



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS



Tesis para optar al Título de
Magíster en Ciencias Ambientales

**MIGRACIÓN LATERAL DEL ARROYO VALIZAS:
CAUSAS Y CONSECUENCIAS PARA LA
ZONIFICACIÓN DEL ÁREA PROTEGIDA
“LAGUNA DE CASTILLOS”
ROCHA- URUGUAY**

Autor: Gabriela Fernández

**Tutor: Prof. Daniel Panario
Co-Tutor: Dr. Marcel Achkar**

**Tribunal: Prof. Ariel Pérez
Ms. Daniel de Álava
Dr. Pedro Oyhantçábal**

**Montevideo, Uruguay
2011**

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A Daniel Panario por su amistad y apoyo en esta investigación y en todos estos años, desde que ingresé a la licenciatura de Geografía y especialmente por darme la oportunidad de ser parte de la UNCIEP y desde allí iniciar mi vida académica.
- ❖ A Marcel Achkar por su apoyo en todos los aspectos de este trabajo. Por su confianza y fundamentalmente por su amistad.
- ❖ A mis compañeros de Geomática: Ariel, Miguel, Rosario, Rocío, con tuve la posibilidad de compartir casi 10 años. A los compañeros que se fueron sumando: Laura, Miguelito y Hebenor, a los cuales les agradezco el esmero para generar los insumos para esta investigación.
- ❖ Al personal del Servicio Meteorológico del SHOMA, por facilitarme el acceso de a la información de la Estación de la Paloma.
- ❖ A Mariana Nin por su apoyo en las actividades de campo.
- ❖ A los pescadores y pobladores de Barra de Valizas los cuales me han transmitidos sus saberes sobre la costa y el Valizas.
- ❖ A mis compañeros de LSDGAT: Caro, Ismael, Mauricio, Lucía, que son futuro y presente de la Geografía en el país. A Anita, Fernando y Víctor por ser compañeros de lucha y fundamentalmente mis Amigos.
- ❖ A mi familia por apoyarme y estar allí.

Para el final... agradecer y dedicarle este trabajo al Profesor Cayssials, por su compromiso en desarrollo de la Geografía y las Ciencias Ambientales en el país... Al compañero por su compromiso, lucha y dedicación a la creación del LSDGAT... y al Amigo Ricardo por su confianza y aliento.

RESUMEN

La Laguna de Castillos se diferencia de las restantes lagunas costeras, por conectarse a través de un canal fluvial al océano y no en forma directa. El funcionamiento hídrico del A°Valizas, propicia la presencia de áreas de transición, de alta diversidad biológica. Estas particularidades favorecen el valor paisajístico y ecosistémico de la Cuenca de la Laguna de Castillos. Establecer la funcionalidad del arroyo, la laguna y de la cuenca se hace imprescindible para promover medidas de gestión y conservación del sistema hídrico.

En las últimas décadas se han producido transformaciones territoriales en la Cuenca de la Laguna de Castillos, que responden a forzantes internas y externas, inciden en la migración lateral del A°Valizas. Para cuantificar la magnitud de la migración lateral, se trabaja con cuatro mosaicos aéreo fotogríficos ortorectificados georreferenciados, digitalizando las coberturas para procesar la información en un ambiente SIG y para evaluar los cambios de Uso de Suelos se procesan imágenes satelitales aplicando técnicas de Percepción Remota.

Como resultado se obtiene que para el periodo 1943 a 2006, la remoción lateral de las márgenes, presenta una Tasa Global de Remoción Anual (TGRA)¹ de 1,54 has/año, por lo que la migración lateral anual es de 1m/año. Se puede comprobar que en los últimos ocho años se han acelerado los procesos de remoción producto de la acreción y de la erosión; asimismo, se localizaron tres sectores a lo largo del curso donde la erosión es máxima.

Palabras Clave: Dinámica fluvial, SIG, Percepción Remota, Cambio Global.

¹ TGRA- Tasa Global de Remoción Anual = Superficie del polígono/N° de años

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	4
2. DESCRIPCIÓN DE LA TEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN	6
2.1. Características de la zona de estudio.....	7
3. ANTECEDENTES.....	9
4. OBJETIVOS.....	11
5. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1. Revisión archivos	12
5.1.1. Archivo de imágenes aéro-fotográficas	12
5.1.1.1. Mosaicos de Fotos Aéreas ortorectificados.....	12
5.1.2. Archivo de imágenes satelitales	13
5.2. Implementación de un SIG para la Cuenca de la Laguna de Castillos	14
5.2.1. Referencial geográfico del SIG	14
5.2.1. Información contenida en el SIG para la Laguna de Castillos.....	15
5.3. Información generada para el A°Valizas.....	15
5.3.1. Digitalización de los mosaicos de Fotos Aéreas ortorectificados	15
5.3.1. Cálculo de Rango de Remoción Lateral (RML)	16
5.3.2. Análisis estadístico de las series de datos	17
5.3.2.1. Estudio de Normalidad y Homocedasticidad de la Serie 1943-2006.....	17
5.3.2.2. Comparación de las series entre periodos	18
5.3.3. Análisis espacial de los RML a lo largo del A°Valizas.....	19
5.4. Información generada para la Cuenca de la Laguna de Castillos	20
5.4.1. Comparación de Series Pluviométricas.....	20
5.4.1.2. Distribución interanual de eventos extremos de precipitación (1980-2009)....	20
5.4.2.1. Comportamiento del viento, Serie 1992-2002.	21
5.4.2.2. Anomalías del viento meridional durante el periodo 1950-2009	21
5.4.3. Análisis diacrónico del Uso del Suelo (1975-2006)	21
5.4.3.1. Categorías de usos del suelo propuestas	22
5.4.3. 2. Proceso de clasificación de imágenes	23
6. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE LA LAGUNA DE CASTILLOS.....	24
6.1.1. Uso del suelo	25
6.1.2. Suelos y paisajes.....	26
6.1.2.1. Unidades de suelo, carta 1:1.000.000.....	26
6.1.2.2. Unidades de suelo CONEAT	28
6.1.2.3. Asociaciones vegetales en la Cuenca de la Laguna de Castillos.....	28
6.2. Aspectos generales del A°Valizas	30
6.2.1. Complejidad dinámica del área.....	32

6.2.2. Importancia del A°Valizas para el funcionamiento y la gestión de la Cuenca.....	32
6.2.3. Importancia estratégica de la planicie del A°Valizas	33
6.2.4. Contradicciones entre la oferta ambiental y el turismo.....	34
6.2.5. Necesidad de comprender la dinámica del A°Valizas.....	34
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
7.1. Migración lateral del A°Valizas. Descripción general de resultados	36
7.1.1. Selección de la variable.....	39
7.1.2. Descripción de los datos de RML	41
7.1.2.1. Comparación entre los RML de Acresión y de Erosión	43
7.1.2.2. Comparación entre los RML entre periodos	44
7.1.2.3. Comparación de los RML por Acresión y Erosión entre periodos	48
7.1.2.4. Comparación entre los RML por Erosión en función de las márgenes.....	50
7.1.3. Análisis espacial de los RML a lo largo del A°Valizas.....	51
7.2. Componentes externos e internos a la Cuenca de la Laguna de Castillos	60
7.2.1. Ingreso de agua a la Cuenca de la Laguna de Castillos. Precipitaciones	60
7.2.1.2. Variaciones de las precipitaciones	63
7.2.1.3. Eventos anómalos positivos de precipitaciones (Serie 1980/2009)	64
7.2.2. Comportamiento del Viento.	67
7.2.2.1. Comportamiento del Viento Meridional.	71
7.2.3. Análisis del uso del suelo en la Cuenca de la Laguna de Castillos.....	72
8. CONCLUSIONES	74
9. RECOMENDACIONES	82
10. BIBLOGRAFIA	83
11. INDICE DE TABLAS	98
12. INDICE DE FIGURAS	99
ANEXO I. CUENCA DE LA LAGUNA DE CASTILLOS.....	100
ANEXO II- TABLAS DE RML	103
ANEXO III. ANÁLISIS DE LOS INGRESOS DE AGUA A LA CUENCA..	107
ANEXO IV. PATRONES DE VIENTO.....	109

1. INTRODUCCIÓN

El sistema ambiental de la Cuenca de la Laguna de Castillos se caracteriza por la compleja dinámica, que es propia de la zona de interfase litoral ecosistemas terrestres (Panario y Gutiérrez, en prensa; Conde *et al*, 2003).

La zona que conecta la Laguna de Castillos con el océano Atlántico, es una planicie de aproximadamente 8 km de ancho, donde se entalla el A°Valizas y en la desembocadura se forma una barra arenosa costera. El funcionamiento hídrico del A°Valizas, propicia la presencia de áreas de transición, de alta diversidad biológica. Estas particularidades favorecen el valor paisajístico y ecosistémico de la Cuenca de la Laguna de Castillos. La dinámica que caracteriza este sistema ha favorecido el desarrollo de complejos ambientes (Mautecci y Buzai, 1998), que sirven de hábitat para diversas especies acuáticas y terrestres (Jorcin, 1999, Herzig, 1993).

Reconocer la fragilidad del sistema lacunar costero, implica redimensionar el valor estratégico de la planicie y del A°Valizas para la preservación de la laguna y los humedales asociados, considerando las actuales transformaciones territoriales (De Álava, 1994, 1996, 2007; Panario y Gutiérrez, 2006). Establecer la funcionalidad del arroyo, la laguna y de la cuenca se hace imprescindible para promover medidas de gestión y conservación del sistema hídrico.

La Cuenca de la Laguna de Castillos, tiene una serie de recursos naturales (RRNN) que la posiciona como una cuenca de valor estratégico para el desarrollo productivo del departamento, lo que implica la generación actual y potencial de conflictos entre políticas productivas y ambientales.

Esta tesis pretende avanzar en el estudio y conocimiento relacionados a la funcionalidad del A°Valizas (Piñeiro y Panario, 1993), a partir del análisis de la migración lateral del cauce, en el cual se han observado procesos de retroceso (Rodríguez Gallego, 2000). En condiciones naturales la migración lateral del cauce es la respuesta frente a variaciones de caudal y transporte de sedimentos, que se manifiesta en el ajuste del canal (Christofolletti, 1981, 1980; Leopold y Wolman, 1957; Chorley, 1969; Chorley y Kennedy, 1971). Establecer si las fluctuaciones responden a factores naturales y/o antrópicos, es una de las finalidades de esta tesis; para lo cual se vinculan el comportamiento lateral del A°Valizas con la Cuenca y el sistema lacunar. Por tal razón en la tesis se utilizan dos niveles de análisis espacio-temporales: en uno se analiza el comportamiento lateral de A°Valizas entre 1943-2006 y en otro se analizan los cambios al interior de la cuenca que inciden en la dinámica del arroyo.

El área de estudio abarca la cuenca de la Laguna de Castillos que se localiza al SE del departamento de Rocha, a $34^{\circ}04'02''$ - $34^{\circ}30'21''$ de latitud sur y entre los $53^{\circ}47'47''$ - $54^{\circ}13'16''$ de longitud oeste. Ocupa una superficie de de 126.502 has, que incluye el espejo de agua de 8046 has y el A°Valizas de 16,234 km (Base carta topográfica a escala 1/50.000 del Servicio Geográfico Militar, SGM, 1967).

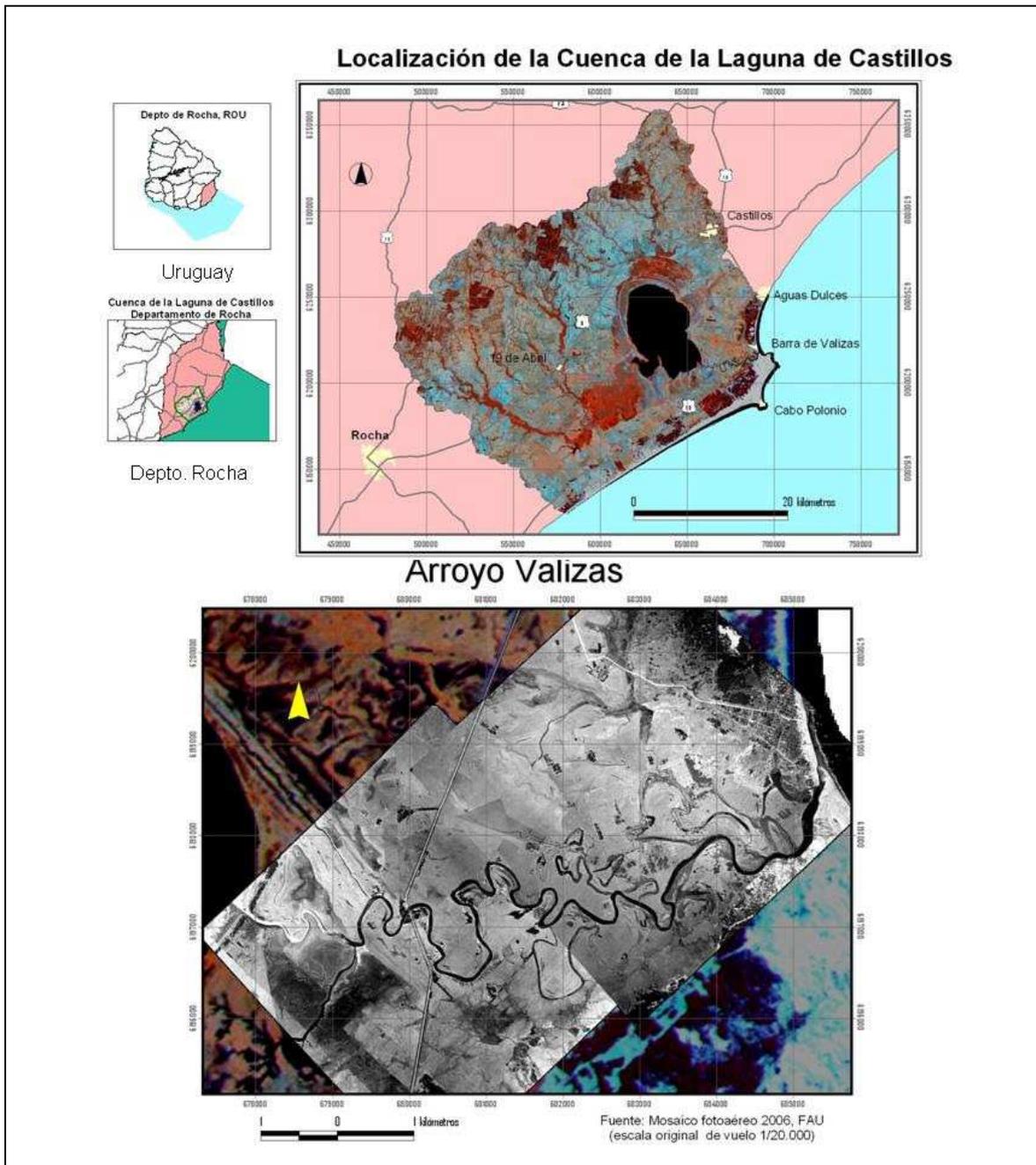


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Arriba izquierda: Uruguay. Debajo izquierda: Depto. de Rocha. Arriba derecha: Cuenca de la Laguna de Castillos. Abajo: Arroyo Valizas

2. DESCRIPCIÓN DE LA TEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN

En Uruguay, más precisamente en la Cuenca Atlántica según Achkar *et al.*, 2004, el sistema lacunar costero está asociado a amplias planicies, que dan origen al sistema de los Humedales del Este. En esta cuenca se localizan seis lagunas costeras, que comparten características similares, como profundidad, salinidad y origen (Preciozzi *et al.*, 1985, MTOP/PNUD/UNESCO, 1979; Montaña y Bossi, 1995; Bossi *et al.*, 1998). Las lagunas costeras son cuerpos de agua someros y salobres separados del ambiente costero por una barrera arenosa (Conde *et al.*, 2003). Algunos investigadores coinciden que estos sistemas de lagunas costeras son recientes en tiempos geológicos y que las variaciones del nivel del mar durante el Holoceno, fueron fundamentales en su formación (Iriondo, 1981, 1993, 1996; Panario y Piñeiro, 1997; Malvárez, 1997).

En estos sistemas lacunares intervienen factores de largo y corto plazo, debido a que estos sistemas responden a una interfase entre el océano y el continente, donde se establece un estado de equilibrio dinámico, producto de las fluctuaciones espacio-temporales de las condiciones ambientales físico-químicas-biológicas, que se refleja en la complejidad de estos sistemas (Day *et al.*, 1989, en Conde *et al.*, 2003; Elizalde, 1996; Panario y Gutiérrez, *op.cit.*; Menafrá *et al.*, 2006; Fagúndez y Lezama, 2005; Rodríguez Gallego, *op. cit.*; González *et al.*, 2003; Scasso, 2002; Norbis, 2000; Campos *et al.*, 1999; por citar algunas contribuciones). El equilibrio entre la dinámica del medio físico y la biota presente en las lagunas costeras es vulnerable a la acción humana, estando periódicamente expuestos a perturbaciones como inundaciones o intrusiones marinas (Costanza *et al.*, 1993, en Conde *et al.*, 2003).

La Laguna de Castillos se diferencia del resto de las lagunas costeras, por su conexión al océano a través de un canal fluvial entallado sobre una planicie. El A°Valizas discurre por una planicie baja, de cota inferior a los +5 m.s.n.m., con depósitos de sedimentos, datados en menos de 5.000 años A. P. aprox. (Bracco, 1995; Bracco y Ures, 1997), que evidencian que la planicie estuvo asociada a impulsos transgresiones recientes, para ser retrabajada por el entalle fluvial del A°Valizas (Castiñeira *et al.* 1995, 1997). Los cambios del recorrido del A°Valizas han dejado una serie de cicatrices en el paisaje (paleocanales, lagunas guachas, entre otros) que han sido registrados en diferentes documentos gráficos, como mapas, fotos aéreas e imágenes satelitales (UdelaR, 1955, INPE, 2011, SGM, 1967, SSRFAU, 2006).

Los cursos fluviales son sistemas abiertos con intercambio de materia y energía, por lo cual el tipo de canal, el ancho y la profundidad, son el resultado del ajuste por las variaciones de energía del caudal y la resistencia de los materiales sobre los cuales se desarrolla el canal. Por

lo anterior el canal fluvial esta función del caudal, la carga de sedimentos, la pendiente y el tiempo (Leopold, *et al.*, 1964; Morisawa, 1968, 1985; Christofolletti, *op. cit.*). Existen numerosas investigaciones a nivel internacional que han cuantificado la movilidad lateral de los canales meándricos (Constantine *et al.* 2009; Hooke, 2007; Hughes *et al.* 2006), donde se aplican técnicas de Percepción Remota y SIGs.

En los últimos años, se ha evidenciado tanto en la Cuenca de la Laguna de Castillos como en los alrededores del A°Valizas, transformaciones ambientales producto de una multiplicidad de factores que modifican el comportamiento del sistema lacunar y por lo tanto del A°Valizas. Por lo tanto, conocer, cuantificar y entender las respuestas del sistema fluvio-lacunar, a las intervenciones antrópicas, es una prioridad, y para ello es necesario comprender su dinámica.

2.1. Características de la zona de estudio

El sistema ambiental de la Cuenca de la Laguna de Castillos se caracteriza por la compleja dinámica que es propia de la zona de interfase litoral, donde la planicie, el arroyo y la barra arenosa costera, amortiguan el efecto del oleaje, las mareas, y a su vez, las depresiones inundables, los canales semipermanentes y la dinámica de la barrera arenosa, retardan el escurrimiento del agua proveniente de la cabecera de la cuenca, lo que provoca que el agua sea retenida en la laguna. Variaciones del nivel del agua de la Laguna de Castillo a lo largo del año, así como las fluctuaciones de salinidad, han favorecido el desarrollo de un mosaico de ambientes y complejos ecosistemas (Chebatarrof, 1952, 1973; DSF, 1976, 1979; Del Puerto, 1969, 1987, Azpiroz, 1997, entre otros).

La cuenca presenta un paisaje de sierras, lomadas y llanuras, donde predominan las praderas, asociadas a montes serranos (DSF, *op. cit.*). Estas planicies han sido afectadas por eventos transgresivos durante el cuaternario (Piñeiro y Panario, *op. cit.*; Montaña, y Bossi, *op. cit.*). En la planicie, se desarrollan humedales permanentes y semipermanentes, y en los valles fluviales se localizan montes fluviales. Los ecosistemas predominantes son la pradera estival de tapiz denso y el monte fluvial típico, dependiendo de la posición en el paisaje.

El clima en la región, es subtropical húmedo con características marítimas (Corsi, 1978, en Berreta, 2008). Asimismo, otro componente importante en este sistema y en especial en la costa, es el viento que afecta la dinámica fluvial y costera. Con predominio de dos direcciones de viento: del cuadrante Este, caracterizado por vientos cálidos y húmedos provenientes del NE al SE y los vientos del cuadrante Sur, con vientos provenientes del SW al S, asociados al pasaje de inestabilidades atmosféricas o frentes fríos; estos últimos son muy importantes en la

conformación dunar y circulación de las arenas (Piñeiro y Panario, *op. cit.*; Rodríguez Gallego, 2000; Gutiérrez, 2010).

3. ANTECEDENTES

Por integrar la Región de los Humedales del Este a la Cuenca de la Laguna de Castillos se reconoce el valor paisajístico y ecosistémico, pero por su singularidad también es reconocida. A nivel internacional, el conjunto de los Humedales del Este fueron reconocidos por su importancia para la conservación de la diversidad biológica y de especies en riesgo de extinción; siendo declarados en 1976 por la UNESCO como área de Reserva de Biosfera y en 1984 incluidos como Sitio Ramsar (Clara y Maneyro, 1997; Herzig, *op. cit.*). A nivel nacional, se crea el Parque Nacional Lacustre en 1977, con el Decreto de Ley N° 260/977 (Poder Legislativo, 1977), que incluyó algunas de las lagunas, las que fueron declaradas áreas prioritarias para la conservación². Años más tarde, mediante el Decreto de Ley N° 527/92 (Poder Legislativo, 1992), se redefine el área del Parque y se incluyen las Lagunas de Castillos y Negra. Con el inicio del Siglo XXI, se promulga la Ley 17.234 (Poder Legislativo, 2000), que crea el Sistema Nacional de Área Protegidas (SNAP), en ese nuevo marco, la Laguna de Castillos y los humedales asociados están en la lista de áreas prioritarias para la inclusión al SNAP (SNAP, 2009), cuya extensión fue definida en la Ley N°527/92 (Poder Legislativo, 1992; SNAP, 2005, 2009).

Como antecedentes a nivel nacional de programas para la conservación, se destaca la presencia desde 1993 del Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este (PROBIDES). Financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial - GEF, la Unión Europea, la Agencia Española de Cooperación Iberoamericana - AECI, y el MVOTMA, se desarrollaron varios trabajos de carácter puntual (Campos *et al*, 1999, Leoni *et al*, 1995), en 1999 se publica un Plan Director de la Reserva de Biosfera de Bañados del Este (PROBIDES, 1999).

Desde 1999 hasta la fecha, la Universidad de la República ha estado vinculada a la temática de la conservación, donde la Facultad de Ciencias a través del LDSGAT³, ha desarrollado importantes aportes curriculares, como trabajos concretos para la inclusión de nuevas áreas al SNAP (Faccio y Achkar, 2008), como es el caso de Paso Centurión- Sierra Ríos y la Laguna Negra entre otros.

