RML son máximos, producto de la dinámica fluvio-marina, hace que este sector sea el que presenta mayor vulnerabilidad frente a eventos de alta energía, ya se ha desarrollado una urbanización de carácter permanente, impermeabilizando el suelo y fijando los campos de dunares.

Este trabajo abre nuevas líneas de investigación en la temática costera y fluvial, ya que es el primer trabajo que permite cuantificar el comportamiento a lo largo de un curso fluvial a nivel histórico y como no existe información de cursos fluviales similares en la región, es que no se puede concluir sobre el significado ambiental de los rangos de migración obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achkar M, Domínguez A & Pesce F. 2004. *Diagnóstico Socioambiental Participativo en Uruguay*. REDESAT. Programa Uruguay Sustentable. El Tomate Verde Ediciones. Montevideo: 157 p

- Azpiroz A. 1997. Aves del Uruguay. Lista, estatus y distribución. *Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este* (PROBIDES). Montevideo: 52 p
- Bracco R. 1995. Cronología de la Laguna de Castillos. Causas Geológicas del Paisaje Rochense. *Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este* (PROBIDES). Montevideo: 14-27
- Bracco R & Ures C. 1999. Ritmos y dinámica constructiva de las estructuras monticulares. Sector Sur de la Cuenca de la Laguna Merín, Uruguay. P 13-33 En: López J & Sans M. (Comps), *Arqueología y Bioantropología de las Tierras Bajas*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. UDELAR. Montevideo
- Castaño J, Jiménez A, Ceroni M, Furest J & Aunchayna R. 2011. Caracterización Agroclimática del Uruguay (1980/2009). Serie Técnica N° 193. Unidad de Agroclima y Sistemas de Información (GRAS) del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Montevideo: 40 p
- http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html
- Castiñeira C, Fernández G & Céspedes C. 2001. Procesos de formación del sitio Cráneo Marcado en el litoral de la Laguna de Castillos (Rocha, Uruguay). Una aproximación interdisciplinaria para su reconstrucción paleoambiental. *Arqueología Uruguaya hacia el fin del milenio*, Montevideo, 1: 101-114.
- Céspedes C, Piñeiro G, Achkar M, Gutierrez O & Panario D. 2009. The irruption of new agro-industrial technology in Uruguay and their environmental impacts on soil, water supply and biodiversity: a review. *International Journal Environment and Health*, 3 (2): 175-197
- Chebataroff J. 1952. Vegetación de los suelos salinos. *Revista Uruguaya de Geografía*, 6: 71-100

- Chebataroff J. 1973. Introducción al estudio de los Ecosistemas de Bañados Salinos. *Revista Uruguaya de Geografía*, Segunda Serie, 2: 31-41
- Constantine CR. 2009. *Quantifying the connections between flow, bar deposition, and meander migration in large gravel-bed rivers*. Ph.D. Thesis, University of California, Santa Barbara: 191 p
- Corsi WC. 1978. Clima. En: Avances en Pasturas IV. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Böerger. *Miscelánea* 18: 255-256
- <http://www.pastizalesnaturales.com/congresos/5/conferencias/PRESENTACION%20Elbio%20Berreta.doc>
- De Álava D, Fernández G & Panario D. 1992. *Propuesta de Manejo para Área Protegida: Cabo Polonio –Monumento de Costa Oceánica – Cat. III, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), incluida en la Convención de Ramsar. Departamento de Rocha. Facultad de Ciencias. UDELAR. Montevideo: 120 p*
- Del Puerto O. 1969. Hierbas de Uruguay. *Nuestra Tierra*, Montevideo, 19: 69 p
- DSF (Dirección de Fertilizantes y Suelos). 1976. *Carta de Reconocimiento de Suelos. Clasificación de Suelos. Tomo III. Dirección de Fertilizantes y Suelos. Ministerio Agricultura y Pesca (MAP). Montevideo: 260 p*
- Fernández G. 2011. *Evolución del Arroyo Valizas. Periodo 1043-2006. Laguna de Castillos. Rocha. Uruguay. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias, UdelaR. Montevideo: 116 p*
- Gilvear D & Byan, R. 2003. Analysis of aerial photography and other remotely sensed data. P 135–170 En: Kondolf GM & Piegay H (Eds), *Tools in Fluvial Geomorphology*. Wiley, Chichester, UK

