

## **Vulnerabilidad ambiental en el área costera del Departamento de Rocha. Caso de Estudio Arroyo del Valizas (1943-2006). Rocha – Uruguay**

Fernandez Larrosa, G. (LDSGAT- FAC. CIENCIAS UDELAR)

### **RESUMO**

El objetivo es cuantificar la migración lateral del AºValizas y analizar la dinámica fluvio mareal para elaborar un modelo de vulnerabilidad ambiental para una costa baja inundable. Se obtuvo el Rango de Migración Lateral (RML) es de 1 m/año mediante la utilización de mosaicos aéreo fotográficos ortorectificados (1943/2006) y se trabaja en ambiente SIG. El AºValizas presenta un regimen estuarino, cuya dinámica depende de la apertura y cierre de la barra arenosa en la desembocadura.

### **PALAVRAS CHAVES**

*Dinámica Fluvial; Cambio Global; SIG*

### **ABSTRACT**

The aim of this work is to quantify the lateral migration of the Valizas stream and analyse its fluvial - tidal dynamics, building an environmental vulnerability model for a low flood shore. The lateral migration of the creek was set upon ORTORECTIFICADO air mosaic (1943/2006) and the information was GIS analysed. This method showed that the Lateral Migration Range (RML in spanish) is 1 m/year. The Valizas stream shows an stuarine regime, whose dynamics depends on the aperture and clousure of

### **KEYWORDS**

*Fluvial dynamics; GIS; Global Change*

### **INTRODUÇÃO**

La cuenca de la Laguna de Castillos (1205 km<sup>2</sup>) se localiza al SE del departamento de Rocha, integra el sistema lacunar costero asociado a humedales (Área Ramsar). Al interior de la Laguna de Castillos (80 km<sup>2</sup>) la salinidad varía a lo largo del año, producto del intercambio entre el escurrimiento fluvial y el flujo mareal que ingresa a la laguna a través del Aº Valizas (16,234 km) El sistema ambiental de la Laguna de Castillos se caracteriza por la dinámica de interfase litoral, donde la planicie, el arroyo y la barrera arenosa, amortiguan el efecto del oleaje y las mareas, mientras que al interior de la planicie, los humedales y canales secundarios regulan el flujo excedente en eventos de crecida (Chebatarrof, 1952, 1973; Azpiroz, 1997; Jorcin, 1999). Predominan vientos del cuadrante Este, cálidos y húmedos (NE al SE) y los vientos del cuadrante Sur, fríos y secos (SW al S), estos últimos inciden en la movilidad del sistema dunar costero y modifican el balance sedimentario en los arcos de playa y en el sistema dunar (Piñeiro & Panario, 1993; 1997; Rodríguez Gallego, 2000; Gutiérrez, 2010). El AºValizas discurre por una planicie baja (cota < 5 m), constituida por depósitos actuales de aproximadamente 5000 años AP (Bracco, 1995; Bracco & Ures, 1997), donde se evidencian registros de transgresiones recientes. Dando origen a una planicie mareal, retrabajada al entallarse el AºValizas (Castiñeira et al., 1995, 1997). El efecto combinado del escurrimiento hacia la laguna y el represamiento natural provocado por el cierre de la barra arenosa, provoca el aumento del nivel de agua en la laguna y en el arroyo. Como resultado se produce procesos de erosión costera y la caída de viviendas (Fernández, 2011). En este trabajo se cuantifica la migración lateral y se localizan a lo largo del curso las zonas de mayor erosión.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

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 fluvial 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 ( $\alpha$ ) = 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 E DISCUSSÃO