² Parque Nacional Lacustre incluye las lagunas costeras de José Ignacio, Garzón y Rocha. 1977

³ LDSGAT. Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio. Departamento de Geografía. IECA. Fac. Ciencias. UdelAR

En la Laguna de Castillos se han realizado una serie de trabajos puntuales sobre diferentes tópicos, como por ejemplo: la extracción de recursos pesqueros de la laguna (Norbis, 2000; Norbis y Langone, 1997), estudios sobre el valor económico de los recursos naturales (Rodríguez *et al*, 2008), relevamientos de sitios arqueológicos (Bracco, 1995; Bracco y Ures, 1997). Sin embargo, aun no se han realizado estudios que aborden el área en su conjunto, que tomen a la cuenca hidrográfica como unidad de análisis e incluyan la interacción marina, con el objetivo de proponer el ingreso de esta zona al SNAP y generar planes de manejo ambiental.

Existen variados trabajos de investigación en el campo de las ciencias ambientales que utilizan las nuevas tecnologías, como son los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) y técnicas de Percepción Remota (PR), para el seguimiento de temas ambientales que están relacionados con la transformación del territorio (Korkalainen y Laurén, 2006; Camargo *et al*, 2005; Assad *et al*, 1998), ya que este tipo de estudios permite establecer líneas de base para el monitoreo ambiental. En el país la aplicación de este tipo de técnicas son relativamente recientes, a pesar de lo cual se han realizado aportes muy significativos dentro de la Temática Ambiental (Achkar *et al*, 2010; Faccio y Achkar, *op. cit.*; Achkar, 2005; Brazeiro *et al*, 2008; Da Costa, 2005).

4. OBJETIVOS

Objetivos Generales

- 1- Conocer las forzantes de la migración lateral del A°Valizas
- 2- Cuantificar la migración lateral del A°Valizas, a través de un estudio multitemporal con mosaicos aerofotográficos ortogonalizados durante el periodo 1943/2006

Objetivos Específicos

- 1- Determinar los Rangos de Migración Lateral (RML) en el A°Valizas, para el periodo 1943/2006 y para tres subperiodos (1943/1967, 1967/1998 y 1998/2006).
- 2- Establecer si hay diferencias significativas entre los RML producto de la Acresión/Erosión para el periodo 1943/2006.
- 3- Establecer si existe diferencias significativas entre los RML (sin considerar su origen), entre períodos.
- 4- Comparar los RML en función de los procesos que los originan y su comportamiento en el tiempo
- 5- Comparar el comportamiento de la Erosión entre las márgenes.
- 6- Comparar el comportamiento del RML por erosión a lo largo del perfil longitudinal del A°Valizas
- 7- Analizar el comportamiento de las precipitaciones a lo largo del año en un periodo de 60 años que permita establecer su incidencia en la migración lateral del A°Valizas.
- 8- Establecer el patrón estacional y la evolución temporal de las precipitaciones que expliquen.
- 9- Determinar como los eventos extremos de precipitaciones y como se distribuyen temporal y estacionalmente.
- 10- Establecer el patrón de dirección e intensidad de vientos para la costa de Rocha para el período 1992/2002.
- 11- Establecer las tendencias del comportamiento de las anomalías de vientos meridionales que afectan la costa de Rocha (Serie 1950-2009).
- 12- Establecer si la Cuenca evidencia transformaciones productivas, actividades fluviales y turísticas que puedan ser responsables del incremento de la migración lateral.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Revisión archivos

Fue realizada una búsqueda procurando la mayor cantidad de cartografía, fotografías aéreas, imágenes satelitales y documentos relacionados con el área de estudio. La cartografía básica y el registro de fotografías anteriores a 1967, se obtuvo del Servicio Geográfico Militar (SGM), mientras que los vuelos aerofotográficos fueron realizados por el Servicio de Sensores Remotos Aeroespaciales de la Fuerza Aérea (SSRFAU). Las imágenes satelitales seleccionadas para esta investigación, se obtuvieron del Banco de Imágenes del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE).

5.1.1. Archivo de imágenes aérofotográficas

En la Tabla 1 se presenta el registro de 34 fotografías aéreas que recubren la planicie del A°Valizas, y que corresponden a 6 vuelos fotográficos. Estos vuelos se realizaron entre 1943 y el 2006, mientras que las escalas de las fotografías oscilan entre 1/20.000 y 1/60.000. Los vuelos recopilados cubren total y/o parcialmente la planicie del A°Valizas. Para esta tesis se descartaron dos vuelos: el correspondiente al año 2000, por cubrir solo la desembocadura del arroyo y en el vuelo de 1980 a escala 1/60.000 porque el nivel de detalle de la fotografía era menor que el nivel de error para esta investigación.

Tabla 1- Descripción de Mosaicos Fotográficos

Año	Formato (cm)	Fuente (*)	Escala	Nº fotografías	Nº pares	Observaciones
1943	23x23	SGM	1/40.000	3	2	Toda la planicie A°Valizas
1967	23x23	SGM	1/20.000	11	5	Toda la planicie A°Valizas
1980	23x23	SSRFAU	1/60.000	2	1	Toda la planicie A°Valizas
1998	23x23	SSRFAU	1/25.000	6	3	Toda la planicie A°Valizas
2000	23x23	SSRFAU	1/20.000	2	1	Desembocadura
2006	23x23	SSRFAU	1/20.000	10	8	Toda la planicie A°Valizas

(*) Servicio Geográfico Militar (SGM), Servicio Sensoramiento Remoto de la Fuerza Aérea Uruguaya (SSRFAU).

5.1.1.1. Mosaicos de Fotos Aéreas ortorectificados

Para realizar estudios multitemporales se crean mosaicos corregidos, lo que disminuye las deformaciones, lo que permite obtener registros en planta de cambios espaciales (como movimientos de las márgenes de un arroyo), evitando errores de perspectiva central, lo que permite medir en planta. (Pacheco y Suárez, 2004; Gilvear y Byant, 2003).

Estuvo a cargo del Departamento de Geomática del Instituto de Agrimensura⁴, la creación de cuatro mosaicos ortorectificados. Para lo cual se escanearon las fotografías a diferentes resoluciones, en función de la escala original y del nivel de error previsto, obteniéndose tamaños de pixel de 0,84 a 1,05 metros (Podesta *et al*, 2006).

5.1.2. Archivo de imágenes satelitales

El Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) brinda en forma gratuita un archivo de imágenes satelitales, de los programas Cbers y Landsat. Del catálogo se seleccionaron imágenes captadas por los satélites Landsat, al ser el programa de mayor extensión en el tiempo. El registro de INPE incluye entre otras, imágenes de Landsat 1, lanzado en 1972 e imágenes obtenidas por el Landsat 5, lanzado en 1984 y que continua operativo (NASA, 2011). En la Tabla 2 se detallan las características de las cuatro imágenes seleccionadas, las cuales cubren el periodo 1975/2006 y cuya localización corresponde a la escena 222/84.

Tabla 2- Detalle de las imágenes satelitales

Localización	Landsat 1 MSS	Landsat 5 TM
Escena 222/84	Abril 1975	Mayo 1985 Junio 1998 Octubre 2006

Es de orden aclarar que la resolución espacial de las imágenes del LANDSAT 1 MSS (Scanner Multiespectral), es de 79 X 79 m, mientras que las imágenes del obtenidas por LANDSAT 5 TM (Thematic Mapper) tienen una resolución espacial es de 30 X 30 m. Otra diferencia es la resolución espectral de los mismos, ya que el primero de los nombrados, capta 4 bandas y el segundo capta 7, a pesar de lo cual, los sensores MSS Y TM, coinciden en los rangos de longitud de onda de algunas bandas, lo que permite la comparación espectral entre ellas, como se detalla en la Tabla 3 (Chuvieco, 1990, 1996; Freden y Gordon, 1983).

Tabla 3: Bandas espectrales: Scanner Multiespectral y Tematic Mapper

Bandas* del MSS	λ de onda en μm	Color	Color para formar una imagen IR color
1 (4)	0,5 - 0,6	Verde	Azul
2 (5)	0,6 - 0,7	Rojo	Verde
3 (6)	0,7 - 0,8	IR reflejado	---
4 (7)	0,8 - 1,1	IR reflejado	Rojo

*Bandas del Landsat 1, 2 y 3. Landsat 4/5 corresponden las cifras 1, 2, 3 y 4

⁴ Departamento de Geomática. Instituto de Agrimensura. Facultad de Ingeniería. UdelaR

5.2. Implementación de un SIG para la Cuenca de la Laguna de Castillos

Como para mejorar los resultados y facilitar el procesamiento de la información, se maneja la misma en un ambiente SIG, ya que facilitan la manipulación de datos georreferenciados (Bosques Sendra, 1992).

Para la implementación de un SIG para la Cuenca de la Laguna de Castillos, se cuenta con el programa ArcView SIG versión 3.2 y la extensión "Imagen Analisis" (productos desarrollados por la compañía ESRI Inc. USA) y la extensión "Polygeom" (producto desarrollado por IFREMER Francia).

Mientras que para el análisis estadístico se cuenta con el Programa "Statistical Package for the Social Sciences", SSPS 17 para Windows, creado por la University Information Technology Services (UITs, 2010). Este programa cuenta con variados módulos que permiten realizar la descripción y análisis de datos. Por su parte, el SPSS permite trabajar matrices de datos en formato dbf., y facilita el ingreso directo de las bases de datos desde y hacia el ArcView sin mediar ningún nivel de transformación (Norusis, 1993).

5.2.1. Referencial geográfico del SIG

En este proyecto, todas las coberturas vectoriales se crean a partir del sistema de coordenadas planas utilizado en la cartografía nacional, denominado ROU-USAMS (1965, en CliringHouse, 2001). Es un sistema de coordenadas locales, el elipsoide asociado es Haydford 1909 (Internacional 1924). La proyección es Gauss con distancia en metros, meridiano de contacto 62°, el origen de la cuadrícula es: $X_0 = 500$ km. al oeste del meridiano 62°; $Y_0 =$ Polo Sur, el Datum horizontal es el punto Yacaré (SGM).

Para la Georreferenciación de los cuatro mosaicos ortorectificados, se utiliza el mismo sistema de coordenadas planas ROU-USAMS. Los mosaicos se crean a partir de fotografías aéreas de los vuelos realizados en 1943 (SGM), 1967 (SGM), 1998 (FAU), 2006 (FAU), el procedimiento de georreferenciación permite cuantificar los cambios laterales producidos por el A°Valizas en los últimos sesenta años.

Para el procesamiento de la información en la Cuenca de la Laguna de Castillo se generan las imágenes combinando las bandas 453 y se georreferencian utilizando el sistema de coordenadas planas ROU-USAMS. El procedimiento es necesario porque las imágenes del banco de datos del INPE están en el sistema de coordenadas planas UTM (Universal Transversa Mercator). Al conjunto de imágenes ingresado al SIG, se les aplica una máscara, cuyas dimensiones corresponden a la Cuenca de la Laguna de Castillos. Al concluir con los

pasos de preparación, se está en condiciones del proceso de clasificación de imágenes y generar coberturas vectoriales para cada una de ellas.

5.2.1. Información contenida en el SIG para la Laguna de Castillos

La escala de trabajo de la cartografía de base (Tabla 4), está dada por los elementos de las cartas topográficas escala 1:50.000 de la cartografía del Servicio Geográfico Militar (SGM, 1994). El procedimiento para la creación de las coberturas básicas consistió en la metodología de "digitalización en pantalla".

Tabla 4: Coberturas de base del SIG

Cobertura	Escala inicial	Fuente
Cursos de agua	1:50.000	Cartas: Velásquez, Chafalote, Rocha, La Paloma, Castillo, Aguas Dulces, Cabo Polonio. SGM., 1994
Caminería	1:50.000	Cartas: Velásquez, Chafalote, Rocha, La Paloma, Castillo, Aguas Dulces, Cabo Polonio. SGM., 1994
Suelos	1:1.000.000	DSF. 1979
Suelos CONEAT	1:20.000	CONEAT. 1994
Geología	1:500.000	DINAMIGE.

Posteriormente se generan nuevas series de coberturas vectoriales, con información específicas del proyecto, en formato vectorial y raster según las necesidades operativas.

5.3. Información generada para el A°Valizas

5.3.1. Digitalización de los mosaicos de Fotos Aéreas ortorectificados

En la Figura 2 se puede observar el criterio para la digitalización de los márgenes.

La digitalización en pantalla se realiza a escala 1/2.000, en cada uno de los cuatro mosaicos ortogonalizados y georreferenciados (1943, 1967, 1998 y 2006), obteniéndose cuatro

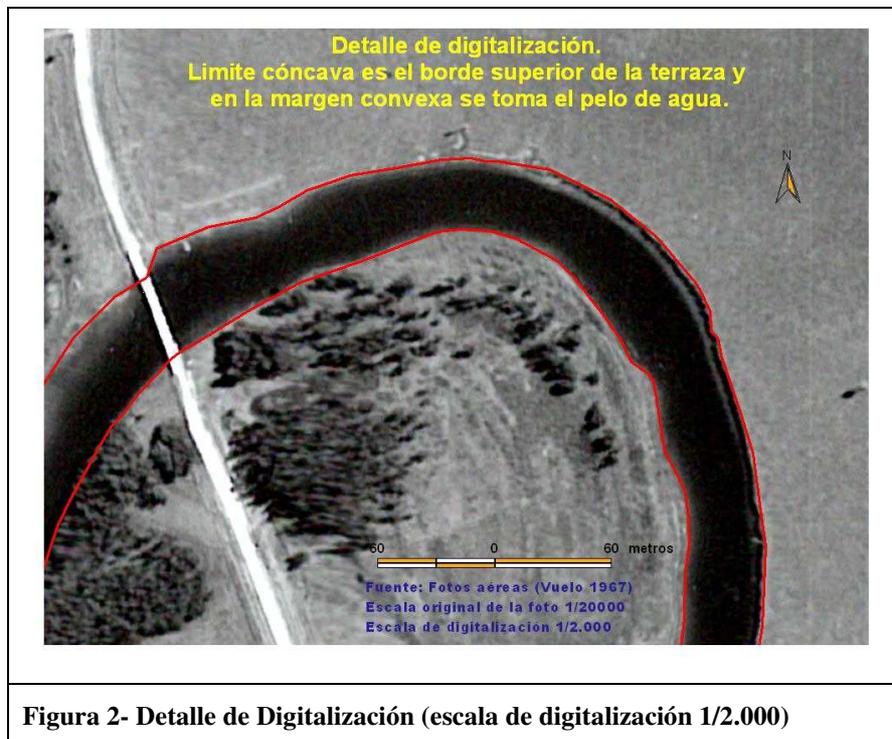


Figura 2- Detalle de Digitalización (escala de digitalización 1/2.000)

la ubicación del canal fluvial para cada año



Figura 3- Localización de los límites del Canal

Como criterio de digitalización del canal, para las márgenes cóncavas el límite corresponde al borde superior de la terraza fluvial y para la margen convexa el borde coincide con el pelo de agua (Detalle en la Figura 3).

Para obtener las áreas de remoción de materiales, a las coberturas obtenidas de la digitalización, se las intercepta por pares (Tabla 5), y se obtienen tres coberturas con un total de 165 de polígonos, que representan zonas de Remoción de Materiales.

Tabla 5- Nº de Polígonos por períodos

	Periodos	Duración	Polígonos
Período 1 (P1)	1943 a 1967	24 años	56
Período 2 (P 2)	1967 a 1998	31 años	50
Período 3 (P3)	1998 a 2006	8 años	59

Se le añade a cada polígono un código toponímico, que fue elaborado en función del periodo de tiempo (P1, P2 y P3), del proceso que le dio origen (Acresión/Erosión), de la margen del canal (Derecha/Izquierda) donde se ubica y por último en función a la posición que ocupa respecto a la laguna. Para fijar la posición se numeran en forma creciente desde la laguna al océano. El código toponímico “1ADE10” se lee de la siguiente manera: corresponde al primer periodo, generado por acresión, sobre la margen derecha, y ocupa el décimo lugar (Ver Anexo II - Tablas de RML).

5.3.1. Cálculo de Rango de Remoción Lateral (RML)

La erosión lateral se manifiesta cuando las paredes del canal se desgastan por socavación lo que produce deslizamientos o caídas de paneles de paredes. La continua erosión lateral en ambas márgenes lleva consigo un ensanchamiento del canal y la erosión vertical de la progresión de la incisión, con una reducción de la profundidad del canal (Gutiérrez Elorza, 2008).

Según Richards (Richards, 1982, en Gutiérrez Elorza, 2008) la forma de sección del canal es asimétrica en las zonas sinuosas, esto permite que la velocidad del caudal en la margen cóncava es mayor, lo que favorece la erosión del lecho y de la pared, lo que permite que el canal se ensanche. No obstante, sobre la margen convexa, se da en proceso inverso, allí la velocidad es menor, los materiales se sedimentan (umbrales) y se dan procesos de acresión. Lo anterior, permite explicar el hecho de que en los canales meandriformes, el ancho se mantiene constante a medida que aumenta la sinuosidad del canal.

Por su parte, Morisawa (Morisawa, 1968, en Gutiérrez Elorza, 2008) define la morfometría de un canal fluvial, donde la profundidad del canal se la aproxima al radio hidráulico (R) del canal. El R se define como el cociente entre la superficie de la sección del canal (S) y el perímetro mojado (PM) del canal. Por lo anterior se considera que si el ancho del canal es constante y la profundidad está en función de la sección del canal, para cuantificar la migración del canal en su planicie, alcanza con cuantificar la migración lateral del canal. Es por esa razón, que parte del esfuerzo de esta tesis se vuelca a establecer el Rango de Migración Lateral del A°Valizas, partiendo de registros fotoaéreos ortorectificados, y el uso SIGs. Es en este sentido que para calcular el RML, se aplica el método propuesto por Micheli (Micheli, 2000, en Constantine *et al*, 2009). Este investigador propone reducir el error de medición, y propone considerar el cociente entre la superficie del polígono y la mitad del perímetro del mismo por el número de años y así obtener el RML del canal. Se obtiene el desplazamiento medio por año (m/año) para cada polígono.

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

5.3.2. Análisis estadístico de las series de datos

Con el fin de conocer el comportamiento a lo largo del curso, se calcula el RML para cada polígono y para cada periodo. Con el objetivo de comparar las series de datos de RML se analizan los datos a nivel estadístico y a nivel espacial.

5.3.2.1. Estudio de Normalidad y Homocedasticidad de la Serie 1943-2006

Previo a la comparación de los datos se analizan las series para establecer si las mismas cumplen con los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de Varianza (Homocedasticidad), ya que de esto depende el tipo de análisis estadísticos a utilizar.

Si las muestras cumplen con los supuestos, se pueden aplicar Test Paramétricos (por ejemplo: ANOVA de un factor), pero en caso de que no se cumplan, se recomienda transformar los datos, previo a la aplicación de Test No Paramétricos (Pérez, 2001; Norusis, 1993, 2004).

La serie RML correspondiente al período 1943/2006 tiene un N 165 datos, que se distribuyen en tres muestras con N desiguales, a la cual se les estudia el tipo de distribución de los datos y la varianza, con intervalo de confianza de 95% ($\alpha = 0,05$). Para analizar la distribución de las muestras, se aplica el Test de Bondad de Ajuste de Shapiro- Wilk (1965) para las muestras de N iguales o menores de 50 y el Test de Kolmogorov-Smirnov (Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1948), recomendado para muestras con N mayores a 50 (Casas Sánchez, 1997).

Para estudiar el comportamiento de la Varianza y establecer si las muestras cumplen con el supuesto de Homocedasticidad⁵, se aplica la prueba de Levene (1960).

En este trabajo se aplican diferentes Test Paramétricos, como: Test t (Gosset, 1899), Regresión Lineal (Legendre, 1805), Análisis de Varianza de un Factor (Fisher, 1920), las que requieren que los datos cumplan con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por lo cual fue necesario aplicar una transformación.

La transformación que dio mejores resultados fue la logarítmica ($\ln(x)$) considerando el tipo de datos, que permite corregir la distribución y la varianza de los mismos. (Molinero, 2003).

5.3.2.2. Comparación de las series entre periodos

Para comparar las muestras con los RML, se aplica el Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA), que utiliza el test F (Test de Fisher). Para el caso de existir diferencias entre las series, se aplican test de contrastes múltiples (Post-hoc), para establecer como se agrupan las series, los test más extendidos son: Duncan (1955), Newman, (1939)-Keuls, (1952), Bonferroni (En: Norman y Steiner, 1996), Scheffé (1959) y HSD de Tukey (1953). Cuando se verifican las hipótesis, el Test F es el más aceptado, cuando los datos cumplen con el supuesto de normalidad pero no la homocedasticidad, se recomienda el uso del test de Welch (1932) o el test de Kruskal Wallis (1952).

Para optar por el método de comparación, se debe considerar que si falla, aunque no de forma “drástica” la normalidad, con valores de p entre 0,01 y 0,05, la robustez del Test F, continúa siendo una buena opción. Por último, si falla “fuertemente” la normalidad, se recomienda el uso del test Kruskal Wallis (Arriaza *et al*, 2008).

⁵ Homocedasticidad- Igualdad de varianzas significa que las J poblaciones muestreadas poseen la misma varianza

Cuando no se cumple las hipótesis de normalidad y/o homocedasticidad se debe recurrir a una alternativa no paramétrica para realizar el test de igualdad de medias. La solución más extendida la proporciona el test de Kruskal Wallis. Dicho test utiliza rangos con signos y es una generalización del Test de Mann-Whitney-Wilcoxon (1947) al caso de k muestras.

El Test F, estudia el contraste de igualdad de medias suponiendo que los datos son normales y homocedásticos, este test es la generalización del test de Student para k poblaciones. Si como resultado se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias se puede proceder a la realización de contrastes de medias dos a dos. Dependiendo de que las comparaciones sean entre parejas de medias o más combinaciones, sería más aconsejable el test de Tukey (1953) o el de Scheffé (1959). Ya que cuando el tamaño de muestras son iguales y se comparan promedios entre grupos y son múltiples las comparaciones, se recomienda el uso del Test de Tukey y se utiliza Scheffé, si el tamaño de los grupos seleccionados es diferentes (Arriaza, *op.cit.*; García-Villalpando *et al*, 2006; Norman y Streiner, *op.cit.*).

5.3.3. Análisis espacial de los RML a lo largo del A^oValizas

Con apoyo del SIG, se espacializan los grupos de conglomerados detectados con la aplicación de un análisis de Cluster; lo que permite detectar espacialmente los sectores del curso de actividad más parecidas.

El análisis de cluster es un método que permite identificar asociaciones y estructuras en los datos que no son evidentes a priori pero que pueden ser útiles para la clasificación (Salvador Figueras, 2001). Existen dos métodos de clasificación: Jerárquicos y No Jerárquicos. En los primeros, la clasificación resultante tiene un número creciente de clases anidadas mientras que en el segundo las clases no son anidadas. Los métodos utilizados para generar los clusters, se clasifican en aglomerativos y divisivos. En los aglomerativos, se parte de tantas clases como objetos a clasificar y en pasos sucesivos se obtienen clases de objetos similares, mientras que en los segundos se parte de una única clase formada por todos los objetos que se va dividiendo sucesivamente en clases (Pérez, *op.cit.*).

Para este trabajo, se aplica un Análisis de Cluster Jerárquico aglomerativo y se aplica el Método de Varianza Mínima de Ward, para generar los conglomerados (Jhonson, 2000 y Zavala, 1986; en Sosa *et al*, 2006; Maestre *et al*, 2008). El Método de Ward considera la distancia euclidiana entre dos clusters y se calcula como la suma de cuadrados entre grupos (Milliken y Jonson, 1992). El método suele ser muy eficiente, ya que tiende a crear clusters de pequeño tamaño. Permite obtener la matriz de distancias así como una tabla de contingencia. Aunque puede ser sensible a los outliers (Norusis, *op.cit.*). Para la visualización de los

resultados, el SPSS 17, genera un dendograma en forma de árbol que resume el proceso de agrupación. Los objetos similares se conectan mediante enlaces cuya posición en el diagrama está determinada por el nivel de similitud/disimilitud entre los objetos, que se pondera entre 0-25, donde la mayor similitud corresponde a 0 y la mínima es 25 (Pérez, *op. cit.*; Norusis, *op. cit.*; Villardón, 2000.).