- Gutiérrez O. 2010. *Dinámica sedimentaria en la costa uruguaya: Evolución y tendencias de playas urbanas en el marco del cambio global*. Tesis de maestría en Ciencias Ambientales. UdelaR. Montevideo: 104 p
<http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/TesisOfeliaGutierrez.pdf>
- Hooke JM. 2007. Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river. *Geomorphology*, 84: 277-296
- Hughes M, McDowell P & Andrew W. 2006. Accuracy assessment of georectified aerial photographs: Implications for measuring lateral channel movement in a GIS. *Geomorphology*, 74 (1-4): 1-16
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales). 2011. Catálogo de Imágenes Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales- Brasil.
<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>
- Instituto de Investigaciones Históricas y Laboratorio de Zoología. 1955. Relatos de Viajes, Memorias y Autobiografía. Viaje de William Toller a la Banda Oriental y Río de la Plata en 1715. Tomo II. *Documentos para la historia de la República Oriental del Uruguay*. Facultad de Humanidades y Ciencias. UDELAR. Ejemplar N°182. Montevideo: 69 p, 20 láminas
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1996. *Climate Change. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change*. En: Barros V, Clarke R & Silva P (Eds). 2006. *El cambio climático en la Cuenca del Plata*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Buenos Aires: 232 p
- Johnson DE. 2000. *Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos*. Editores International Thomson. México. En: Sosa M, Galarza J, Lebgue T, Soto R & Puga S. 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la Región Árida del Estado de Chihuahua. *Ecología Aplicada*, México, 5 (1-2): 7 p

- Jorcin A. 1999. Temporal and spatial variability in the macrobenthic community along a salinity gradient in the Castillos lagoon (Uruguay). *Archive für Hydrobiologie*, 146: 369–384
- Maestre F T, Escudero A & Bonet A (Eds). 2008. *Introducción al Análisis Espacial de Datos en Ecología y Ciencias Ambientales. Métodos y Aplicaciones*. Dykinson, Madrid: 850 p
- Micheli E R. 2000. Quantifying the effects of riparian vegetation on river meander migration. Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley. En: Constantine C, Dunne T & Hanson G. 2009. Examining the physical meaning of the bank erosion coefficient used in meander migration modeling. *Geomorphology*, 106 (3-4): 242-252
- Norbis W, Fabiano G, Santana O & Garré J. 1989. Composición y estructura de la comunidad neotónica del ecosistema costero Laguna de Castillos - Arroyo de Valizas (Uruguay). *Primer Congreso Latinoamericano de Ecología*. Publicación Especial. N° 4, Montevideo: 71 p
- Norbis W. 2000. Estudios sobre la población de camarón rosado (*Penaeus paulensis*) en las lagunas costeras de la Reserva de Biosfera Bañados del Este. *Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este (PROBIDES)*. Montevideo: 48 p
- <http://www.probides.org.uy/publica/dt/DT28.pdf>
- Pacheco H & Suárez C. 2004. Mediciones Fotogramétricas para determinar variaciones de la posición de la línea de costa en el cordón litoral de la Laguna de Unare. *Acta Científica Venezolana*, Ciencias de la Tierra (Venezuela), 55: 97-106
- Panario D & Piñeiro G. 1997. Vulnerability of oceanic dune systems under wind pattern change scenarios in Uruguay. *Climatic Research*, Special Issues, 9(1-2): 67- 68