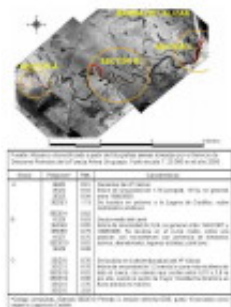
En la Tabla 1, se presentan los Rangos de Migración Lateral (RML) para cada corte temporal (1943/1998). Los procesos de acreción y erosión, a partir de 1998 se incrementan a 1 m/año. Como resultado se evidencia el incremento del canal en 22 m promedio entre 1943/2006. RML (Rangos de Migración Lateral) = Superficie del polígono / (1/2 perímetro  $\times$  Nº años considerados) 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. Como resultado de la comparación de la acreción/erosión entre periodos, se distinguen dos periodos, antes y después de 1998, con un incremento en la remoción de materiales. El incremento del movimiento lateral del curso, responde al incremento del caudal del AºValizas, que explica la aceleración de la migración lateral. Hecho que no se puede confirmar al no estar aforado el curso, en forma indirecta se establece la evolución de las precipitaciones entre 1941/2009. A lo largo del AºValizas se identifica mediante el análisis de Cluster un patrón espacial de distribución de la erosión, localizándose tres sectores de máxima erosión. Producto de la caracterización de los sectores, se observa existen diferencias granulométricas de los sedimentos, tipos de suelos, y diversidad de especies vegetales, que modifican la geometría del canal, dando origen a diferentes estructuras de origen fluvial. Insertar Figura 2 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 Nº 10 al Monte de Ombués ubicados en los albardones de la Laguna de Castillos (Rodríguez Gallego, op.cit.). 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 IHLZ, 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 (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 de las precipitaciones entre 1998/2006 y/o a episodios de eventos extremos de precipitación (IPCC, 1996), que afectan excepcionalmente a la cuenca del AºValizas Otro factor interno, responde a modificaciones del balance hídrico del suelo (infiltración/escorrimento) 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 cierre 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.).

Tabla 1

| Parcelas  | Nº de años | RRL. Acreción (metros) | RRL. Erosión (metros) |
|-----------|------------|------------------------|-----------------------|
| 1982/1987 | 5          | 0.36                   | 0.45                  |
| 1987/1998 | 11         | 0.29                   | 0.37                  |
| 1998/2006 | 8          | 1.08                   | 1.05                  |

Rango de Migración Lateral (RML)

Figura 2



Fuente: Mosaico ortorectificado a partir de fotografías aéreas tomadas por el Servicio de Sensores Remotos de la Fuerza Aérea Uruguaya. Vuelo escala 1: 20.000 en el año 2006

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre 1998/2006 los procesos de acreción/erosión se incrementaron y se puede afirmar que el arroyo se ajusta a nuevas condiciones de energía. Los tres sectores a lo largo del AºValizas, se diferencian por la sinuosidad y por presentar diferentes ambientes. El Sector A es una nueva zona erosiva sobre materiales más consolidado; donde la regresión lateral responde a la intensificación del transporte fluvial. El Sector C la migración es máxima, producto de la dinámica fluvio-marina, y es el sector más vulnerable a eventos de alta energía, y a los procesos de urbanización con impermeabilización de los suelo e inmovilización de campos de dunares. Este trabajo abre nuevas líneas de investigación en la temática costera y fluvial, por ser el primer trabajo que cuantifica la migración lateral de un curso fluvial a nivel histórico. Como no existe información de cursos fluviales similares en la región, no se puede concluir sobre el significado ambiental de los rangos de migración obtenidos.

## AGRADECIMENTOS

A los docentes del Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales de la Facultad de Ciencias, Dr. Achkar; Dra. Ana Domínguez, Ms. Fernando Pesce y Lic. Mariana Nin, por su apoyo académico a lo largo de esta investigación. A la Comisión de Maestría en Ciencias Ambientales por el apoyo económico de las tareas de campo, en el marco de la Tesis de Maestría.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- 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 montículares. Sector Sur de la Cuenca de la Laguna Merín, Uruguay. En: López J & Sans M. (Comps). Arqueología y Bioantropología de las Tierras Bajas. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. UDELAR. Montevideo: 13-33.
- 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
- 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
- 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. In: Kondolf GM & Piegay H (Eds), *Tools in Fluvial Geomorphology*. Wiley, Chichester, UK: 135-170
- 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>
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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. En: 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
- 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