5.4. Información generada para la Cuenca de la Laguna de Castillos

5.4.1. Comparación de Series Pluviométricas

Se cuenta con las series de precipitaciones medias mensuales, de los años 1944/60, 1961/90 y 1980/2009, correspondientes a la Estación Meteorológica de Rocha (DNM, 2009), ubicada a 34°29'062" latitud Sur, 54°18'07" longitud W y a 18,2 s.n.m, próxima a la ciudad de Rocha y a 45 km aproximadamente del A°Valizas.

Con el objetivo de establecer si las precipitaciones han variado en forma significativa en los últimos 60 años, se comparan estadísticamente tres conjuntos de series pluviométricas para un nivel de significación del 95%.

La estación meteorológica seleccionada, se ubica fuera de la Cuenca de estudio, pero por sus características topográficas y la distancia al mar, es la más representativa. A lo que se le añade el hecho que es una estación sinóptica para la Red Meteorológica Nacional y cuenta con series completas de precipitación y temperatura.

No obstante, mediante el análisis de las precipitaciones que se realiza en este trabajo, sólo se pretende generar un descriptor preliminar válido para la Cuenca de la Laguna de Castillos.

5.4.1.2. Distribución interanual de eventos extremos de precipitación (1980/2009)

Los eventos extremos son estadísticamente menos probables y se definen como eventos cuyos valores están alejados de los valores medios. Para esta variable los eventos extremos provocan sequías ó inundaciones, que son por definición poco probables. Los especialistas analizan la intensidad y la duración de los eventos extremos, en función de la variabilidad del desvío Standard. Hay variedad de criterios al momento de definir cuantitativamente que se considera un evento extremo. (Carvalho, 2002; Chaves y Cavalcanti, 2000, en Marengo, 2004), para lo cual y sólo con el objetivo de realizar una primera aproximación al tema, se consideraran eventos extremos aquellos meses cuyos registros están por debajo del percentil 10 para eventos de sequía y por encima del percentil 90 para precipitaciones extrema (Wilk, 2006). Con este análisis, se pretende establecer, si los eventos extremos por encima del percentil 90, presentan algún tipo de patrón estacional a lo largo de 30 años.

5.4.2.1. Comportamiento del Viento, para la Serie 1992/2002.

Se cuenta con una serie de datos de vientos diarios, correspondientes al periodo 1992/2002, de dirección (Rumbos) y fuerza del viento (nudos/seg), registrados a la hora 12 (hora local), en la Estación de La Paloma (SOHMA, 2008). La misma se ubicada a 34° 40' de Latitud Sur y 54° 09' longitud W; a aproximadamente 20 km de la ciudad de Rocha y a 50 km al oeste de Barra de Valizas.

Con el objetivo se generar un descriptor del comportamiento del viento en la costa de Rocha, se toma un período de 10 años. No fue posible utilizar datos entre 1997/2006, debido a problemas con el instrumental, que implica que durante el periodo 2003/2005, los registros se realizaron mediante observación directa. Por este motivo se opta por analizar la serie del periodo 1992/2002 (SOHMA, 2008).

Para establecer el patrón de dirección y fuerza de vientos, se agrupan los datos considerando 8 rumbos principales y en tres categorías de intensidad de viento, agrupando las categorías propuestas en la escala de Beaufort (Ver Anexo IV).

5.4.2.2. Estudio de las anomalías del viento meridional durante el periodo 1950-2009

Para el estudio del comportamiento de los vientos meridionales, se utiliza la información disponible en la página del NCEP/NCAR (*National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research*) de NOAA-CIRES Climate Diagnostic Center (Kalnay *et al.*, 1996), de donde fueron obtenidos los componentes *Zonal Wind (u)*⁶ y *Meridional Wind (v)*⁷, para el periodo comprendido entre enero de 1950 y diciembre de 2009 a nivel de superficie (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>).

Con este estudio se podrán establecer si los eventos extremos de vientos meridionales han incrementado en los últimos años, y establecer sí ha aumentado el aporte de agua proveniente del mar a la cuenca.

5.4.3. Análisis diacrónico del Uso del Suelo (1975-2006)

Las nuevas herramientas informáticas en el campo de la Percepción Remota (PR) y los SIGs, permiten mejorar los resultados en estudios multitemporales, ya que posibilitan cuantificar los

⁶ Viento zonal - El viento, o el componente de viento, siguiendo el paralelo de latitud local, a diferencia del viento meridional. En un sistema de coordenadas horizontales fijas a nivel local con el eje x dirigida hacia el Este y el eje dirigido hacia el Norte, el viento zonal es positivo si sopla desde el Oeste y negativo si desde el Este.

⁷ Viento meridional - El viento o componente del viento a lo largo del meridiano local, a diferencia de los vientos zonales. En un sistema de coordenadas horizontales fijas a nivel local con el eje x dirigida hacia el Este y el eje y hacia el Norte, el viento meridional es positivo si sopla desde el Sur, y negativo si desde el Norte.

cambios a nivel espacial (Chuvienco, *op. cit.*; Bosque Sendra, *op.cit.*; Pinilla, 1995). En nuestro país, estas técnicas se incorporan recientemente, a pesar de lo cual, se han realizado aportes significativos en la evaluación de recursos naturales (Brazeiro *et al*, *op. cit.*; Achkar, *op. cit.*, Achkar *et al*, 2010, entre otros).

Para efectuar el análisis diacrónico del Usos del Suelo, se emplean técnicas de PR y se trabaja con sensores multiespectrales⁸, para el reconocimiento de diferentes coberturas de suelo entre 1975 y 2006. El corte temporal se debe al hecho que las técnicas de procesamiento de imágenes satelitales son de uso relativamente reciente y cubren un periodo no mayor de 30 años a nivel mundial (Lillesand y Kieffer, 1994; NASA, 2011)

Mediante la técnica de clasificación de imágenes, se obtienen las modificaciones en los Usos del Suelo provocadas por las actividades antrópicas.

Desde la implementación de las Técnicas de PR, investigadores como, Jordan, 1969; Tucker *et al.*1977, han propuesto una lista de combinaciones de bandas espectrales para estudiar la cobertura vegetal, que permitan optimizar los resultados al momento de diferenciar las misma. Por tal motivo, para este trabajo se utilizan las Bandas 453, que combina la banda del rojo (6 a 7 micras) y del infrarrojo medio y cercano (7 a 1,1 micras), permitiendo detectar el borde tierra-aguas y se recomiendan para estudios de vegetación y uso de suelo, pues discriminan mejor entre tipos de vegetación.

5.4.3.1. Categorías de usos del suelo propuestas

Para clasificar las imágenes se definen las categorías de Usos del Suelo a discriminar. Estas categorías agrupan asociaciones vegetales dominantes que se localizan en el área de de estudio y los principales usos del suelo, lo que facilita el proceso de identificación.

Tabla 6- Categorías establecidas para la clasificación de imágenes

Coberturas del Suelo	Características
Pradera Natural	Vegetación herbácea sin laboreo y/ó campo en barbecho
Humedales	Zonas bajas inundadas todo ó parte del año, asociado a vegetación hidrófila, pajonales
Arenales	Arenales móviles y parcialmente fijados por vegetación spamófila
Monte Nativo	Vegetación arbórea fluvial ó serrana
Infraestructura	Incluye zonas urbanizadas y caminería
Monte Artificial	Montes de Abrigo, corta vientos
Forestación	Plantaciones forestales (Eucaliptos, pinos)

⁸ Sensores Multiespectrales: series de sensores en paralelo que detectan la radiación en diferentes en rangos de longitudes de onda, dando origen a las bandas.

Pradera artificial	Praderas mejoradas con fertilizantes
Arado/Cultivos	Campos arados y cultivados

5.4.3. 2. Proceso de clasificación de imágenes

En la primera fase de reconocimiento de Usos Suelos, se clasifica primeramente la imagen de octubre del 2006 y se aplica el método de Clasificación no Supervisada. Este método es un procedimiento de clasificación digital basado en el análisis de cluster. Para realizar este proceso, se cuenta con la extensión Image Analysis 1.1 de ESRI, que utiliza el método de cluster no jerárquico, denominado ISODATA (ESRI, 1996).

Con los resultados obtenidos de la clasificación, se verifican en campo, para posteriormente se clasifican las imágenes de los años anteriores (1975, 1985 y 1998), ya que se asume que las categorías se van a mantener en el tiempo y por ende la combinación de bandas (453).

A modo informativo y para establecer los antecedentes de uso anteriores a 1975, se analizan los registros estadísticos del MGAP, con los que se establece que el uso predominante de la Cuenca de la Laguna de Castillos, fue tradicionalmente ganadero extensivo con dominio de la pradera natural (DIEA, 1990).

6. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE LA LAGUNA DE CASTILLOS

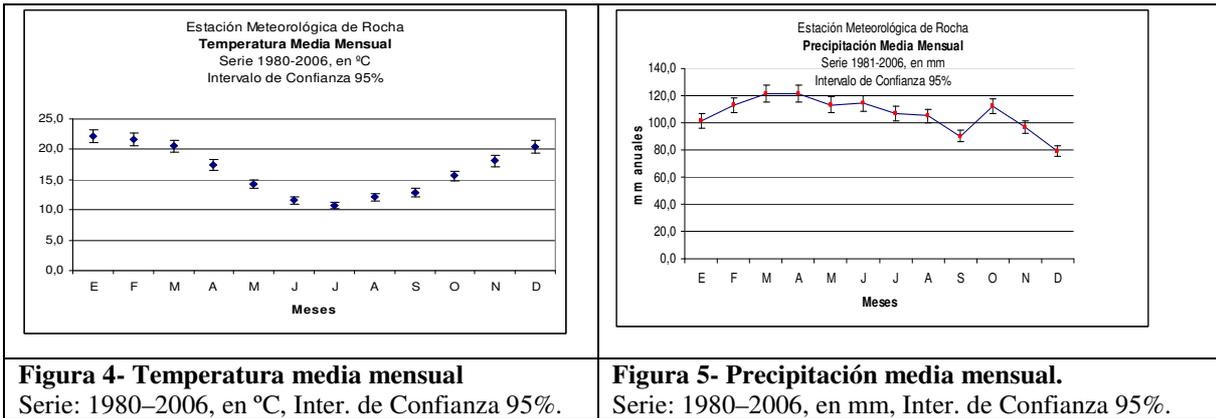
La cuenca de la Laguna de Castillos ocupa una superficie de 126.502 has, y se localiza al SE del departamento de Rocha, a $34^{\circ}04'02''$ - $34^{\circ}30'21''$ de latitud sur y entre los $53^{\circ}47'47''$ - $54^{\circ}13'16''$ de longitud oeste.

La Cuenca está limitada: al Oeste por la Sierra del Chafalote, al Norte la Cuchilla de los Píriz, la cuchilla de la Carbonera, al Este por la Cuchilla del Peñón, al Sureste por la Cuchilla de la Angostura y al Sur por Loma de Narváez. El espejo de agua de la Laguna de Castillos cubre una superficie de 8046 has, y se conecta al océano Atlántico, a través del A°Valizas, que tiene una extensión de 16,234 km.

En términos generales corresponde a un paisaje de sierras, lomadas y llanuras; se desarrollan a partir de series metamórficas de la era Precámbrica y Cámbrica, con pendientes entre 5 a 15%, con predominio de praderas, asociados a montes serranos. En tanto, en la zona de planicies y llanuras, las pendientes oscilan entre 2 y 3%, donde se depositan sedimentos heterotexturales cuaternarios y cubren prácticamente el 60% de la superficie de la cuenca (Preciozzi. *et al, op.cit*; Bossi *et al.*1998). Estas planicies han sido afectadas por eventos transgresivos durante el cuaternario, eventos que se identifican en los niveles de paleocostas marinas y lacunares, en los depósitos de sedimentos marinos y por el desarrollo de suelos halomórficos (Montaña y Bossi, *op.cit.*).

En la planicie, se desarrollan humedales con niveles de agua permanentes y semipermanentes, mientras que en los valles fluviales se localizan importantes montes fluviales. Los ecosistemas predominantes son la pradera estival de tapiz denso y el monte fluvial típico, dependiendo de la posición en el paisaje.

El clima en la región, es subtropical húmedo con características marítimas, presenta variaciones estacionales de temperatura, bien marcadas y riesgo de sequía prolongada (Corsi, 1978, en Berreta, 2008; DNM, 2000).



Fuente: Elaboración a partir de los datos de la estación Meteorológica Rocha - DNM 2006

Según los registros pluviométricos correspondientes a la Estación Meteorológica de Rocha (DNM) durante el período 1980-2006, el promedio de las precipitaciones anuales fue de 1.277 mm, con un máximo en marzo abril y mínimo en diciembre; la temperatura media anual fue de 16,4°C (Castaño *et al*, 2009). Con episodios de déficit hídricos entre los meses de Noviembre a Abril (Ver Anexo I- Características de la Cuenca: Balance Hídrico, Serie 1980-2009, DNM, 2009).

6.1.1. Uso del suelo

Tabla 7- Usos del Suelo para las Áreas de Enumeración que incluyen la Cuenca de la Laguna de Castillos

Uso del Suelo	Sup (Ha)
Bosques naturales	6.824
Forestación	8.933
Viñedos	2
Cultivos de huerta.	475
Cultivos cerealeros e industriales	746
Cultivos forrajeros anuales	1.113
Tierra arada al 30/06/00.	339
Rastrojo	403
Praderas artificiales	11.719
Siembra en cobertura	18.591
Campo natural fertilizado	4.916
Campo natural	158.035
Tierras improductivas	3.089
TOTAL	215.185

Fuente: DIEA, 2003

Para la descripción de la Cuenca se consideran los valores totales de las nueve áreas de enumeración que incluyen la Cuenca de la Laguna de Castillos y exceden la superficie de la misma. En las áreas de enumeración se localizan 660 establecimientos agropecuarios. Sobre esta base territorial y tomando los datos del Censo General Agropecuario del año 2000 (DIEA, 2003) se establece que el 5% de los establecimientos tiene extensiones superiores a las 1000 hectáreas y concentran 50% de la superficie de la cuenca. Mientras que el tamaño medio de los establecimientos oscila entre las 100 y 200 hectáreas (Ver Anexo I- Características de la Cuenca). En lo

que se refiere a la tenencia de la tierra la mayoría de los establecimientos son propietarios con el 69% de la superficie considerada.

Respecto al uso del suelo, en la Tabla 7, en base a los datos del Censo Agropecuario del 2000, el campo natural y las praderas mejoradas cubren el 90% de la extensión de la cuenca, los

Montes Nativos (Montes fluviales y serranos) ocupan el 3% de la superficie total. En el Censo 2000, la cobertura forestal alcanzaba el 4% de la superficie de la cuenca; estas cifras se han modificado como se comunica en el trabajo de Dell'Acqua, et al. 2006, para el Departamento de Rocha.

La Tabla 8 presenta una síntesis de los distintos cultivos que se desarrollan en las áreas de enumeración que exceden el área de la Cuenca de la Laguna de Castillos (aprox. 60%). En el año 2000, los cultivos de Maíz ocupan la mayor superficie sembrada. Las superficies ocupadas con cultivos de Arroz, se localizan en la Cuenca de la Laguna Merín, fuera del área de estudio (DIEA, *op. cit.*).

En el año 2000, en 136 de 660 explotaciones agropecuarias se siembran praderas artificiales, que incluyen las coberturas de tapiz herbáceo natural con agregado de especies forrajeras con o sin roturación del suelo. Como forrajes se integran todos aquellos cultivos anuales que son utilizados para el ganado, sea como pastoreo directo o como reserva de forraje.

Tabla 8 -Cultivos cerealeros e industriales, pradera y forrajes

Cerealeros e Industriales			Praderas Artificiales			Forrajes		
Tipo	Nº Exp	Sup (ha)	Tipo	Nº Exp	Sup (ha)	Tipo	Nº Exp	Sup (ha)
Arroz*	2	265	Trébol	40	697	Avena	37	325
Maíz	131	430	Trébol rojo	3	81	Trigo	2	71
Sorgo	3	43	Lotus	51	920	Ryegrass	96	1.270
Maní	3	5	Siembras puras	2	4	Otros	42	404
Otros	1	3	Mezclas forrajeras	265	10.103			
TOTAL	136	746	TOTAL	334	11.805	TOTAL	151	2.070

Fuente: DIEA, 2003

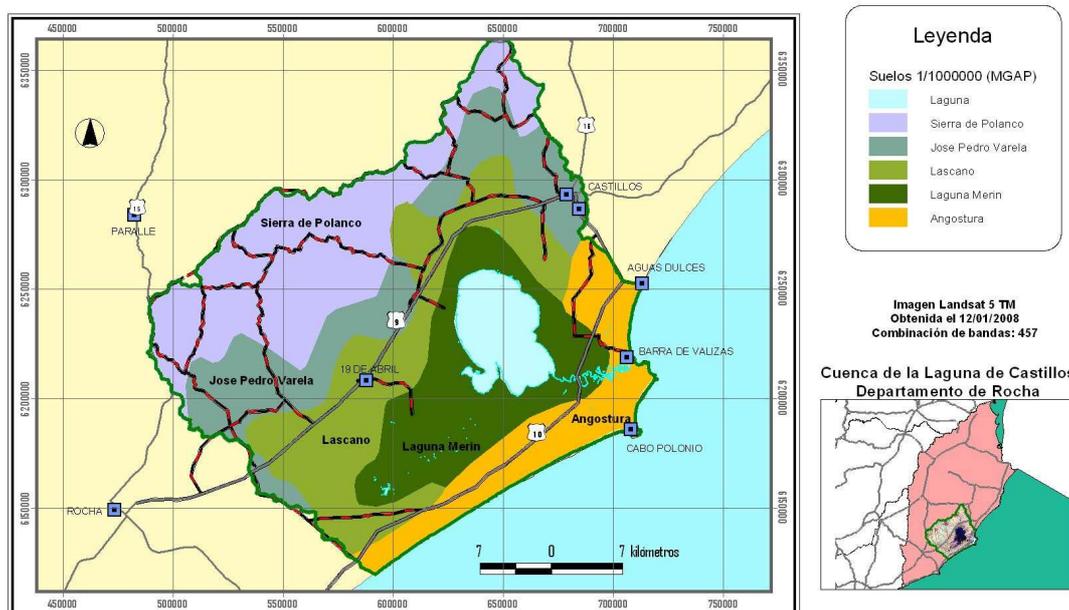
6.1.2. Suelos y paisajes

En Uruguay existen dos cartas de suelos que abarcan todo el territorio nacional, la carta de reconocimiento de suelos (DSF, 1976) y la carta de unidades CONEAT (Comisión Nacional de Estudio Agronómico de la Tierra, CONEAT, 1994).

6.1.2.1. Unidades de suelo, carta 1:1.000.000

La Cuenca de la Laguna de Castillos esta conformada por 5 unidades de suelos de la carta de reconocimiento de Suelos a escala 1/1.000.000 (DSF, 1979; Cayssials y Álvarez, 1983), como se muestra en el Mapa 3. Son unidades relativamente homogéneas, que están en función del tipo de material generador, del tipo de suelo, su ubicación en el relieve y la vegetación predominante.

**Cuenca de la Laguna de Castillos
Carta de Suelos a escala 1/1.000.000,**



Fuente: Dirección de Suelos y Fertilizantes, MGAP, 1979

Figura 6- Unidades de Suelo a escala 1/1.000.000. DSF, 1979

En la Figura 6, se presenta la distribución espacial de estas unidades de suelos en el territorio de la Cuenca de la Laguna de Castillos, elaborada a partir de la carta de suelos 1:1.000.000 original (Ver Anexo I- Características de la Cuenca). En la Tabla 9, se presentan las Unidades de Suelos localizadas en la Cuenca y el porcentaje que cada unidad ocupa.

Tabla 9- Unidades de Suelo a escala 1/1.000.000 en la Laguna de Castillos

Unidades	Sup	%
Sierras de Polanco	36.969,59	27,07
Lascano	30.920,54	22,64
José Pedro Varela	26.558,75	19,45
Lag. Merín	24.166,08	17,69
Angostura	17.967,28	13,15
Sup. Total	136.582,24	100,00

Fuente: DSF,1979

6.1.2.2. Unidades de suelo CONEAT

CONEAT (Comisión Nacional de Estudio Agro- económico de la Tierra, 1994), realiza la caracterización físico- ambiental para construir un Índice de Productividad en carne y lana de los Grupos de Suelos. Definen espacialmente áreas homogéneas a partir de la identificación de los grupos de suelos dominantes, asociados y accesorios y describen las características del relieve y las pendientes medias asociadas, así como también la geología que se presenta como material madre, los ecosistemas predominantes y la potencialidad de uso del suelo, a escala 1:20.000. Las unidades CONEAT, no son estrictamente unidades cartográficas básicas de suelo, sino que constituyen áreas homogéneas, definidas por su capacidad productiva en términos de carne bovina, ovina y lana.

Según la carta de unidades CONEAT es posible identificar 21 unidades en la cuenca de la Laguna de Castillos (Ver Anexo I). Las unidades de suelo CONEAT se relacionan con las unidades de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000. Se indican para cada grupo, algunas propiedades importantes de los suelos y características asociadas del paisaje.

Tabla 10: Síntesis con los Grupos de Suelos en la Laguna de Castillos

Unidades CONEAT ⁹	Sup (has)	%
07.1	8145,12	6,06
07.2	4590,39	3,42
09.1	4457,75	3,32
10.7	10196,05	7,59
2.10	3644,47	2,71
2.11a	8548,31	6,36
2.11b	2456,92	1,83
2.12	21780,65	16,21
2.21	18081,79	13,46
3.11	6616,74	4,93
3.12	1168,62	0,87
3.13	19,13	0,01
3.14	941,81	0,70
3.15	2883,69	2,15
3.2	1799,93	1,34
3.30	7520,00	5,60
3.31	5885,26	4,38
3.41	6568,25	4,89
3.51	273,61	0,20
3.53	3111,25	2,32
3.54	15657,39	11,65
Total	134347,13	100

Fuente: CONEAT, 1994

6.1.2.3. Asociaciones vegetales en la Cuenca de la Laguna de Castillos

En la cuenca se localizan también asociaciones vegetales, que se vinculan con ambientes de humedales y costeros. Estas asociaciones se distribuyen conformando parches.

A lo largo de los cursos fluviales, se desarrollan Bosques ribereños (Del Puerto, *op.cit.*), mientras que en las planicies y depresiones con inundación permanentes, se desarrollan Bosques hidrófilos. En la cuenca se encuentran diversas asociaciones vegetales, como por ejemplo: Bosques Xerófilos asociados a dunas fijas, también denominados Bosques psamófilos, asociados a Matorrales xerófilos. Según estos autores, en la Cuenca se localizan otras asociaciones vegetales, que se clasifican como Herbazales hidrófilos, que incluyen a la vegetación de los bañados ácidos, Caraguatales, Césped ribereño, Juncuales, Pajonales,

⁹ Anexo 2 – Descripción de las Unidades CONEAT

Pastizales hidrófilos y costeros, Totorales, Espartillares y Hunquillares (Lafitte y Hurrell, 1997; Alonso y Bassagoda, 2002, en Fagúndez y Lezama, 2005).