- Panario D & Gutiérrez O. (en prensa). Introducción a la geomorfología de lagunas costeras, lagos someros y charcas del Uruguay. En: García-Rodríguez F (Ed.) *El Holoceno en la zona costera del Uruguay*. Comisión Sectorial de Investigación Científica. Facultad de Ciencias, UdelaR Montevideo: 22 p
- Piñeiro G & Panario D. 1993. *Dinámica sedimentaria y geomorfológica de dunas y playas en Cabo Polonio, Rocha*. Unidad de Ciencias de Epigénesis, Facultad de Ciencias. Montevideo: 35 p
- Podestá L & Gavirondo M. 2006. Cuantificación de variaciones laterales de cursos de agua mediante fotogrametría digital. *XIV Jornadas de Jóvenes Investigadores de la AUGM*. Sensoramiento Remoto y Meteorología Aplicada/Medio Ambiente. Campinas. Departamento de Geomática. Facultad de Ingeniería. UdelaR. Montevideo: 10 p
- Preciozzi F, Spoturno J, Heinzen W & Rossi P. 1985. *Memoria explicativa de la carta geológica del Uruguay a escala 1/500.000*. Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE). Montevideo: 97 p
- PROBIDES (Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este). 1999. Plan Director. Reserva de Biosfera Bañados del Este/Uruguay. <http://www.probides.org.uy/publica/director.htm>
- Rodríguez Gallego L. 2000. *Descripción geomorfológica del Arroyo Valizas*. Monografía del Curso de Geomorfología. Facultad de Ciencias. Montevideo: 67 p
- SGM (Servicio Geográfico Militar). 1967. *Carta topográfica a escala 1/50.000*. Servicio Geográfico Militar, Uruguay.
- SSRFAU (Servicio de Sensores Remotos de la Fuerza Aérea Uruguaya). 2006. Vuelos aéreo fotográficos a escala 1/20.000. Servicio de Sensores Remotos de la Fuerza Aérea Uruguaya.

- Sosa M, Galarza J, Lebgue T, Soto R & Puga S. 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la Región Árida del Estado de Chihuahua. *Ecología Aplicada* (México), 5 (1-2): 7 p
- http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S17262162006000100007&script=sci_arttext

- Zavala H. 1986. Introducción al enfoque multivariado en estudios de vegetación. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa. En Sosa M, Galarza J, Lebgue T, Soto R & Puga S. 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la Región Árida del Estado de Chihuahua. *Ecología Aplicada* (México), 5 (1-2): 7
- http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-2162006000100007&script=sci_arttext

ANEXO I. Carta de Reconocimiento de Suelos**Tabla 5.** Descripción de Suelos localizados en la Cuenca de la Laguna de Castillos**Table 5.** Description of Soils located in the basin of the Castillos shallow lake

ORDEN	Gran Grupo	Descripción
ORDEN I Suelos Poco Desarrollados	Litsoles	Perfil tipo: A/R Horizonte A menor a 30 cm, contacto lítico a menos de 30 cm Texturas gruesas o finas CIC y saturación de bases puede ser alta o baja así como el porcentaje de materia orgánica. Uso actual es prácticamente pastoril, suelo de prioridad forestal
	Arenosoles	Perfil tipo A/R Textura arenosa o arenoso franco. Se desarrolla sobre arenas fluviales, marinas o lagunas de edad reciente. Son todas arenas con bajo proceso de edafización pero estabilizadas por vegetación natural como artificial. Usos Forestal y recreativo.
ORDEN II Suelos Melánicos	Brunosoles	Perfil tipo: A/Bt/Cca Suelos de color oscuro Alto contenido de materia orgánica Alta saturación de bases. Texturas medias a pesadas. Franco, Franco limoso, franco arcilloso Drenaje moderado a bueno
ORDEN III Suelos Saturado Lixiviados	Planosoles	Perfil tipo: A/Bt/C Suelos con gran diferencia textural resultado de procesos de lixiviación de arcillas. Un horizonte Argilúvico altamente desarrollado trae como consecuencia la aparición de hidromorfismos. El horizonte gley está a más de 120 cm. Presenta un horizonte Argilúvico de máximo desarrollo y poco permeable que origina napa colgada. Geomorfológicamente se presenta en zonas planas
ORDEN V Suelos Halomórficos	Solonetz	Perfil tipo: A/Bt/C Son suelos que han tenido o tienen alto contenido en sodio intercambiable. El horizonte A es claro, de poco espesor y pobremente estructurado. El horizonte B presenta acumulación de Arcilla. Todo el perfil presenta acumulación de sodio intercambiable o sólo en el horizonte B (Horizonte Nítrico)
ORDEN VI Suelos Hidromórficos	Gleysoles	Suelos sin horizonte Místico o si presentan es de poco espesor Pobremente drenados Napa freática está todo el año o puede descender en verano. Horizonte gley puede estar en todo el perfil es superficie o en el horizonte C

Extraído de la Carta de Reconocimiento de Suelos a escala 1/1000000. 1976.
Dirección de Suelos y Fertilizantes,

ANEXO II. Tablas de Rangos de Migración Lateral**Tabla 6.** Tabla de Rangos de Migración Lateral (1943/1967)**Table 6.** Table of Ranks Lateral Migration (1943/1967)

V.anual RML					V.anual RML				
ID	Periodo	Código*	(m ² /a)	(m/a)	ID	Periodo	Código	(m ² /a)	(m/a)
3	1	1ADE1	190	0.23	11	1	1AIZ8	144	0,40
4	1	1ADE10	83	0.29	1	1	1AIZ9	134	0.35
7	1	1ADE11	78	0.26	11	1	1EDE1	136	0.19
8	1	1ADE12	173	0.21	12	1	1EDE10	103	0.15
9	1	1ADE13	425	0.74	11	1	1EDE11	277	0.42
14	1	1ADE14	103	0.59	6	1	1EDE12	1307	1.27
7	1	1ADE2	205	0.19	11	1	1EDE2	139	0.16
5	1	1ADE3	99	0.15	7	1	1EDE3	69	0.22
7	1	1ADE4	122	0.27	12	1	1EDE4	968	0.51
10	1	1ADE5	46	0.29	4	1	1EDE5	154	0.44
10	1	1ADE6	233	0.41	13	1	1EDE6	176	0.28
12	1	1ADE7	347	0.60	10	1	1EDE7	246	0.48
9	1	1ADE8	144	0.23	1	1	1EDE8	250	0.52
13	1	1ADE9	75	0.17	1	1	1EDE9	332	0.39
13	1	1AIZ1	25	0.19	2	1	1EIZ1	467	0.41
15	1	1AIZ10	117	0.39	2	1	1EIZ10	296	0.41
9	1	1AIZ11	98	0.38	14	1	1EIZ11	104	0.24
3	1	1AIZ12	71	0.29	10	1	1EIZ12	727	0.45
6	1	1AIZ13	332	0.80	3	1	1EIZ13	162	0.30
16	1	1AIZ14	126	0.68	4	1	1EIZ14	315	0.59
17	1	1AIZ15	76	0.33	4	1	1EIZ2	184	0.30
12	1	1AIZ16	809	1.74	3	1	1EIZ3	594	0.37
8	1	1AIZ2	34	0.11	5	1	1EIZ4	50	0.13
1	1	1AIZ3	11	0.11	6	1	1EIZ5	357	0.47
8	1	1AIZ4	80	0.26	15	1	1EIZ6	135	0.34
8	1	1AIZ5	248	0.31	5	1	1EIZ7	486	0.75
9	1	1AIZ6	83	0.24	5	1	1EIZ8	542	0.63
14	1	1AIZ7	117	0.44	6	1	1EIZ9	325	0.44

* Código compuesto. 1ADE5- corresponde al Periodo (1, 2, 3), Proceso: Acrición (A)/Erosión (E), en la margen: Derecha (DE)/Izquierda (IZ), posición respecto a la Laguna (5)

Tabla 7. Tabla de Rangos de Migración Lateral (1967/1998)**Table 7.** Table of Ranks Lateral Migration (1967/1998)

V.anual RML					V.anual RML				
ID	Periodo	Código*	(m ² /a)	(m/a)	ID	Periodo	Código	(m ² /a)	(m/a)
1	2	2ADE1	295	0.18	15	2	2EDE15	62	0.56
15	2	2ADE10	665	0.91	2	2	2EDE2	50	0.29
2	2	2ADE2	83	0.16	3	2	2EDE3	240	0.29
3	2	2ADE3	63	0.27	4	2	2EDE4	118	0.17
6	2	2ADE4	147	0.19	5	2	2EDE5	337	0.26
7	2	2ADE5	125	0.31	6	2	2EDE6	251	0.38
8	2	2ADE6	144	0.27	7	2	2EDE7	399	0.51
9	2	2ADE7	93	0.26	8	2	2EDE8	240	0.31
10	2	2ADE8	62	0.18	9	2	2EDE9	209	0.22
13	2	2ADE9	174	0.17	1	2	2EIZ1	161	0.19
3	2	2AIZ1	67	0.12	10	2	2EIZ10	575	0.49
4	2	2AIZ2	35	0.18	11	2	2EIZ11	287	0.41
5	2	2AIZ3	74	0.27	12	2	2EIZ12	159	0.20
6	2	2AIZ4	48	0.14	13	2	2EIZ13	155	0.32
6	2	2AIZ5	55	0.22	14	2	2EIZ14	345	0.34
8	2	2AIZ6	107	0.28	15	2	2EIZ15	1286	0.44
9	2	2AIZ7	43	0.17	16	2	2EIZ16	623	0.76
10	2	2AIZ8	34	0.14	2	2	2EIZ2	161	0.27
11	2	2AIZ9	23	0.11	3	2	2EIZ3	63	0.22
1	2	2EDE1	179	0.19	4	2	2EIZ4	264	0.35
10	2	2EDE10	134	0.18	5	2	2EIZ5	80	0.26
11	2	2EDE11	111	0.35	6	2	2EIZ6	292	0.30
12	2	2EDE12	190	0.31	7	2	2EIZ7	384	0.31
13	2	2EDE13	296	0.38	8	2	2EIZ8	65	0.20
14	2	2EDE14	766	0.88	9	2	2EIZ9	542	0.65