Estas últimas asociaciones vegetales, forman una Unidad Ambiental asociada al Sistema Laguna de Castillos – A°Valizas, que se ubica detrás de las Lomadas Costeras. Es el sistema de transición entre las planicies de la Laguna de Castillos y A°Valizas y el sistema dunar. Comprenden ecosistemas de bañados de turbera, praderas inundables, zonas de migración A°Valizas y meandros abandonados. Es sustento de una gran diversidad de aves y mamíferos (Kraus *et al*, 2005, en SNAP, 2009; Alonso, 1998).

Asociaciones Vegetales de la Cuenca de la Laguna de Castillos

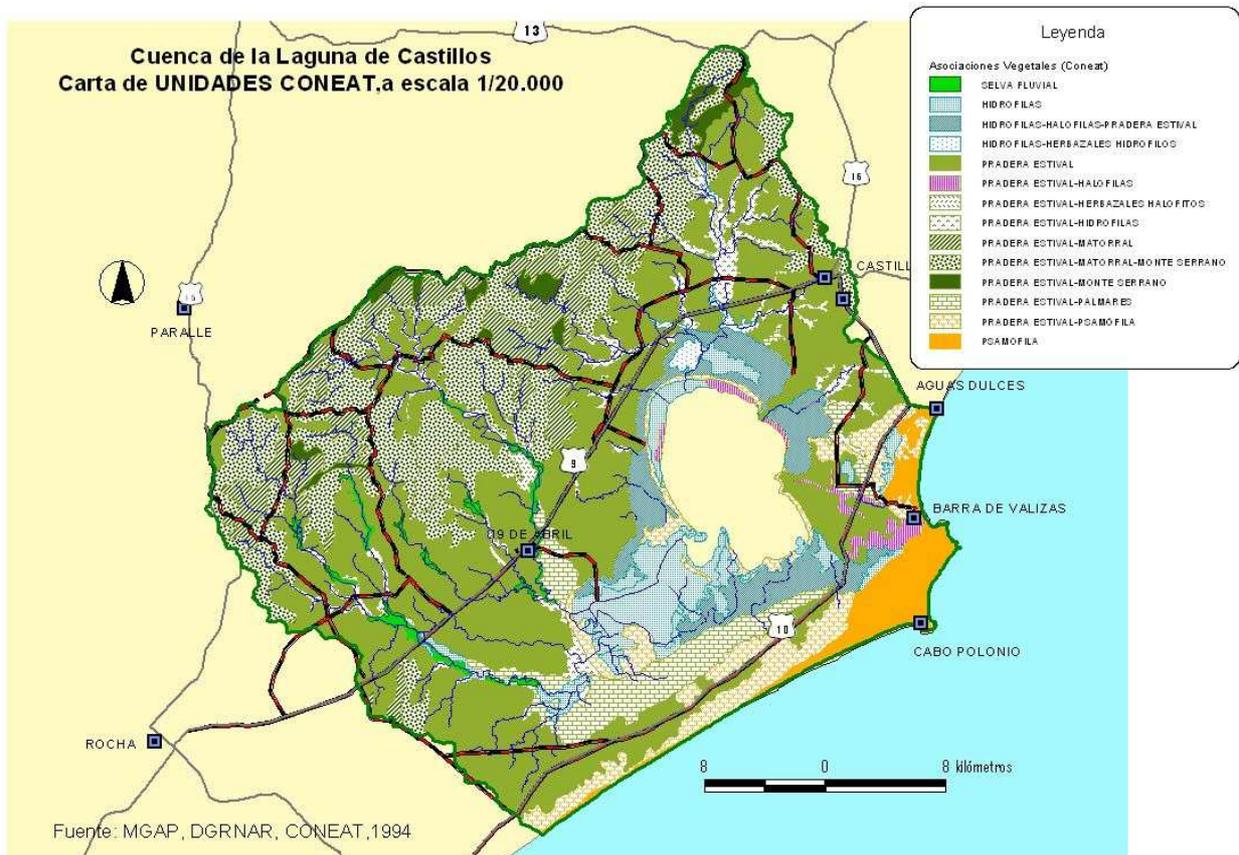


Figura 7- Asociaciones Vegetales a escala 1/20.000. DSF, 1979

6.2. Aspectos generales del A°Valizas

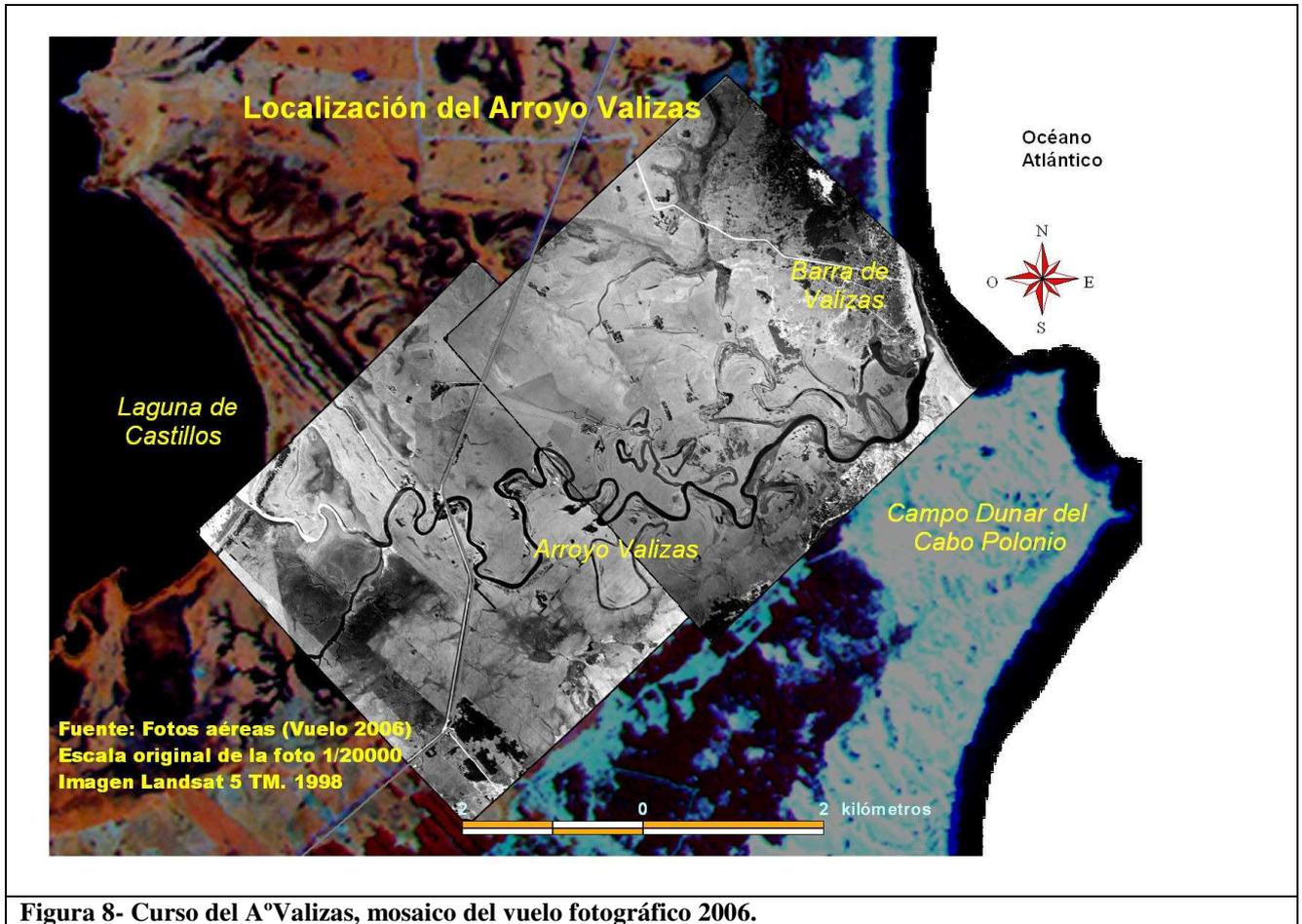


Figura 8- Curso del A°Valizas, mosaico del vuelo fotográfico 2006.

El A°Valizas es un canal fluvial de régimen estuarino, que conecta la laguna con el océano, favoreciendo la mezcla de las aguas al interior de la Laguna de Castillos y en el propio canal. La salinidad fluctúa a lo largo del año y se acentúa en eventos de tormenta con el ingreso de agua del mar (Jorcin, *op. cit.*; Rodríguez Gallego, *op. cit.*)

En la planicie del A°Valizas, la variabilidad de la salinidad, asociado a la existencia de ambientes de humedales y a cordones de playas lagunares, propician la existencia de una gama de ambientes en poca superficie (Malvárez, *op. cit.*), lo que hace de esta planicie un área especialmente compleja y heterogénea.

El A°Valizas es un canal de alta sinuosidad y canal único, que se entalla en una planicie de marea por la acción fluvial genera un cinturón de meandros (Piñeiro y Panario, *op. cit.*), donde se conservan estructuras, como canales abandonados, dique de barras, etc. (Carta Topográfica C-26, SGM, 1967).

El comportamiento meandriforme, que responde a la escasa pendiente de la planicie, en la cual los meandros representan la forma de equilibrio en función de la ley del mínimo trabajo. (Christofoletti, *op. cit.*, Chorley y Kennedy, 1971). La forma del canal refleja el ajuste de las descargas fluyendo a través de una sección transversal y es la resultante de la acción ejercida por el flujo de materiales del lecho y márgenes. Las dimensiones, son controladas por el equilibrio entre las fuerzas erosivas de entallamiento y de los procesos de agradación. (Christofoletti, *op. cit.*; Leopold, 1973)

Próximo a la Laguna de Castillos se conservan estructuras de paleocanales, originados por un ambiente mareal (Piñeiro y Panario, *op. cit.*) Aunque en la actualidad los procesos de edafización se suceden en la planicie baja bajo el influjo de las napas que se ubican a poca profundidad, lo que brinda condiciones favorables para la formación de suelos hidromórficos, como por ejemplo el Bañados del Chafalotte (DSF, *op. cit.*).

Por lo expuesto, se asume que esta zona se caracteriza por su dinamismo en plazos cortos, que modifican profundamente el funcionamiento de este sistema ambiental. En los últimos años, la Cuenca de la Laguna de Castillos, viene experimentando modificaciones en el uso del Suelo, y se evidencian signos de degradación ambiental, producto de la actividad antrópica que probablemente estén afectando a la Cuenca de la Laguna de Castillos y en especial a la planicie del A°Valizas. Es por este motivo, que en este trabajo se intenta establecer el peso de estas modificaciones, analizando las componentes del sistema. Es en esta línea que se han detectado amenazas, como por ejemplo alteraciones del régimen hídrico de la laguna, aparentemente producto de la apertura de la barra A°Valizas, al incremento de la actividad de los camaroneros en la laguna y en el arroyo (Norbis, 2000; SNAP, 2005) a las que se le agregan modificaciones en los usos del suelo en las últimas seis décadas

El territorio de la Cuenca de la Laguna está integrado por un conjunto de paisajes contrastantes, que propician la presencia de ambientes heterogéneos, con variedad de recursos edáficos e hidrológicos, lo que le brinda un valor estratégico. El territorio está conformado por sierras, lomadas, colinas y amplias llanuras asociadas a zonas de humedales. En los últimos años, los suelos de las zonas altas de uso tradicionalmente ganadero extensivo han sido sustituidos por cultivos forestales. A las actividades productivas de la cuenca, se le suma en el 2008, la instalación de un parque eólico en las sierras de Carapé que aporta a la red energética del país y abastece las ciudades de Rocha y Castillos. Los humedales asociados a la Laguna de Castillos, fueron incluidos como zona para la preservación ambiental, en acuerdos nacionales e internacionales.

La Laguna de Castillos se diferencia de las restantes lagunas costeras, por conectarse a través de un canal fluvial al océano y no en forma directa. El funcionamiento hídrico del A°Valizas, propicia la presencia de áreas de transición, de alta diversidad biológica. Estas particularidades favorecen el valor paisajístico y ecosistémico de la Cuenca de la Laguna de Castillos.

6.2.1. Complejidad dinámica del área

El origen de la Laguna de Castillos se vincula con las variaciones del nivel del mar durante el Holoceno; así la cuenca ha experimentado fluctuaciones de sus condiciones ambientales en lapsos relativamente cortos de tiempo. Los cambios de nivel de la laguna se observan por la presencia de paleocostas lacunares localizadas en los bordes de los humedales, y que a la fecha cubren 10.329 has. La superficie ocupada hoy por humedales más la superficie del actual espejo de agua, estuvieron cubiertas por aguas poco profundas y probablemente se vincularan directamente al océano. Producto del descenso del nivel del mar, se origina una planicie costera, por donde se entalla el actual A°Valizas.

En la actualidad, los humedales asociados retienen parte de los excedentes hídricos durante el año, mientras que el A°Valizas cumple la función de vaso comunicante, entre la laguna y el océano.

El A°Valizas, se entalla en una planicie de origen costero de 2.842 has, de materiales arenosos y arcillo arenosos (CONEAT, 1994), que dieron origen a suelos arenosos, asociados a suelos hidromórficos. El curso fluvial presenta alta sinuosidad con meandros activos semiactivos y abandonados. Los segundos se conectan temporalmente al canal principal, durante eventos de crecida. Otro factor es la presencia de la barra arenosa en la desembocadura que favorece el ascenso del nivel del agua en el canal, favoreciendo el tiempo de retención de agua en las zonas bajas de la cuenca (canales y humedales).

6.2.2. Importancia del A°Valizas para el funcionamiento y la gestión de la Cuenca

El A°Valizas cumple múltiples funciones, las que se pueden agrupar en tres tipos:

- Estructural: como canal que posibilita el intercambio entre la cuenca alta y el océano.
- Funcional: como regulador del nivel de agua entre la Laguna de Castillos y el canal.
- Biológico: como canal de transición de ambientes mixohalinos, donde se asocian diversos ecosistemas

El A°Valizas es un sistema complejo y dinámico a escala espacio temporal, con multiplicidad de funciones y sensible a cambios ambientales en el corto y largo plazo. Establecer la dinámica

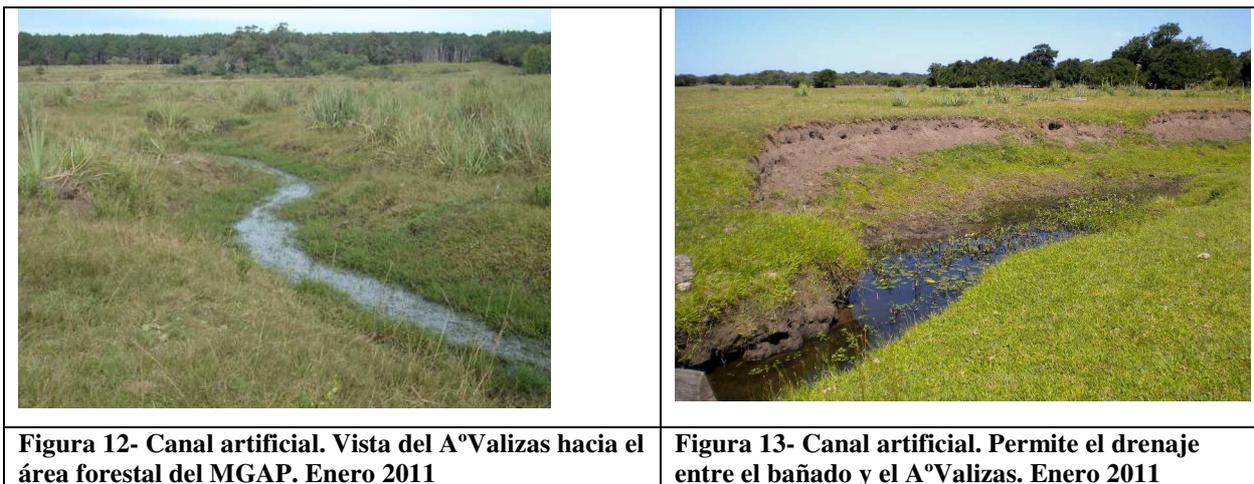
y la relación entre la cuenca alta, la laguna y el A°Valizas, es un requisito imprescindible para instrumentar planes de gestión de la cuenca tendientes a la incorporación del área a un sistema de áreas protegidas.

6.2.3. Importancia estratégica de la planicie del A°Valizas

Por su origen, su composición litológica y la multiplicidad de funciones ecosistémicas la planicie del A°Valizas es un territorio de gran valor funcional. Conformada por materiales sedimentarios recientes poco consolidados, donde se desarrollan suelos poco profundos asociados a suelos Hidromórficos y Halomórficos (Chebatarroff, *op. cit.*). Esta planicie está ocupada por praderas estivales densas y comunidades hidrófilas y psamófilas. Los montes nativos se concentran en los principales cursos fluviales pero alejados del A°Valizas, donde no hay presencia de monte fluvial, ya que las márgenes son sensibles a las fluctuaciones del nivel del caudal.

		
<p>Figura 9- Erosión en margen derecha. Fotografías Enero 2011</p>	<p>Figura 10- Detalle de la terraza.</p>	<p>Figura 11- Erosión en la margen izquierda</p>

A nivel topográfico, en la planicie hay escasas diferencias altimétricas, con presencia de depresiones y estancamiento de agua. A pesar de lo expresado, el escurrimiento superficial se localiza en tres vertientes: hacia la Laguna de Castillos, otra hacia el A°Valizas propiamente dicho y la última que drena hacia los bañados localizados próximos a la Barra de Valizas. El escurrimiento superficial ha sido modificado, con la construcción de zanjás, que favorecen en drenaje de los campos.



6.2.4. Contradicciones entre la oferta ambiental y el turismo.

La costa de Rocha es una zona de creciente interés turístico, por la oferta ambiental con la que cuenta el departamento, y en especial por el amplio litoral costero. El desarrollo turístico fue pensado con un modelo urbanístico consolidado y capacidad de brindar servicios para un turista tradicional y con poder adquisitivo (La Paloma).

Entre la década del 80 y 90, los nuevos modelos de consumo propician la búsqueda de nuevos lugares y un turismo alternativo, con baja demanda de infraestructura y servicios, es en este contexto que surgen nuevos balnearios en la costa de Rocha, como Punta del Diablo, Cabo Polonio y Barra de Valizas (MTyD, 2010). Estas poblaciones en su origen fueron asentamiento de pescadores artesanales y aún hoy presentan escasa infraestructura. El modelo de turismo alternativo, está en proceso de transformación, con una importante tasa de crecimiento del número de turistas que demandan más infraestructuras y servicios.

Barra de Valizas, se ubica sobre un campo dunar forestado, rodeado de bañados al oeste y separado de la costa por un cordón dunar, en que se localizan aproximadamente 1200 viviendas (INE, 2005). Por sus características topográficas, la zona presenta limitaciones para el crecimiento urbano. Mantener la actividad turística en Barra de Valizas, implica desarrollar un modelo que contemple por un lado los nuevos requerimientos de servicios y por otro las limitaciones físicas del balneario.

6.2.5. Necesidad de comprender la dinámica del A°Valizas

La dinámica del A°Valizas responde a una multiplicidad de factores locales y regionales. Por su localización, el curso cumple una doble función, como canal de desagüe de la Cuenca y punto de ingreso de agua oceánica.

A escala local, la dinámica fluvial afecta directamente al poblado de Barra de Valizas, porque el ascenso del nivel fluvial, provoca un enlentecimiento del drenaje del A°Valizas y la

acumulación de agua en zonas topográficas bajas, provocando inundaciones dentro del pueblo y ascenso de las napas freáticas. Esta situación es más preocupante cuando las crecidas se producen durante la temporada estival.



Figura 14- Puerto natural sobre el A°Valizas. Enero 2011

La dinámica fluvial afecta la actividad pesquera, ya que la desembocadura del A°Valizas se utiliza como un puerto natural para pequeñas embarcaciones pesqueras (Figura 14).

Existen limitaciones para comprender la dinámica fluvial, fundamentalmente por la escasez ó falta de información básica de las variables hidrológicas y meteorológicas. Los cursos fluviales de la Cuenca de la Laguna de Castillos, así

como el A°Valizas están no aforados, a lo que se suma que la red pluviométrica en la cuenca, solamente cuenta con una estación en el pueblo 19 de Abril, donde las series están incompletas. Otro elemento importante en la dinámica fluvial es la presencia temporal de la barra arenosa del A°Valizas. La información existente sobre su dinámica, es la que aportan los pescadores y la población local, pero no existe un relevamiento sistemático de información. Estos insumos serían fundamentales para la elaboración de un plan de gestión del área que contenga propuestas a nivel local, lagunar y de cuenca (Rodríguez Gallego, *op. cit.*).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Migración lateral del A°Valizas. Descripción general de resultados

En la Tabla 11, se presenta el resultado obtenido del cruce de coberturas vectoriales correspondientes a la digitalización del canal fluvial del A°Valizas, a partir de los mosaicos ortogonalizados efectuados en 1943, 1967, 1998, 2006.

	Casos (políg.)	Procesos	Superficie total (m ²)
Periodo 1 (P1)	30	Acresión	115.870
	26	Erosión	213.729
24 Años	56		329.599
Periodo 2 (P 2)	19	Acresión	72.395
	31	Erosión	279.774
31 años	50		352.169
Periodo 3 (P3)	29	Acresión	145.162
	30	Erosión	143.552
8 años	59		288.714

Con ese proceso se obtienen 165 polígonos, que corresponden a la remoción de materiales producto de la acresión y la erosión de las márgenes, que cubren una superficie de aproximada de 97 has (970.482 m²).

Se pudo detectar que las márgenes del curso han migrado visiblemente en un periodo de 63 años, lo que permite calcular la Tasa Global de Remoción Anual.

La Tasa Global de Remoción Anual (TGRA)¹⁰, es definida como: el cociente entre la superficie total removida y por el número total de años de la Serie (63 años). Para el calculo de la TGRA se consideran todas las superficies generadas por remoción, independiente al proceso que las origina (Acresión/Erosión). Como resultado se obtiene la TGRA que es de 1,54 has/año.

Tabla 12- Superficies Removidas por procesos de Acresión/Erosión

Superficie (m ²)	Acresión (m ²)	Erosión (m ²)	Total (m ²)	% Acresión	% Erosión
Periodo 1	115.870	213.728	329.599	35	65
Periodo 2	72.395	279.774	352.169	20	79
Periodo 3	145.163	143.552	288.715	50	50
Total (m²)	333.428	637.054	970.482	34%	66%
	TGAA¹¹ (m²/a)	TGEA¹² (m²/a)	TGRA (m²/a)		
	5.292,5	10.112,0	15.404,5		

Período comprendido entre 1943- 2006

¹⁰ TGRA- Tasa Global de Remoción Anual = Superficie del polígono/Nº de años

¹¹ TGAA- Tasa Global de Acresión Anual= Superficie de los polígonos originados producto de la acresión/Nº de años

¹² TGEA- Tasa Global de Erosión Anual= Superficie de los polígonos originados producto de la erosión/Nº de años

En la Tabla 12, se presentan los resultados correspondientes a las superficies de los polígonos obtenidos al interceptar las coberturas del canal (1943/1967/1998/2006), los que representan los procesos de Acresión/Erosión e incluye la Tasa Global de Erosión Anual (TGEA) y la Tasa Global de Acresión Anual (TGAA).