* Código compuesto. 1ADE5- corresponde al Periodo (1, 2, 3), Proceso: Acreción (A)/Erosión (E), en la margen: Derecha (DE)/Izquierda (IZ), posición respecto a la Laguna (5)

Tabla 8. Tabla de Rangos de Migración Lateral (1998/2006)**Table 8.** Table of Ranks Lateral Migration (1998/2006)

V.anual RML					V.anual RML				
ID	Periodo	Código	(m ² /a)	(m/a)	ID	Periodo	Código	(m ² /a)	(m/a)
1	3	3ADE1	511	1.09	12	3	3EDE10	629	0.82
10	3	3ADE10	1.147	1.26	13	3	3EDE11	232	0.62
11	3	3ADE11	397	1.12	14	3	3EDE12	436	0.69
12	3	3ADE12	200	0.80	15	3	3EDE13	875	1.42
13	3	3ADE13	467	0.73	16	3	3EDE14	50	0.40
15	3	3ADE14	1.289	1.02	17	3	3EDE15	32	0.82
16	3	3ADE15	358	0.82	2	3	3EDE2	601	0.68
17	3	3ADE16	2.625	2.14	4	3	3EDE3	52	0.16
2	3	3ADE2	399	1.12	5	3	3EDE4	97	0.50
3	3	3ADE3	510	1.12	6	3	3EDE5	513	1.34
4	3	3ADE4	115	0.48	7	3	3EDE6	1367	1.71
5	3	3ADE5	637	1.42	8	3	3EDE7	97	0.42
6	3	3ADE6	314	0.44	9	3	3EDE8	580	0.81
7	3	3ADE7	113	1.46	11	3	3EDE9	375	0.65
8	3	3ADE8	1.243	1.25	1	3	3EIZ1	619	1.43
9	3	3ADE9	573	0.96	10	3	3EIZ10	323	0.40
1	3	3AIZ1	685	1.12	11	3	3EIZ11	208	0.43
10	3	3AIZ10	349	0.52	12	3	3EIZ12	1046	0.72
11	3	3AIZ11	463	1.50	13	3	3EIZ13	191	0.76
12	3	3AIZ12	1.698	1.79	14	3	3EIZ14	2877	2.70
13	3	3AIZ13	122	0.75	17	3	3EIZ15	1052	3.03
2	3	3AIZ2	358	0.48	2	3	3EIZ2	363	0.92
3	3	3AIZ3	108	0.29	3	3	3EIZ3	428	0.94
4	3	3AIZ4	666	1.00	4	3	3EIZ4	172	0.61
5	3	3AIZ5	1.171	1.25	5	3	3EIZ5	825	1.16
6	3	3AIZ6	112	0.37	6	3	3EIZ6	305	0.56
7	3	3AIZ7	641	1.08	7	3	3EIZ7	852	1.23
8	3	3AIZ8	366	0.75	8	3	3EIZ8	927	1.33
9	3	3AIZ9	507	0.85	9	3	3EIZ9	1152	0.98
1	3	3EDE1	668	1.13					

* Código compuesto. 1ADE5- corresponde al Periodo (1, 2, 3), Proceso: Acreeión (A)/Erosión (E), en la margen: Derecha (DE)/Izquierda (IZ), posición respecto a la Laguna (5)