Dichas Tasas se obtienen del cociente entre la suma de todas las áreas de los polígonos originados por erosión ó acresión y el número total de años del periodo considerado (63 años) Como resultado se establece que a lo largo de todo el período 1943/2006, el proceso erosivo provoca la removilización del 65% de los materiales (aprox. 63,70 has), con una TGEA de aprox. 1 has/año ($10.112 \text{ m}^2/63 \text{ años}$), mientras que el proceso de acresión alcanza una TGAA aproximada de 0,5 has/año ($5.292 \text{ m}^2/63 \text{ años}$)

En la Figura 15, se presentan los valores de las tasas de removilización en cada corte temporal y se calculan las TRA de la acresión/erosión para cada período y en función del N° de años. Donde se observa que durante el P1 (1943/1967) y el P2 (1967/1998) las TRA producto de la erosión son superiores, tendencia que se modifica en el P3 (1998/2006), donde las TRA se igualan.

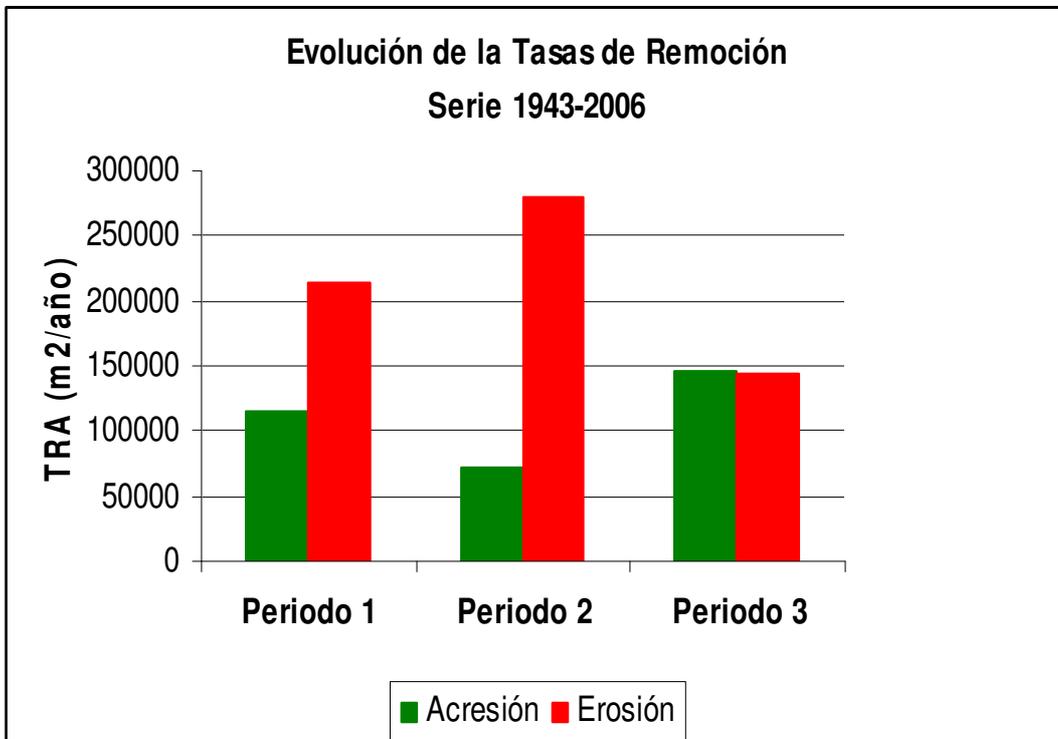


Figura 15 - Tasas de Remoción anual de Acresión/Erosión

Otra forma de cuantificar la migración lateral es calcular la migración longitudinal de las márgenes, obteniéndose el Rango de Migración Lateral (m/a).

En la Tabla 13, se presentan los Rangos de Migración Lateral¹³ (RML) por acreción y erosión, calculados para cada corte temporal.

Los RML, así obtenidos, presentan un comportamiento muy similar entre sí, independiente al proceso que los origina (Acreción/Erosión), a lo largo de los periodos 1 y 2, con rangos en el entorno de 0,35 m/año, mientras que los RML por Acreción/Erosión, durante el periodo 3 se incrementan y son superiores a 1m/año,

Tabla 13- Rangos de Migración Lateral entre periodos

	Años	Acreción (m²)	Acreción Perímetro/2	Acreción (m/a)	Erosión (m²)	Erosión Perímetro/2	Erosión (m/a)
Periodo P1	24	115870	4827,9	0,38	213728	8905	0,45
Periodo P2	31	72395	2335,2	0,25	279774	9024,9	0,37
Periodo P3	8	145163	18145,3	1,08	143552	17944	1,05
	63						

Rango de Migración Lateral (m/a)

Como primera aproximación, se observa en la Tabla 13, que los RML por la erosión son mayores a lo largo de los dos primeros períodos. Mientras que en el tercer periodo, los RML por acreción se intensifican y alcanzan a 1,08 m/año, al igual que los RML por erosión con 1,05 m/año.

En la Figura 16, se destaca el comportamiento de los RML por acreción que prácticamente se triplican (2.8 veces) en 63 años. Aunque los procesos de acreción se intensifican en los últimos ocho años el incremento es 4.5 veces mayor. En cambio los RML por erosión crecieron pero en forma más gradual, si se compara los RML en el Periodo 1 y 3, donde

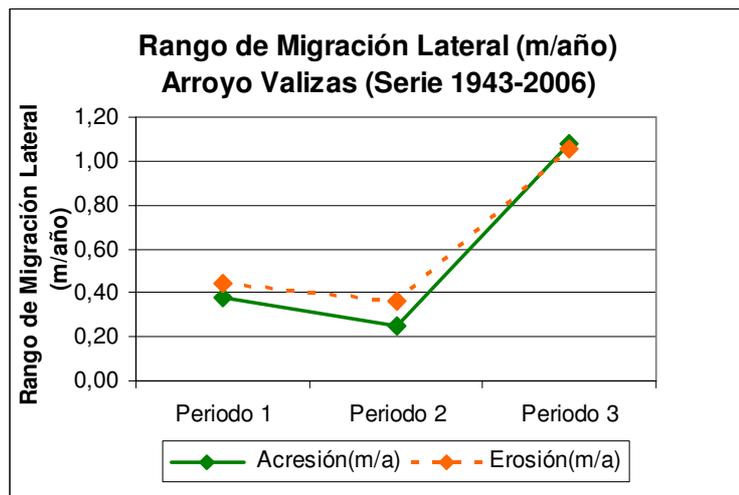


Figura 16 – Comportamiento de RML por Acreción/Erosión

¹³ Rangos de Migración Lateral: Superficie del polígono/(1/2 perímetro X N° años considerados)

el proceso se incrementa menos de 3 veces (2.6 veces).

En síntesis:

- Tasa Global de Remoción Anual para la serie 1943/2006 es de 1,5 ha/año.
- Tasa Global de Remoción por Acresión fue de 0,5 ha/año en igual periodo
- Tasa Global de Remoción por Erosión fue de 1 ha/año en igual periodo

Esto se traduce a nivel de migración lateral en un Rango de Migración Lateral (RML) para:

- la RML por acresión alcanza a los 0,57 m/año y
- la RML por erosión alcanza los 0,62 m/año.

Tabla 14- Ancho del Canal (m)

Año	Ancho Canal (m)
1943	37,5
1967	43,6
1998	56,8
2006	59,8

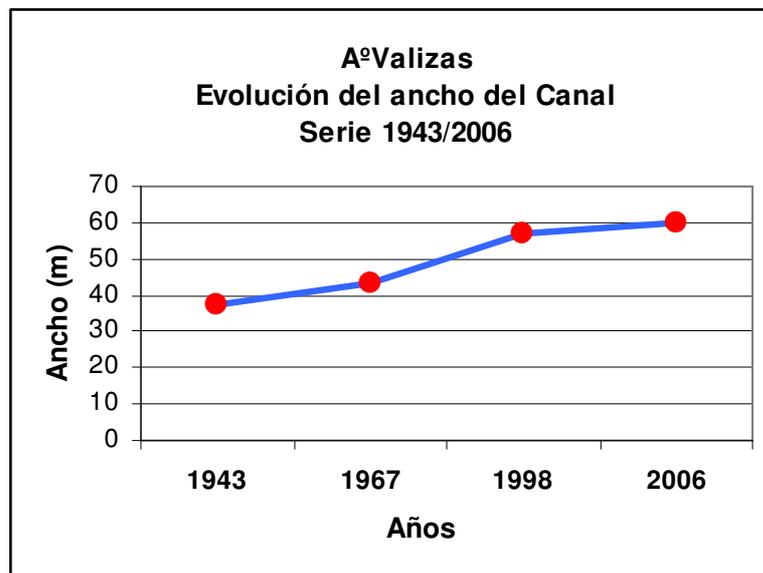


Figura 17- Evolución del ancho del canal

En la Figura 17, se comprueba que canal se ha ensanchado 22 metros durante 1943/2006. El proceso de ensanchamiento no ha sido uniforme, como muestra el gráfico, donde se observa que durante 1967/1998 el ensanchamiento alcanzó a aproximadamente a 13 m.

El ensanchamiento puede responder a una multiciplidad de causas, como por ejemplo: al incremento del caudal del A°Valizas debido al aumento de las precipitaciones en la cuenca de la Laguna de Castillos, a incrementos de los aportes de agua proveniente del mar y/o cambios en el uso del Suelo (Céspedes *et al*, 2009).

7.1.1. Selección de la variable

La migración lateral del curso en los diferentes periodos, son producto de los procesos de acresión y erosión, como respuesta de las variaciones del caudal y la carga de sedimentos que transporta el flujo a lo largo del tiempo (Richards, *op.cit.*; Christofolletti, *op.cit.*). Existen varios

trabajos que analizan esta temática, por ejemplo los estudios de Constantine (2009), que determina el rango de erosión de los meandros, e introduce la técnica de la fotogrametría para el registro de las variaciones laterales. El cual es considerado un antecedente relevante en esta investigación.

Existen dos formas de estudiar la dinámica del curso: una utiliza como variable la Tasa de superficies removidas por año (TRA en m²/año) y otra considera como variable la variación horizontal de los rangos de migración lateral, (m/año). Sólo con el fin de seleccionar una variable a trabajar, se analiza el grado de correlación entre estas variables. De este análisis se obtiene como resultado que el ajuste entre TRA y RML es alto, con un $R^2 = 0,71$ y un nivel de confianza el 95%.

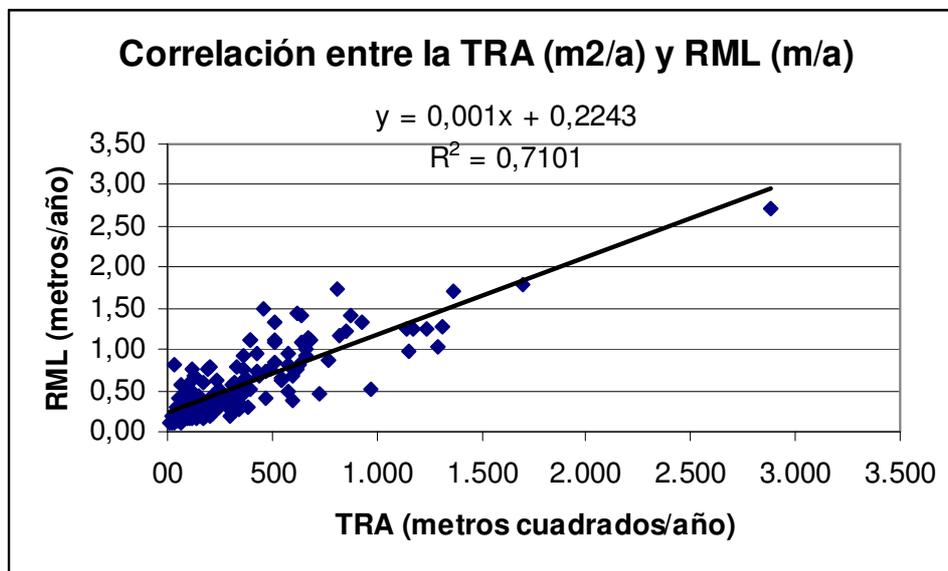


Figura 18- Correlación entre la TRA y RLM

En la Figura 18 se presenta el gráfico y como la correlación es alta, y tomando en cuenta que el objetivo de la investigación es conocer el comportamiento de la migración lateral, se procede a trabajar con los RML.

7.1.2. Descripción de los datos de RML

En la Tabla 15, se resumen las características de las 6 series consideradas, que son a nivel estadístico independientes y desiguales entre sí (\neq N° de datos), y se analiza la distribución y la varianza de cada series.

Tabla 15 – Descripción estadística de la serie de datos de RML (1943-2006)

RML (m/año)	Acresión (P1)	Erosión (P1)	Acresión (P2)	Erosión (P2)	Acresión (P3)	Erosión (P3)
Nombre de Serie	101	102	103	104	105	106
Nº de Casos	26	30	31	19	30	29
Media	0,4177	0,3883	0,3545	0,2384	0,9790	0,9993
Límite inferior	0,3242	0,2718	0,2920	0,1550	0,7431	0,83690
Límite superior	0,5112	0,5048	0,4170	0,3219	1,2149	1,1618
Media recortada al 5%	0,3927	0,3461	0,3377	0,2082	0,9122	0,9800
Mediana	0,4100	0,2900	0,3100	0,1800	0,8150	1,0200
Varianza	0,054	0,097	0,029	0,030	0,399	0,182
Desv. típ.	0,23138	0,31200	0,17035	0,17315	0,63186	,42707
Mínimo	0,13	0,11	0,17	0,11	0,16	0,29
Máximo	1,27	1,74	0,88	0,91	3,03	2,14
Rango	1,14	1,63	0,71	0,80	2,87	1,85
Amplitud intercuartil	0,22	0,19	0,19	0,11	0,66	0,51
Asimetría	2,033	3,061	1,566	3,539	1,863	0,539
Curtosis	6,638	11,960	2,443	14,061	4,084	0,586
Error típico	0,04538	0,05696	0,03060	0,03972	0,11536	0,07931

Para comparar las series de RML y establecer si entre ellas existen diferencias significativas a nivel estadístico, previamente se evalúa si cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. En caso de ser afirmativo, se aplica el Test de Análisis de Varianza para un factor (ANOVA), para establecer si existen diferencias significativas entre series (Pérez, *op. cit.*; Hsu, 1981).

Se aplica el Test Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Sminiv, con N= 165, para un nivel de confianza al 95%, y así establecer si los datos de RML siguen una distribución normal.

Tabla 16- Pruebas de Bondad de Ajuste

Series RML	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
101	0,239	30	0,000	0,684	30	0,000
102	0,175	26	0,039	0,831	26	0,001
103	0,300	19	0,000	0,562	19	0,000
104	0,188	31	0,007	0,848	31	0,000
105	0,113	29	0,200 [*]	0,965	29	0,429
106	0,166	30	0,034	0,823	30	0,000

Pruebas de Normalidad del RML

A modo de resumen se presenta la Tabla 16, de la cual se desprende que las series, no cumplen el supuesto de normalidad.

Ni cumplen el supuesto de homogeneidad de varianza, tras aplicar el test de Levene (para población normal), ni el de Kruskal-Wallis para poblaciones que no siguen una distribución normal.

Como resultado de la aplicación de la Prueba de Bondad de Ajuste y el Test de Homogeneidad de Varianza, se obtiene

que las series de RLM, no cumplen con los supuestos, por lo tanto se procede a la transformación logarítmica (ln) de los datos, como sugiere la bibliografía (Arriaza *et al, op. cit.*), antes de utilizar un Test No- Paramétrico.

La transformación logarítmica, permite reducir las variaciones internas de los datos, mejorando la distribución de los mismos. En caso de que el procedimiento sea efectivo, se estaría en condiciones de comparar las medias poblacionales aplicando una ANOVA de un factor (Norusis, *op. cit.*).

En la Tabla 17, se muestran los resultados, luego de ser transformados los datos a los que se les efectúan las pruebas de Bondad de Ajuste y Homocedasticidad, considerando que las series obtenidas para cada periodo no tienen el mismo número de datos (\neq N° de datos), se aplican el Test Brown y Forsythe (1974) y Welch (1936) para analizar el comportamiento de las Varianzas (Day y Quinn, 1989).

Como resultado de la transformación logarítmica, los datos RML (Ln(RML)), cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad, al 95% de nivel de confianza, por lo tanto, se está en condiciones de realizar el Análisis de Varianzas, para determinar si existe o no

Tabla 17- Pruebas de Bondad de Ajuste RML

Proceso Ln(RML)	Pruebas de normalidad RML Transformado					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
101	0,104	30	0,200 [*]	0,966	30	0,433
102	0,122	26	0,200 [*]	0,968	26	0,560
103	0,159	19	0,200 [*]	0,856	19	0,009
104	0,103	31	0,200 [*]	0,958	31	0,266
105	0,136	29	0,184	0,952	29	0,205
106	0,081	30	0,200 [*]	0,974	30	0,646

a. Corrección de la significación de Lilliefors

diferencias significativas entre las series. Por lo tanto, a partir de este momento se procede a utilizar los datos de RML transformados (Ln(RML)), lo que permite aplicar estadística paramétrica.

7.1.2.1. Comparación entre los RML de Acresión y de Erosión

Al explorar los datos de RML por acresión y erosión, surgen preguntas que se intentan responder en los sucesivos items:

Pregunta a responder:

- ¿Existe diferencia significativa entre los RML por erosión y acresión?

Para establecer si existen diferencias significativas entre los RML por Erosión y Acresión a lo largo de toda la serie considerada (1943-2006), se realiza la Prueba T

Hipótesis:

Ho: RML de Acresión = RML de Erosión en 63 años

H1: RML de Acresión ≠ RML de Erosión en 63 años

Tabla 18- Pruebas de Bondad de Ajuste Ln(RML)

Estadísticos de grupo				
Proceso RML (LnRML)	N	Media	Desv. Típica	Error típ. (media)
1	77	-0,8468	0,79932	0,09109
2	88	-0,7794	0,66869	0,07128

Prueba T muestras independientes

Resultado: Prueba Levene de igualdad de varianza: $F_{(2/165)} = 7,863$, $p < 0,05$, como el resultado del Test es inferior a 0,05, entonces:

Se rechaza Ho y se acepta H₁, por lo que:

RML Acresión ≠ RML de Erosión

En el periodo 1943/2006 se puede considerar que los RML por Erosión fueron superiores a los RML por Acresión.

Al considerar el total de años (1943/2006), se obtiene que los RML producto de la Acresión/Erosión son diferentes entre sí. También se puede establecer que a lo largo de todo el periodo 1943/2006, los RML a nivel global producto de la erosión son mayores que los RML producto de la acresión. El hecho que la erosión a lo largo de los 63 años sea mayor y que se

manifiesta con el ensanchamiento del canal, indicaría que hay más energía en el sistema fluvial, producto del aumento del caudal.

Este comportamiento coincide con lo que han planteado los diferentes investigadores, ya que la migración lateral fluvial, es la respuesta del ajuste entre las variables, que actúan en la forma del canal (Chorley, *op. cit.*; Leopold y Wolman, *op. cit.*). Es esperable entonces, que la diferencia entre la erosión y la acresión, responda a un mecanismo interno de ajuste del canal, que en función del flujo, la pendiente y la litología del cauce, modifica el cauce para realizar el mínimo trabajo

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. op. cit.*), asociados a depósitos de materiales arcillosos, donde se han formado humedales (próximos a la Laguna de Castillos y a la desembocadura del A°Valizas. Estos últimos presentan características Halomórficos (Cangrejales), asociados a canales semiabandonados con agua semipermanente y que formaron parte del antiguo canal del Valizas (Panario y Gutierrez, *op.cit*, UdelaR, 1955).

Si bien se pudo comprobar que la erosión lateral a lo largo de 63 años ha sido más intensa, no es menos cierto que los procesos de acresión también registran un incremento, como se observa en la Tabla 13, donde la acreción vario de 0,38 m/a entre 1943/1967 y a 1,08 m/a entre 1998/2006.

Esto puede sugerir que el curso se esta equilibrando, por lo tanto se procede a estudiar el comportamiento de los RML (acresión/erosión) entre periodos.

7.1.1.2. Comparación entre los RML entre periodos

- ¿Existen diferencias significativas en los RML entre periodos, independientemente del proceso que los genera?

Para realizar la comparación, se aplica Análisis de Varianzas de un Factor (ANOVA), ya que se cumplen los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas, para un nivel de confianza del 95% (Descriptivo en Anexo II-Tablas de RML).

Hipótesis:

$$H_0: RML_{P1} = RML_{P2} = RML_{P3}$$

$$H_1: RML_{P1} \neq RML_{P2} \neq RML_{P3}$$

Resultado de la ANOVA, para una población de N=164, siendo el estadístico $F= 73,577$ $(5/164)$, se obtiene como resultado que $p<0.05$, por lo tanto, se puede asumir que las series son significativamente distintas (Tabla 19).

Tabla 19- ANOVA para los Ln(RML) entre periodos

ANOVA Ln(RML)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	41,718	2	20,859	73,577	0,000
Intra-grupos	45,927	162	,284		
Total	87,645	164			

ANOVA para RML entre periodos

La diferencia significativa entre los periodos se confirma al aplicar los Test Welch (para muestras desbalanceadas) y el de Brown-Forsythe, para poblaciones desbalanceadas con $N < 30$ datos.

Resultado: Como resultado de la aplicación de la ANOVA, se obtiene que las muestras presentan diferencias significativas por lo tanto se rechaza la Hipótesis nula, y se acepta la H_1

$$H_1: RML_{P1} \neq RML_{P2} \neq RML_{P3}$$

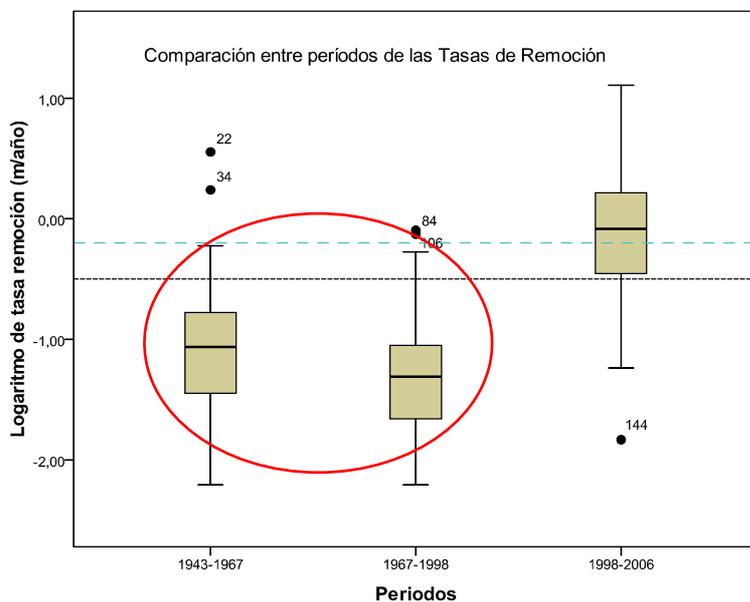


Figura 19- Subconjuntos homogéneos entre periodos (Test Turkey)

0,05 (Ver Anexo II- Tablas de RML).

Como resultado de la aplicación de la ANOVA de un Factor y el Test Post-Hoc, se establece, que los RML, entre periodos tienen comportamientos diferentes.

Al conjunto de los datos, se le aplica un análisis Post-Hoc de la ANOVA, para evaluar si hay subconjuntos. Se aplican el Test de Tukey y el Test de Scheffé.

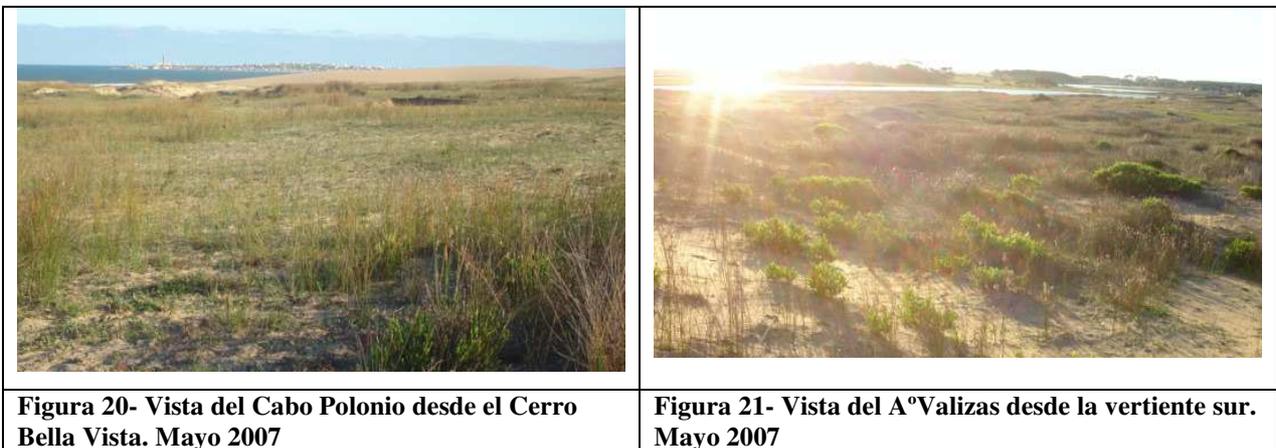
Los RML de los periodos 1 y 2, se agrupan como subconjuntos homogéneo, mientras que el RML del P3 es el que difiere significativamente para $\alpha=$

Como resultado de la comparación de la Acresión/Erosión entre periodos, se distinguen dos periodos claros, antes y después de 1998, con un incremento en la remoción de materiales, con promedio de 1m/añual de migración lateral.

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 por la Dirección Nacional de Hidrología lo que obliga a buscar caminos alternativos, que permitan confirmar o no el incremento del caudal.

Los factores que pueden estar afectando al caudal, son externos e internos. En el primer caso, el aumento del caudal, lo puede provocar un mayor ingreso de precipitaciones en la cuenca de la Laguna de Castillos, entre 1998 al 2006, provocando eventos de inundación más frecuentes. Para comprobar esta hipótesis, es necesario analizar el comportamiento de una serie de precipitaciones no menor a treinta años, que permita obtener tendencias sobre el comportamiento pluvial en el área de estudio.

En la misma línea, otra posibilidad, es que el incremento de caudal, responda a eventos de carácter puntual, como es el caso de eventos extremos de precipitaciones (IPPC, 1996). Que hallan afectado en forma excepcional a la cuenca del A°Valizas pero que no impliquen cambios significativos en las precipitaciones.



También se puede considerar que el aumento del caudal, responda a modificaciones en el balance entre los procesos infiltración/escurremiento, producto de transformaciones territoriales producto de cambios en el Uso del Tierra (Céspedes et al, *op. cit.*).

A lo anterior se le agrega la posibilidad, que se estén produciendo mayores aportes desde el mar. El incremento de ingreso de agua desde el mar, pueden deberse a múltiples causas, entre

las que se destacan: a) la intensificación de eventos de tormenta de componente meridional que eleva el nivel del mar por la acción del viento; b) a cambios de la dirección del oleaje respecto a la costa que puedan afectar la dinámica de apertura y cierre de la barrera arenosa del Valizas y c) que debido a la reducción de los aportes de sedimentos arenosos que se movilizan dentro de la zona litoral activa- ZLA (De Álava, 1992) que son transportados por el viento y por la corriente de deriva litoral, retardando el cierre de la barrera arenosa (Panario y Piñeiro, *op. cit.*, Gutiérrez, *op. cit.*).



Figura 22- Vista de las márgenes del A° Valizas próximo a la desembocadura. Enero 2011



Figura 23- Fondo del Sistema Dunar del Cabo Polonio. Enero 2011

7.1.2.3. Comparación de los RML por Acresión y Erosión entre periodos

¿Cómo se comportan los RML al compararlos entre sí, en función del proceso que los origina y entre los periodos establecidos?

Por lo que se plantea la siguiente hipótesis:

$$H_0: RML_{Acp1} = RML_{Acp2} = RML_{Acp3} = RML_{Erp1} = RML_{Erp2} = RML_{Erp3}$$

$$H_1: RML_{Acp1} \neq RML_{Acp2} \neq RML_{Acp3} \neq RML_{Erp1} \neq RML_{Erp2} \neq RML_{Erp3}$$

Para estudiar el agrupamiento, se aplica un ANOVA, para una serie de N=164 y un nivel de confianza del 95%, siendo el estadístico $F = 32,62_{(5/164)}$, y se obtiene como resultado que $p < 0,05$, por lo tanto, se puede asumir que las series presentan diferencias significativas, para un $\alpha = 0,05$. (Ver Anexo II- Tablas de RML).

Tabla 20- Pruebas Post Hoc

Proceso HSD de Tukey ^{a,b}	Log (RML)			
	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Acresión (103)	19	-1,5668		
Acresión (101)	30		-1,1437	
Erosión (104)	31		-1,1296	
Erosión (102)	26		-1,0005	
Erosión (106)	30			-0,1928
Acresión (105)	29			-0,1000
Sig.		1,000	0,916	0,987

Subconjuntos de los RML entre periodos

Como se obtienen diferencias significativas, se realizan pruebas Post-Hoc, utilizando el Test de Tukey, de allí se obtiene que las series de RML, presenten diferencias entre los procesos que los originan (Tabla 20).

Los procesos de acresión son los que presentan mayor variabilidad entre periodos, mientras tanto la erosión entre el primer y segundo periodo presenta un comportamiento similar, y se identifica una tendencia de incremento durante el tercer periodo (Figura 24).

Resultados:

Se Rechaza Ho, se acepta

$$H_1: RML_{Acp1} \neq RML_{Acp2} \neq RML_{Acp3} \neq RML_{Erp1} \neq RML_{Erp2} \neq RML_{Erp3}$$

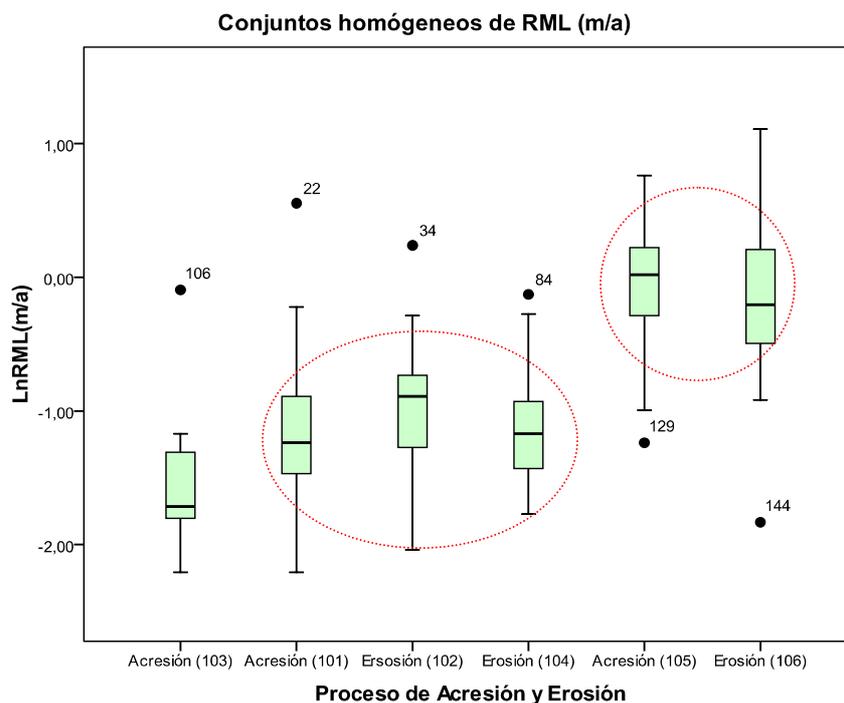


Figura 24- Agrupamiento de RML por procesos y periodo

Se estudia el comportamiento Post-Hoc

RML por Acresión

- $RML_{Acp1} \neq RML_{Acp2} \neq RML_{Acp3}$
- $RML_{Acp1} \neq RML_{Erp2} \neq RML_{Erp3}$
- no presentan un patrón de agrupamiento.

RML por Erosión

- Se evidencia un patrón de agrupamiento entre los RML entre el primer y segundo período.
- RML durante el tercer periodo es mayor que en los dos anteriores
- RML comparados

a- $Acp1 = Erp1 = Erp2$

No presentan diferencias significativas entre sí, y se los puede agrupar en un subconjunto homogéneo.

b- Otro subconjunto lo forman los RML de la acresión y la erosión en el tercer periodo (98-06), donde se evidencia un incremento de ambos procesos.

Los resultados obtenidos reafirman que en el último período (1998/2006), los procesos de removilización de materiales se activan, provocando el incremento tanto los procesos erosivos

como acresivos. Por lo que se infiere que el curso se ha estabilizado, ya que la removilización de materiales producto de la acresión ha crecido.

Por lo se podría estar frente a un sistema donde las fuerzas estén compensadas, y que además se este produciendo un incremento en el volumen de sedimentos transportados por el curso. Este aumento de sedimentos puede provenir de la alta cuenta o pueden responder al ingreso de sedimentos provenientes del mar, lo que explicaría la formación de nuevas áreas de acumulación a lo largo del curso fluvial.

7.1.2.4. Comparación entre los RML por Erosión en función de las márgenes.

- ¿Los procesos de erosión afectan a ambas márgenes con la misma intensidad?

Para responder esta pregunta, se procede a analizar si existen diferencias entre los RML producto de la erosión en función de las márgenes del curso. Los 87 datos se agrupan en función de los tres cortes temporales y de las márgenes, donde se produce la erosión. Las márgenes derechas erosionadas se denominan EDE y EIZ a la de izquierda, y se distinguen. Se analizan las tres series de Ln (RML) por erosión, que cumplen los supuestos de Normalidad y Homocedasticidad, para un nivel del 95% de confianza, donde se comparan si los RML a la derecha y a la izquierda son similares.

Se plantea la siguiente hipótesis para todos los periodos:

Ho: Erosión derecha (EDE) = Erosión izquierda (EIZ)

H₁: Erosión derecha ≠ Erosión izquierda

Por lo que:

Ho: EDEp₁ = EDEp₂ = EDEp₃ = EIZp₁ = EIZp₂ = EIZp₃

H₁: EDEp₁ ≠ EDEp₂ ≠ EDEp₃ ≠ EIZp₁ ≠ EIZp₂ ≠ EIZp₃

Al realizar la ANOVA, se obtiene que para una serie de N=87, F= 12,110_(5/81), y p>0,05, los periodos presentan entre sí diferencias significativas. (Ver Anexo II- Tablas de RML).

Tabla 21- Pruebas Post -Hoc de Erosión

LnRML de la Erosión en función de las márgenes			
Margen HSD de Tukey ^{a,b}	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
EDE (P2)	15	-1,1462	
EIZ (P2)	16	-1,1140	
EDE (P1)	12	-1,0525	
EIZ (P1)	14	-09560	
EDE (P3)	15		-0,3520
EIZ (P3)	15		-0,0335
Sig.		0,921	0,568

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En la Tabla 21, de acuerdo a los resultados obtenidos, se acepta la Ho, por lo tanto la erosión de la derecha y de la izquierda no presentan diferencias significativas.

Analizando la Tabla 21, se verifica que no existe diferencias significativas entre la erosión en función de las márgenes del canal. El agrupamiento aquí expresado responde a la intensificación del proceso erosivo durante 1998/2006, en ambas márgenes.

Al comparar los rangos de erosión entre sí, coincide con el ítem anterior y marca que existe un proceso más intenso de erosión entre 1998/2006. Pero cuando se compara el proceso erosivo en función de las márgenes, se puede observar que ambas márgenes son sensibles al

proceso de erosión, por lo que podemos asumir que el curso se ha estabilizado si se consideran los procesos de acreción/erosión.

7.1.3. Análisis espacial de los RML a lo largo del A°Valizas

En este ítem se estudia el comportamiento espacial de los RML, a lo largo del A°Valizas, para establecer si existe algún tipo de agrupamiento de datos. Para este estudio se utilizan todos los RML producto de la erosión a lo largo de los 63 años considerados. La selección de datos se justifica porque los RML por erosión, han sido mayores, a lo largo del total de tiempo analizado, además de verificar un incremento del rango en los últimos años (1998/2006).

Al analizar el comportamiento espacial a lo largo del curso, surgen dos nuevas preguntas:

- a) ¿qué ocurre a lo largo del curso con los RML?,
- b) ¿se puede zonificar el curso en función de los RML?

Tabla 22- Resultados del Análisis Jerárquico de Cluster

Conglomerado 1				Conglomerado 2			
Código	Clu	Vanual	RML	Código	Clu	Vanual	RML
3EIZ4	82	172	0,61	2EIZ1	27	161	0,19
3EDE11	60	232	0,62	2EDE1	35	179	0,19
1EIZ8	25	542	0,63	1EDE1	1	136	0,19
3EDE9	72	375	0,65	2EIZ8	41	65	0,20
3EDE8	71	366	0,75	2EIZ12	52	159	0,20
1EIZ7	24	486	0,75	2EDE12	48	159	0,20
2EIZ16	51	623	0,76	2EIZ3	38	63	0,22
3EIZ13	77	191	0,76	2EDE9	46	209	0,22
3EDE10	59	629	0,82	1EDE3	6	69	0,22
3EDE15	64	32	0,82	EIZ11	15	104	0,24
2EDE14	50	766	0,88	1EDE6	9	83	0,24
3EIZ2	80	363	0,92	2EIZ5	37	80	0,26
3EIZ3	81	428	0,94	2EDE5	40	337	0,26
3EIZ9	87	1.152	0,98	2EIZ2	28	161	0,27
3EDE1	58	668	1,13	2EDE3	29	50	0,29
3EIZ14	78	2.877	2,70	2EDE2	31	240	0,29
3EIZ15	79	1.052	3,03	1EIZ2	19	184	0,30
		Media	1,04	2EIZ6	30	292	0,30
				1EIZ13	17	162	0,30
				2EDE8	44	240	0,31
				2EIZ7	39	384	0,31
				2EIZ13	45	155	0,32
					Media	0,25	

Código Toponímico
 Nº de Serie de datos
 EDE/EIZ- Erosión
 derecha/izquierda
 Localización del punto en la
 margen

Resultados Análisis Jerárquico de Cluster (Método de Ward)

Para contestar estas preguntas, se procede a realiza un Análisis de Conglomerados Jerárquicos, que permite discriminar los datos (Tabla 22). Para discriminar grupos, se estudia la similitud entre los valores y la distancia entre los cluster (conglomerados). Se utilizan los RML por erosión, de los tres periodos, con un total de 87 datos. Se usa el método de aglomeración de Ward (SSPS. 17) en el que la distancia considerada, para separar conglomerados es la Distancia Euclideana al Cuadrado.

Como resultado, se presenta la Figura 25, donde se observan dos

conglomerados, donde los casos se separan por la variación de la erosión en función de los RML. A cada RML recibe un código compuesto, el cual se se lee de la siguiente manera, a modo de ejemplo 3EDE10: Periodo 3, erosión derecha EDE, punto 10 tomando como origen la Laguna de Castillo.

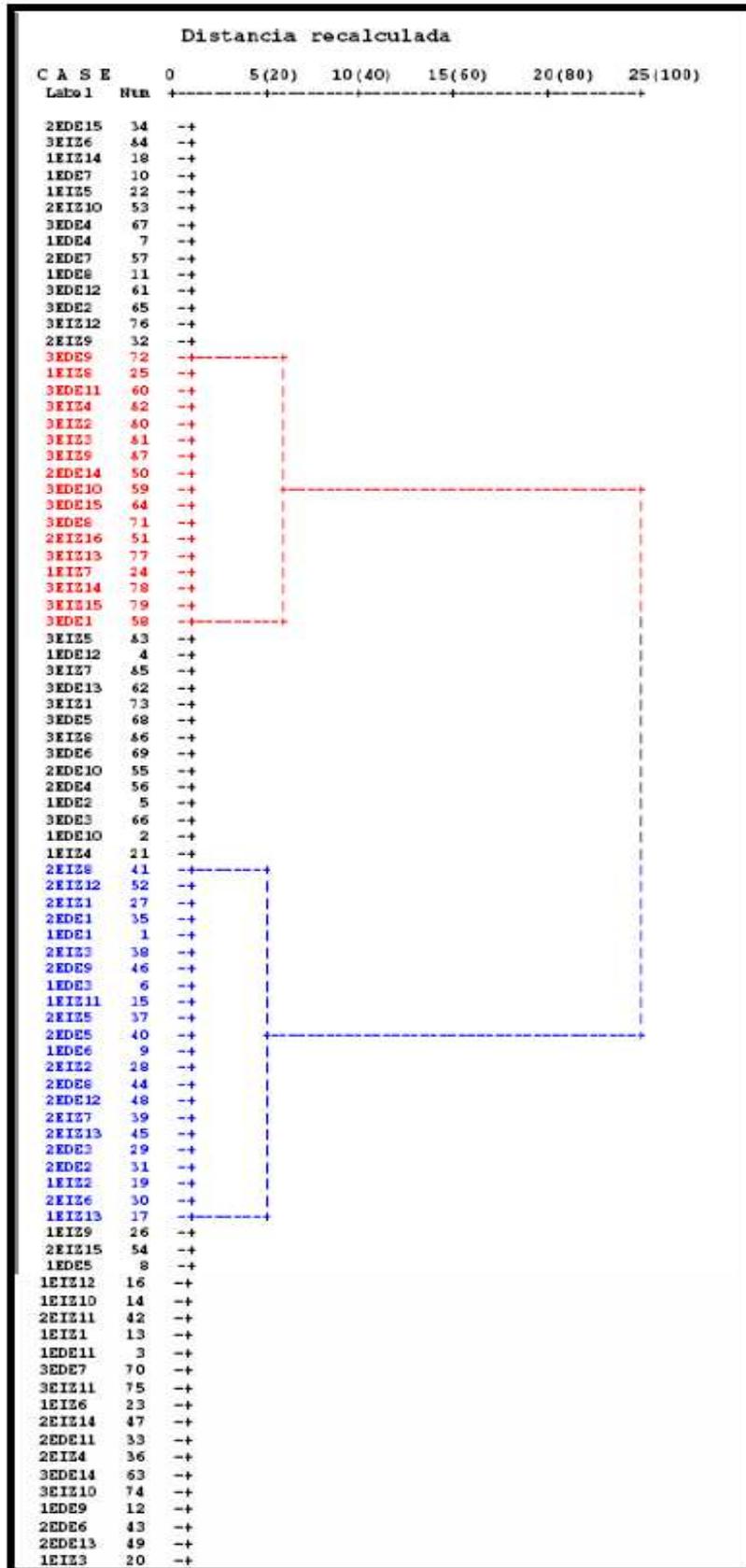


Figura 25- Dendrograma (Método de Ward)

En una segunda etapa, se ubica cada uno de los 17 datos de RML(Erosión) que forman el Conglomerado 1 (Tabla 22), donde se agrupan los mayores RML por erosión.

A través de un código toponímico se georreferencia cada RML del Conglomerado 1 al SIG de la Laguna de Castillos y con este procedimiento se identifica un patrón espacial de distribución de erosión longitudinal del A°Valizas en cada periodo.

Como resultado se individualizan tres sectores de máxima erosión a lo largo del curso, como se muestra en la Figura 26- Mapa de localización de los mayores RLM por erosión.

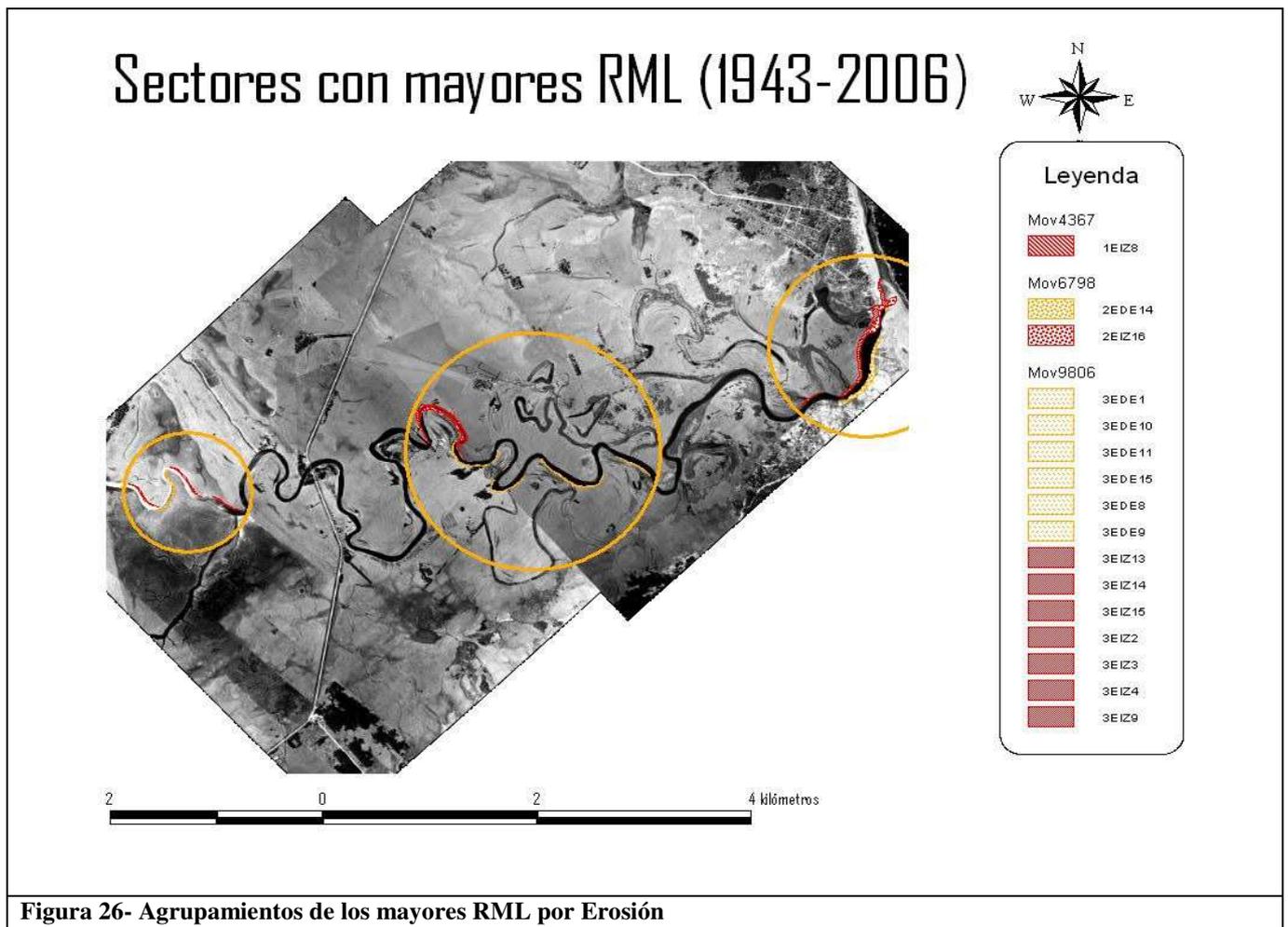


Figura 26- Agrupamientos de los mayores RML por Erosión

En la Tabla 23, se presentan los datos que integran cada sector a lo largo del curso del A°Valizas, cada sector identificado presenta características que se describen a continuación.

Tabla 23- Resultados del Análisis Jerárquico de Cluster

Código	RML	Sector
3EIZ4	0,61	Sector A
3EIZ2	0,92	Sector A
3EIZ3	0,94	Sector A
3EDE1	1,13	Sector A
3EDE11	0,62	Sector B
1EIZ8	0,63	Sector B
3EDE9	0,65	Sector B
3EDE8	0,75	Sector B
1EIZ7	0,75	Sector B
3EDE10	0,82	Sector B
3EIZ9	0,98	Sector B
2EIZ16	0,76	Sector C
3EIZ13	0,76	Sector C
3EDE15	0,82	Sector C
2EDE14	0,88	Sector C
3EIZ14	2,70	Sector C
3EIZ15	3,03	Sector C

El Sector A, ubicado próximo a la Laguna de Castillos, se localizan cuatro datos de RML, los cuales oscilan entre 0,6 a 1,10 m al año y todos ellos se originan durante el periodo 1998/2006 (Ver Figura 27). En este sector, la distancia máxima es de 1100 m, y el largo del curso es de 1875 m, con un índice de sinuosidad de 1,70 (Leopold, 1973).

A nivel general, las márgenes en este sector del cauce, presentan una depresión, con agua semipermanente con vegetación arbustiva (Ver Figura 27). La margen izquierda es la de mayor actividad erosiva, en tres de los cuatro rangos.

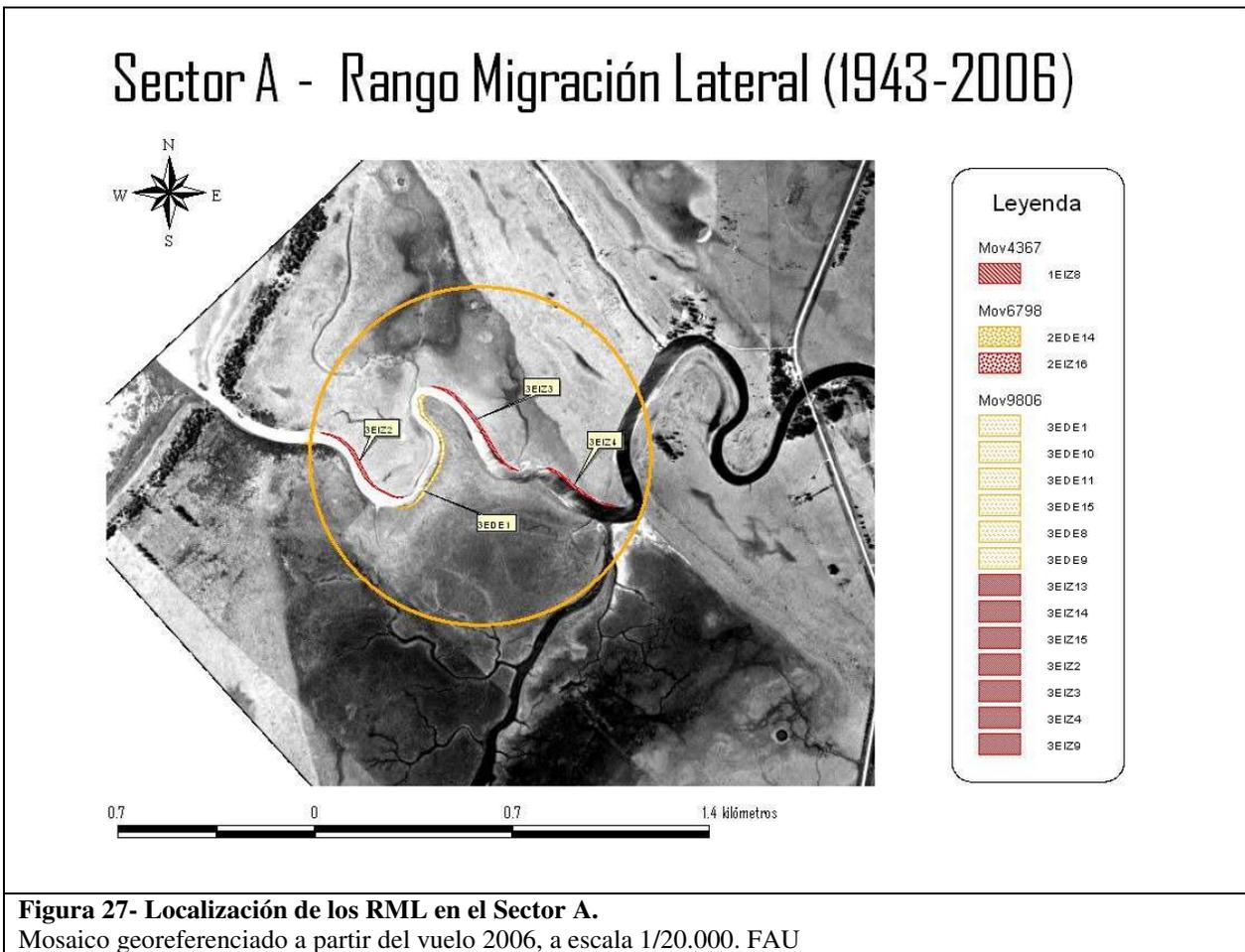




Figura 28 -Vista de la margen izquierda del Sector A. –Fot. Gabriela Fernández, enero 2008

El Sector B, se ubica aguas abajo del puente sobre la Ruta N° 10, a 1100 m en línea recta y a 3800 m por el curso. El sector B en línea recta ocupa una distancia de aproximadamente 2200 m, mientras que el curso mide 4800 m, por lo que se verifica la mayor sinuosidad, con una índice de 2,09 (Ver Figura 30- Sector B).

En este sector se localizan 7 de los mayores RML (17 casos, ver Tabla 23), del conglomerado 1, cuyos valores oscilan entre 0,60 a 0,98 m al año. De los cuales, dos se originaron en el periodo 1943/1967 y los restantes corresponden al tercer periodo.

En tanto la zona aledaña al curso, es una planicie, con microrelieves, presencia de meandros abandonados, lagunas aisladas, point bars, donde domina la vegetación de praderas.



Figura 29- Vista panorámica del Sector B. Fot. Gabriela Fernández, mayo 2009

Sector B- Rango Migración Lateral (1943-2006)

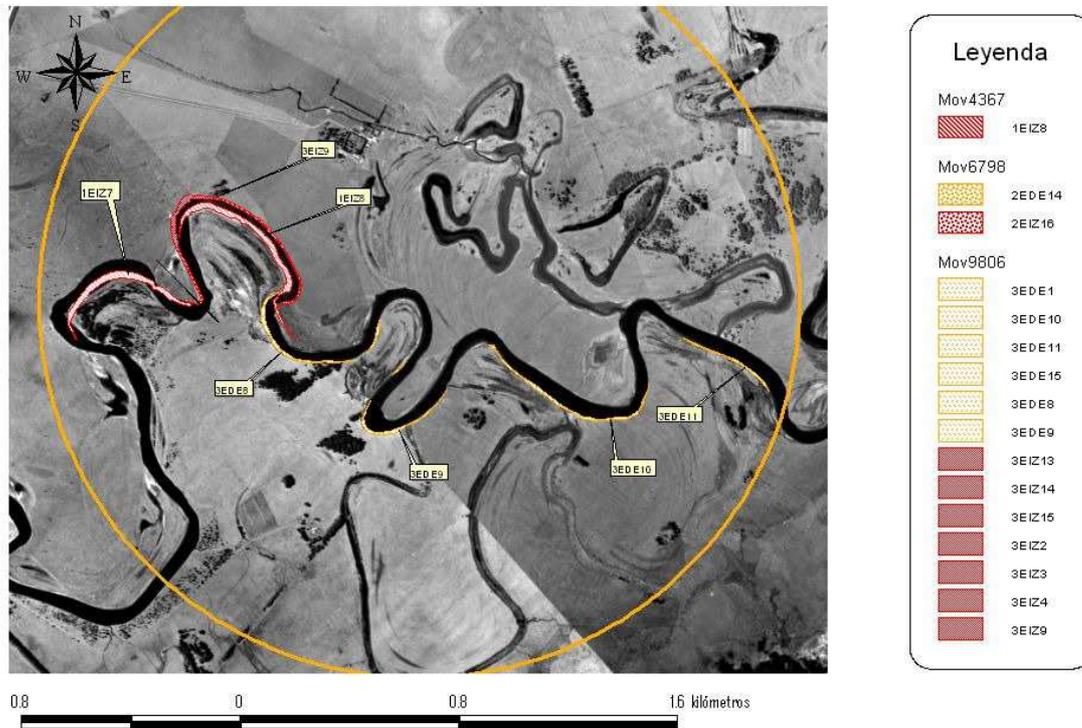


Figura 30- Localización de los RML en el Sector B.

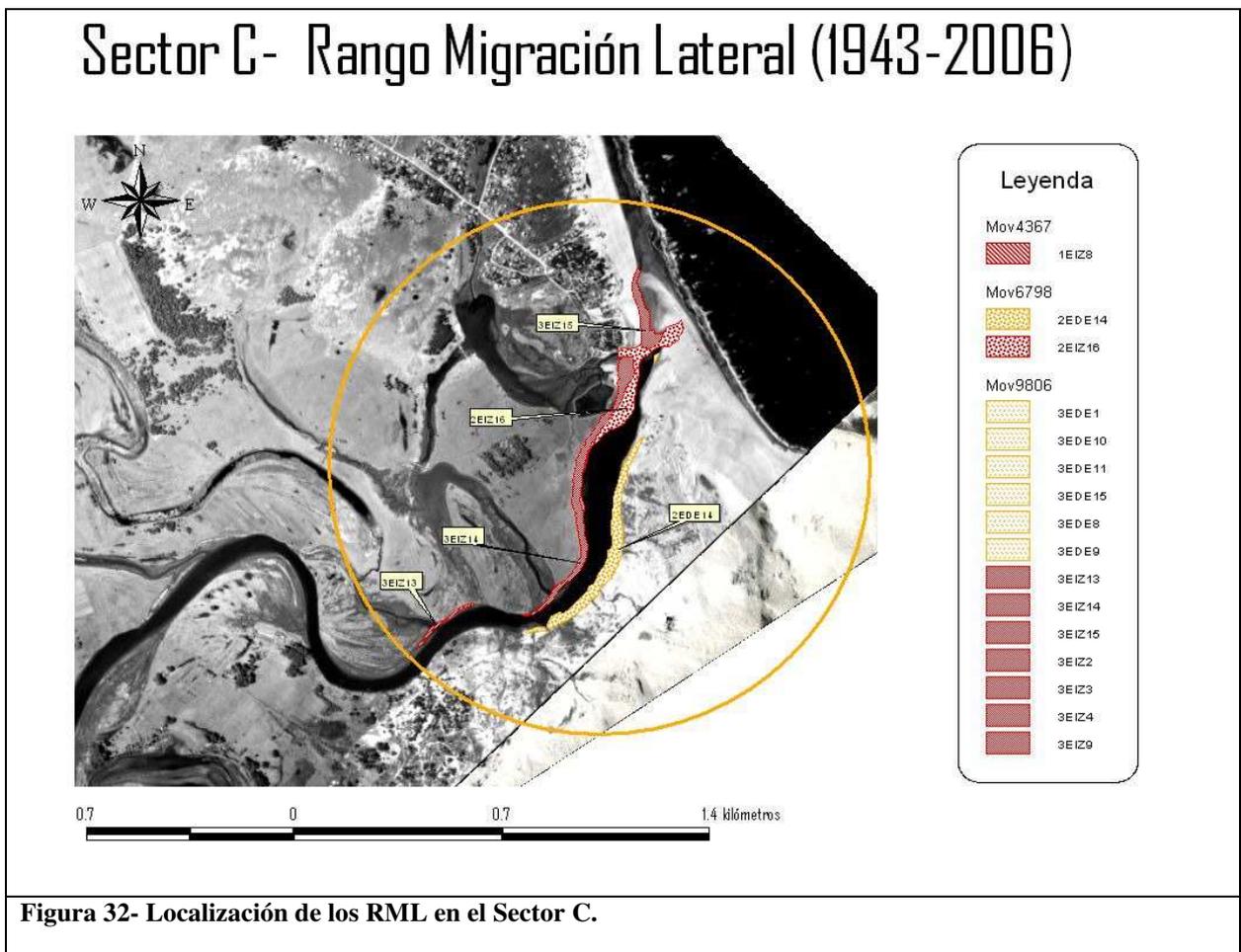
Mosaico georeferenciado a partir del vuelo 2006, a escala 1/20.000. FAU



Figura 31- Canal meándrico en el Sector B. Fot. Gabriela Fernández, mayo 2009

El tercer grupo (6 casos) se localiza en la desembocadura del A°Valizas, y ocupa una distancia de 1500 m y el curso tiene un largo de 1800, aquí la sinuosidad del cauce es mínima, con un índice de 1,2; por lo que es la zona más rectilínea de todo el cauce (Figura 30).

Por otra parte, este sector presenta los mayores RML, con valores que oscilan entre 0,70 a 3,0 m por año, siendo el sector de mayor movilidad, en valores absolutos, a lo largo de todos los años analizados. Esta característica se debe a que es el sector más afectado directamente por la acción del oleaje, (Rodríguez Gallego, *op. cit.*)



El sector C presenta características particulares, por ser la zona de contacto entre la costa y la laguna, y por presentar diferencias entre sus márgenes. En la margen derecha se localiza un sistema dunar activo, mientras que la margen izquierda presenta una planicie baja, asociada a bañados donde se localiza el pueblo Barra de Valizas, los cuales son antiguos canales del A°Valizas (Toller , en la UdelaR, 1955).



Figura 33- Cierre de la Barra Arenosa del A°Valizas. Enero 2005

Al comparar entre sí los tres sectores (N= 17 total), con el fin de establecer si los mismos presentan entre sí diferencias significativas a nivel estadístico, se realiza una ANOVA de un factor, para un nivel de significación del 95%. Como resultado, se obtiene que entre ellos y a nivel estadístico no presentan diferencias.

Los sectores localizados en el centro y en la desembocadura se identifican en los tres cortes temporales y es donde se ubican los mayores RML. Lo cual era esperable en el Sector C, ya que es en la desembocadura donde la dinámica es fluvio-marina es máxima. Mientras que el Sector B, es el de mayor sinuosidad y hay evidencias en el paisaje (meandros abandonados), de que ha sido una zona muy dinámica, lo que está relacionado con los materiales sedimentarios, por donde se entalla el curso y coincide con la propia planicie del A°Valizas (Panario y Gutierrez, *op.cit.*).



Figura 34- Efecto de los botes en las márgenes del canal. Febrero 2008

los materiales son más cohesivos.

Desde 1990 a la fecha, se ha intensificado el transporte fluvial de pasajeros, desde el puente en la Ruta N°10 al Monte de Ombúes y la pesca artesanal de camarón, donde en ambos casos se

En tanto el Sector A, es el lugar donde la erosión se ha activado y los RML se incrementaron entre 1998/2006, pero a diferencia de los anteriores, esta zona de la planicie presenta materiales arcillosos. En este sector, el arroyo atraviesa una depresión con agua semipermanente, por lo que

utilizan botes a motor, por lo que se encuentra coincidencia entre la actividad fluvial y el impacto que provocan los botes a motor sobre las márgenes del A°Valizas; estos resultados confirman lo informado en el trabajo de Rodríguez Gallego; *op.cit.*

7.2. Componentes externos e internos a la Cuenca de la Laguna de Castillos

Las variaciones del volumen y del régimen de precipitaciones, es una variable que provoca modificaciones en el ingreso de agua al sistema, que a lo largo del tiempo produce ajustes al interior del sistema fluvial (Chorley, *op. cit.*; Chrsitofolletti, *op. cit.*). Por lo que analizar el comportamiento de las precipitaciones en la cuenca, nos permite establecer como este factor externo condiciona al sistema. Este factor se hace relevante frente a las evidencias del “calentamiento global”, donde los estudios efectuados para la Cuenca del Plata, evidencian un incremento en el volumen pluviométrico que alcanza promedialmente al 10% (Giorgi, 2002, en Barros *et al*, 2006). En Uruguay el incremento ha alcanzado al 30%, coincidiendo con los aportes de Castañeda y Barros, 1994; Minetti *et al*, 2003 que expresan en su informe que “El aumento de la precipitación anual en los últimos 40 años ha sido mayor al 10% sobre la mayor parte de la Cuenca del Plata, pero en algunos lugares ha alcanzado el 30%”. (Bidegain, *et al*, 2005, en Barros *et al*, 2006).

Los variaciones pluviométricas, se las vincula al aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos asociados (tormentas severas). En este sentido, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1996) define un evento extremo como “aquel evento que es raro en un lugar y en un instante en un año”. Según esta definición se trata de valores máximos dentro de un conjunto de datos; lo que lleva a establecer que por efecto del calentamiento global, los extremos están variando, crecen en magnitud y en frecuencia. (IPCC, 2001; Wilks, 2006).

Con el objetivo de establecer si existen variaciones en el ingreso de agua pluvial a la Cuenca de la Laguna de Castillos, y de esta forma estimar el peso del factor climático en el comportamiento del sistema fluvial, se realiza una comparación estadística entre series pluviométricas

7.2.1. Ingreso de agua a la Cuenca de la Laguna de Castillos. Precipitaciones

Las series analizadas corresponden a la Estación Meteorológica de Rocha, que registran las medias mensuales de precipitación, para los periodos 1944/1960, 1961/1990, 1991/2010, con un total de 67 registros.

La Tabla 24, muestra los valores medios acumulados de precipitaciones mensuales, para cada serie, donde se registra un incremento de 120 mm, que corresponde a un aumento de 12% respecto la media acumulada anual de 1003 mm correspondiente a la Serie 1944/1960. Entre la serie 1961/1990 y 1991/2010, existe un incremento de 150 mm, que es el 14% respecto a la base de 1123 mm correspondiente a la 1961/1990. Estos valores acompañan las tendencias positivas para el último siglo, registradas para Uruguay (Giorgi, 2002, en Barros *et al*, 2006), por lo que a lo largo de los 67 años considerados las precipitaciones se incrementaron 270 mm entre 1944/2010.

Con el fin de establecer, si hay diferencias significativas entre las series analizadas, se aplica una ANOVA de un factor con un 95% de nivel de confianza, comprobado los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

Tabla 24: Precipitaciones medias Mensuales

Meses	P1 1944-1960	P2 1961-1990	P3 1991-2010
Dic	58	62	82
Ene	90	99	94
Feb	87	107	112
Mar	89	90	142
Abr	97	72	136
May	70	89	111
Jun	96	99	124
Jul	67	107	104
Ago	86	111	99
Set	105	106	84
Oct	89	98	108
Nov	70	83	79
	1003	1123	1275

DNM. Estación Meteorológica Rocha

Se establecen las siguientes hipótesis:

- H_0 – No existen diferencias significativas entre las series pluviométricas (1944/1960, 1961/1990, 1991/2010)
- H_1 –Existen diferencias significativas entre las series pluviométricas (1944/1960, 1961/1990, 1991/2010).

Como las series cumplen los supuestos de homogeneidad y homocedasticidad, se aplica la ANOVA, obteniéndose, que existan diferencias significativas entre las tres series pluviométricas.

En la Tabla 25, se presentan los resultados de la ANOVA, y se concluye que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, para un 95% de nivel de confianza.

Como se presenta en la Tabla 26, al aplicar las pruebas Post Hoc de Tukey y Scheffé, se establecen dos subconjuntos, los cuales comparten una de las series (1961/1990). Se establece diferencias significativas entre la Serie 1944/60, con respecto a la Serie 1991/2010. Entre las series 1961/1990 y 1991/2010 se registran el aumento del volumen de precipitaciones, por lo que se mantiene la tendencia ascendente, pero en menor intensidad.

Tabla 25- Resultados de la ANOVA

ANOVA- Medias de Precipitaciones Mensuales (mm)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3075,167	2	1537,583	5,465	0,009
Intra-grupos	9283,833	33	281,328		
Total	12359,000	35			

Al mismo conjunto de datos se le aplica la ANOVA de un factor para un nivel de confianza del 90%, donde se registra similar comportamiento y agrupamiento de las series. (Ver Anexo- Precipitaciones).

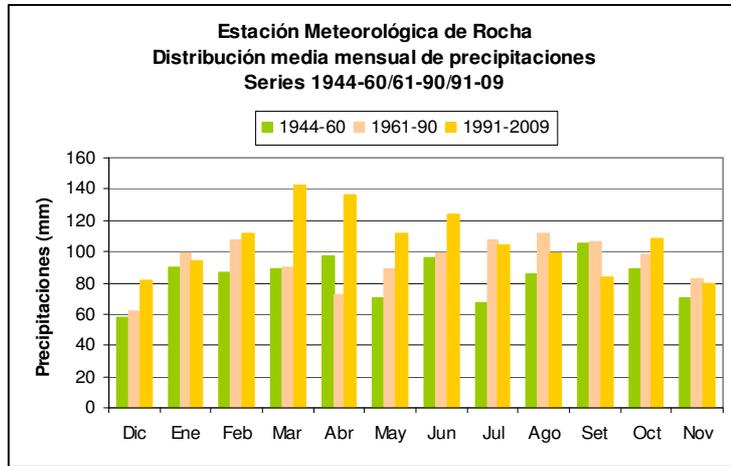
Tabla 26- Resultados Post Hoc de Tukey y Scheffé

Medias de Precipitaciones en mm				
Periodo	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	
HSD de Tukey	44-60	12	83,67	
	61-90	12	93,58	93,58
	91-06	12		106,25
	Sig.		0,329	0,169
Scheffé	44-60	12	83,67	
	61-90	12	93,58	93,58
	91-10	12		106,25
	Sig.		0,362	0,196

Como resultado preliminar se está en condiciones de afirmar que entre las series 1961/1990, 1991/2010, no existen diferencias estadísticas significativas. Lo que permite afirmar que en las áreas próximas a la ciudad de Rocha, las precipitaciones han aumentado pero en forma gradual, de 1123 mm/a entre 1961/1990 a 1275 mm/a entre 1990/2010.

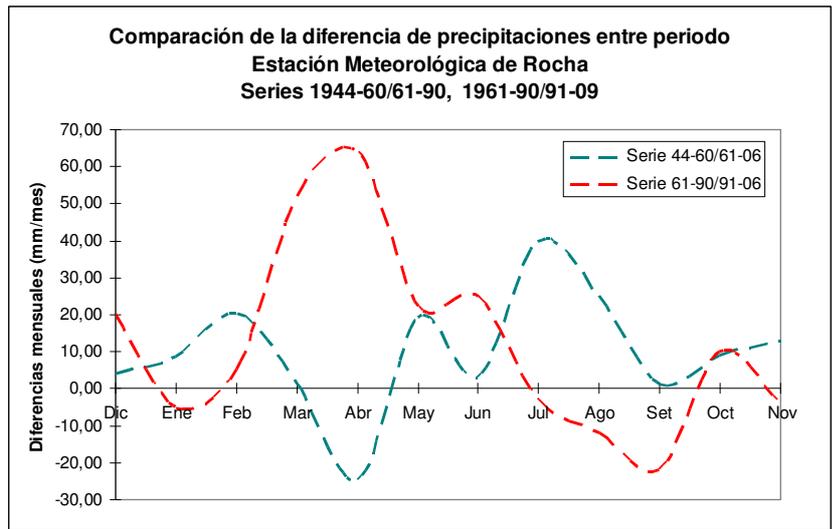
7.2.1.2. Descripción de las variaciones mensuales de las precipitaciones entre periodos (series 1944/1960- 1961/1990 y 1961/1990-1991/2010)

En la Figura 35, se observa que las precipitaciones se distribuyen a la largo de todo el año. Lo que varía es el volumen de precipitaciones al comparar los meses entre sí.



En la Figura 36 se muestra la distribución de las precipitaciones, como resultado de establecer la diferencia entre dos series consecutivas, en la primera se establece la diferencia mensual entre medias de precipitaciones entre 1944/60-1961/1990. En el gráfico se observa que las diferencias positivas máximas, se registran en Julio con 40 mm, en Febrero y Mayo superan los 20 mm/m y en el mes de Abril la máxima diferencia negativa (-25 mm/m).

Figura 35- Distribución de precipitaciones (medias mensuales)



En cambio cuando se establece las diferencias la distribución mensual entre las series 1961/1990- 1991/2010, aumentan las precipitaciones en los meses de Marzo, Abril y Mayo, con un máximo de 60mm/m. Mientras que durante los meses invernales de Julio, Agosto, se registran máximas diferencias negativas.

Figura 36 - Diferencia en la distribución de precipitaciones

El resultado de la comparación mensual entre series, considerando la diferencia entre las medias mensuales, se presenta en la Figura 36, donde se observa como fluctúan las precipitaciones. Se destaca en el comportamiento un incremento en el volumen de las

precipitaciones durante el Otoño. El incremento de las precipitaciones coincide generalmente con la apertura de la barra arenosa del A°Valizas, que se produce a fines de Marzo y principios de Abril (Rodríguez Gallego, *op.cit*).

7.2.1.3. Descripción de eventos anómalos positivos de precipitaciones (Serie 1980/2009)

A nivel climático se consideran fenómenos anómalos aquellos que se separan de los valores medios de las series. Al analizar la serie de 30 años de medias de precipitaciones acumuladas para el periodo 1980/2009, se establece el patrón de distribución de eventos extremos, para lo cual se calculan las anomalías mensuales para cada año (30 años X 12 meses). Se establece como criterio de selección a los eventos con valores inferiores y superiores para percentil 10 y 90 respectivamente.

Tabla 27- Resumen de Anomalías

Año	Seco	Hum	P10	P90	Año	Seco	Hum	P10	P90
1980	6	6	1	1	1995	7	5	1	0
1981	4	8	2	1	1996	8	4	1	0
1982	8	4	0	1	1997	7	5	2	1
1983	7	5	1	4	1998	7	5	2	1
1984	5	7	1	0	1999	7	5	1	0
1985	8	4	1	0	2000	5	7	1	4
1986	3	9	1	3	2001	5	7	0	1
1987	9	3	1	0	2002	6	6	0	3
1988	7	5	2	2	2003	6	6	0	1
1989	8	4	0	0	2004	6	6	0	1
1990	7	5	2	1	2005	8	4	2	3
1991	6	6	2	1	2006	5	7	1	1
1992	8	4	1	0	2007	5	7	2	2
1993	4	8	0	2	2008	8	4	5	0
1994	8	4	0	1	2009	5	7	1	1
						193	167	34	36
						Porcentaje		0,18	0,22

En la Tabla 27, se muestra en número de meses, con anomalías positivas y negativas. Se registran 167 meses con anomalías positivas, de los cuales, 36 meses presentan eventos extremos positivos (22% del total).

En la Tabla 28, se muestra la síntesis obtenida para la Serie 1991/2009, donde se presenta el número de meses con anomalías positivas en función de las estaciones térmicas y la ocurrencia de meses con eventos extremos positivos. Se destaca el comportamiento de los meses con eventos extremos, durante el periodo 1998/2006, que corresponde al momento de mayor migración lateral del A°Valizas. En este punto, se observa que durante el Otoño se registraron 6 eventos extremos y 4 eventos extremos positivos en Verano (Ver Anexo III- Tabla Anomalías).

Tabla 28- Resumen de Anomalías extremas según la estación térmicas

V=Verano, O= Otoño, I= Invierno, P= Primavera

Año	Meses húmedos				Meses con Eventos Extremos			
	V	O	I	P	E. V	E. O	E. I	E. P
1980-09	45	38	42	38	9	9	9	9
1998-06	18	11	12	12	4	6	2	3

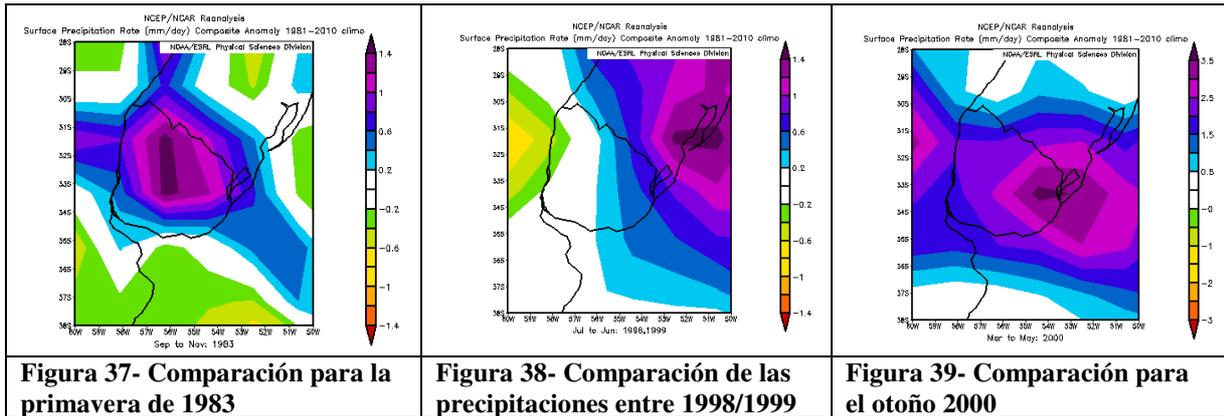
E. V=Extremos Verano, E. O.= Extremos Otoño,
E. I.= Extremos Invierno, E..P.= Extremos Primavera

En este punto se identifica un incremento significativo en el volumen de precipitaciones cuando se compara la serie de datos 1944/1960 con respecto a la serie de 1991/2010. No obstante, los resultados obtenidos al comparar la serie 1961/1990 y 1991/2010, estadísticamente no presentan diferencias significativas. Si bien se observa que se mantiene la tendencia histórica del incremento de las precipitaciones, no se registran cambios estadísticamente significativos en el volumen total de precipitaciones en la Cuenca de la Laguna de Castillos en los últimos 40 años.

Respecto a los eventos extremos positivos de precipitaciones no se registran aumentos en la frecuencia de ocurrencia entre 1980/2009 y los mismos se producen en cualquier estación del año.

No obstante, al analizar la Serie 1980/2009, se pudo observar que existen años excepcionales donde los eventos extremos son más, como en 1983 y 2000, donde se registraron cuatro meses con anomalías extremas. Durante 1998/2009, se registra un mayor número de eventos extremos en las estaciones de Otoño y Verano, que pueden explicar eventos de inundación en la planicie del A°Valizas a pesar del carácter excepcional.

Los eventos extremos se registraron principalmente en Otoño y en Verano en los últimos años, a modo preliminar se pudo establecer que la relación de estos eventos extremos positivos con los episodios del Niño, en esta zona del país. Esto se pudo establecer al comparar las anomalías de precipitación respecto al las anomalías del Southterm Oscilation Index (SOI), lo cual es posible a través de la página de la de NOAA (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>)



El efecto de estos eventos de alta energía, pueden quedar amortiguados por la presencia de la Laguna de Castillos y los humedales asociados, o también puede comportarse como un factor extrínseco de carácter puntual, que favorece el trabajo fluvial del A°Valizas. Además existen dos factores intrínsecos, uno litológico, debido a que la planicie fluvial, está formada por materiales poco cohesivos (suelos arenosos) y el otro factor es el efecto de la barrera arenosa que afecta en el nivel del caudal. (Figura 40).



Figura 40- Vista panorámica del Sector C. Fot. Tomada por Gabriela Fernández, Abril 2007

Como afecta la dinámica de la barra litoral en el régimen fluvial y como interactúa en función de la ocurrencia de eventos extremos, excede los objetivos de este trabajo, ya que es necesario contar con información básica, que incluye de datos pluviométricos propios de la Cuenca, como del comportamiento anual de la barra arenosa; por lo que se genera la necesidad de establecer un plan de monitoreo que abarque la cuenca de la Laguna de Castillos y el A°Valizas, que se justifica por ser el sistema fluvial que incluye dos áreas protegidas.

7.2.2. Ingreso de agua a la Cuenca de la Laguna de Castillos. Comportamiento del Viento.

A modo preliminar se realiza el análisis exploratorio del comportamiento del viento para la costa de Rocha, utilizando una la serie de vientos diarios de estación de La Paloma, ya que en el área de estudio carece de registros.

La importancia de la procedencia del viento, se debe a su incidencia en la formación de de los trenes de los olas (ángulo e intensidad del oleaje), siendo un factor clave en el proceso de formación de playas y en el proceso de apertura y cierre de la barra arenosa.

Para este estudio se cuentan con 2775 datos de vientos diarios registrados entre 1992/2002, por el SOHMA. Se agrupan los datos en 8 rumbos considerando la procedencia de los vientos y en tres categorías según la intensidad del mismo (Ver Anexo IV).

En la Tabla 29, se resume el comportamiento en función del Rumbo y la Intensidad.

Tabla 29- Resumen de Viento (Dirección e intensidad)

Clases		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SubT	%	
Suave	1	78	99	82	52	59	30	78	54	532	19,2	56,4
	2	128	227	189	79	97	111	111	92	1034	37,3	
Moderado	3	70	116	107	62	74	79	57	39	604	21,8	41,6
	4	39	74	47	50	75	43	41	25	394	14,2	
	5	14	12	26	15	32	31	17	9	156	5,6	
Fuerte	6	2	2	5	9	13	11	1	2	45	1,6	2
	7	0	2	0	1	6	0	0	0	9	0,3	
	8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,04	
Subtotal		331	532	457	268	356	305	305	221	2775		
% por rumbos		11,9	19,2	16,5	9,7	12,8	11,0	11,0	8,0			

De la serie de vientos para el periodo 1992/2002 se obtiene que los vientos provenientes del primer cuadrante, registran mayor frecuencia, con mayor predominio del Rumbo NE con 532 registros (19,2%), seguido por el Rumbo ESTE con 457 casos (16,5%) y en tercer lugar se coloca el Rumbo SUR con 356 datos (12,8%)

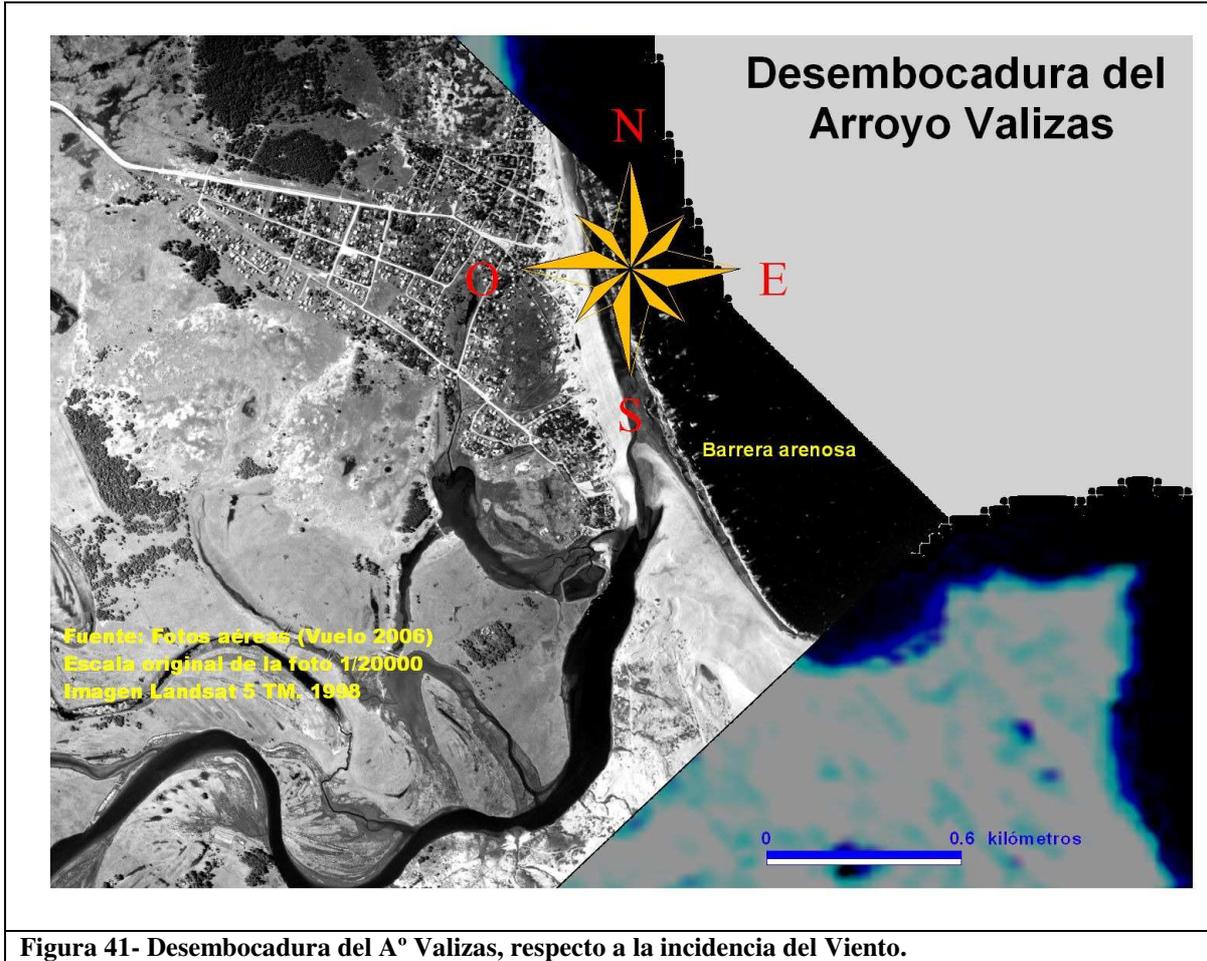


Figura 41- Desembocadura del A° Valizas, respecto a la incidencia del Viento.

El modelado de la costa y la los ciclos de apertura y cierra de la barra arenosa dependen de la disponibilidad de sedimentos en los arcos de playa, y la distribución de los mismos se relaciona con la dirección e intensidad de las olas, por lo tanto del Viento (Panario y Gutiérrez, op.cit.).

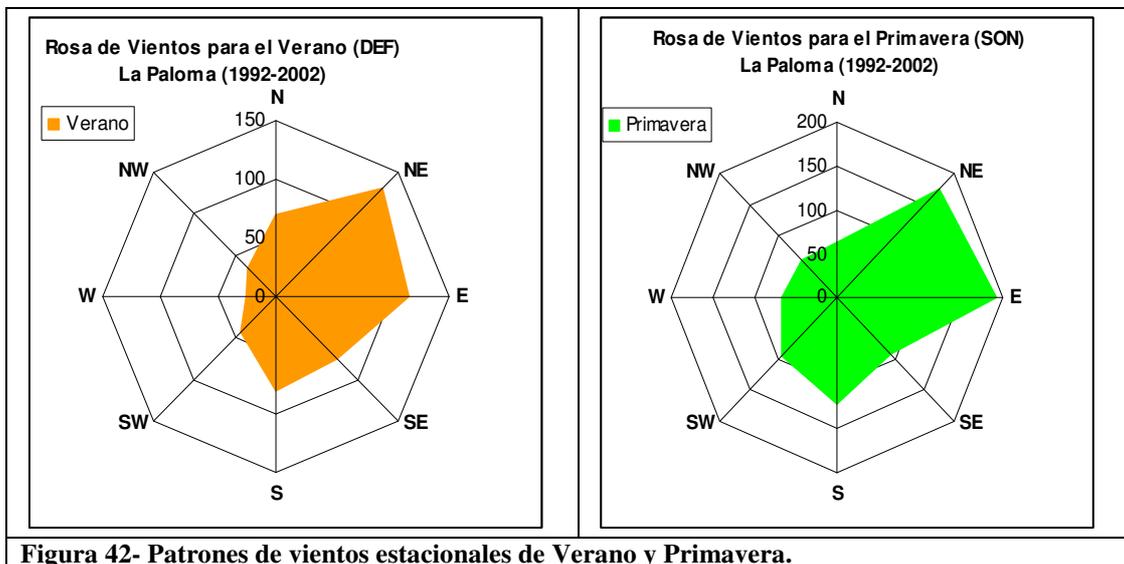


Figura 42- Patrones de vientos estacionales de Verano y Primavera.

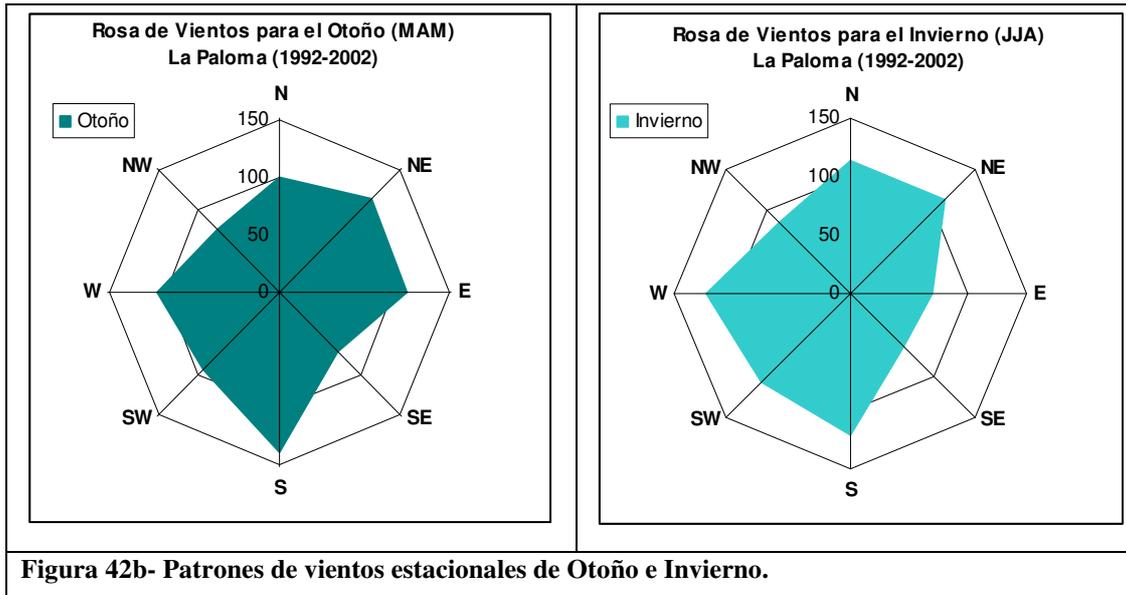


Figura 42b- Patrones de vientos estacionales de Otoño e Invierno.

En esa línea se analiza el comportamiento de la dirección del viento a nivel estacional, se está en condición de afirmar que el comportamiento por rumbos cambia a nivel estacional estaciones, como se observa en la Figura 42, existiendo un comportamiento similar entre el Verano y la Primavera; con mayor frecuencia de vientos provienen del NE y ESTE, en cambio durante el Otoño y el Invierno, aumenta la frecuencia de los vientos del SUR y SW.

Esto probablemente podría relacionarse con el proceso de cierre de la barra arenosa del A°Valizas, que según los antecedentes bibliograficos (Rodríguez Gallego, *op.cit.*), ya que los vientos del primer cuadrante generalmente son suaves, lo que favorece el proceso de acumulación de sedimentos en los arcos de playa (De Álava, *op. cit.*; Piñeiro y Panario, *op.cit.*).



Figura 43- Vista de las márgenes del A°Valizas próximo a la desembocadura. Setiembre 2011

En la Figura 44, se presentan una serie de gráficas donde se agrupa según la estación térmica, y según tres categorías de vientos en función de la intensidad (Suaves, Moderados y Fuertes).

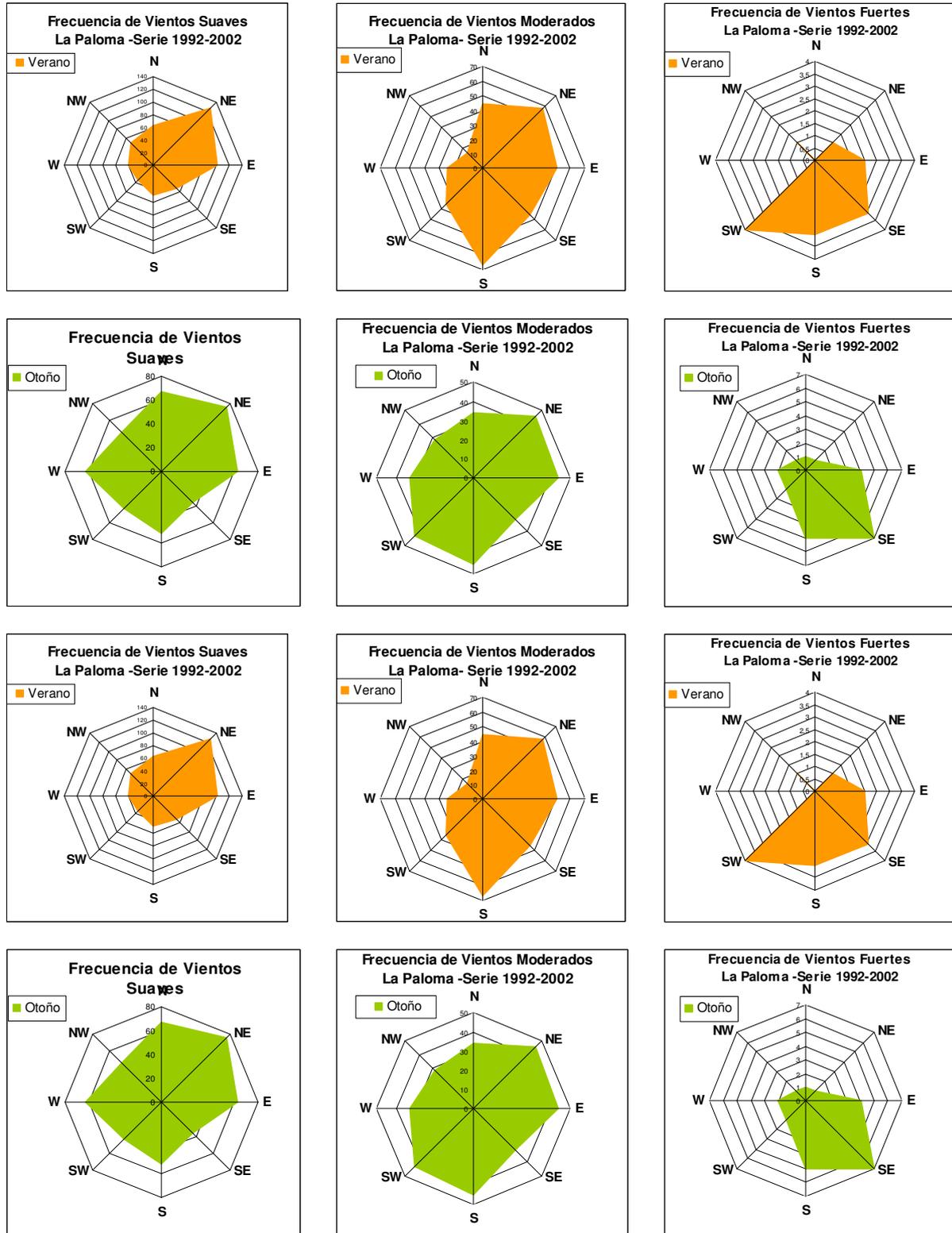


Figura 44- Patrones de vientos estacionales en función de la intensidad.

Como resultado se obtiene que se registraran 1886 casos de vientos suaves, donde el rumbo NE es el más frecuentes, con un peso de 24,7% en Verano y con un peso mínimo de 14,2% durante en Invierno (Ver ANEXO IV).

El comportamiento de los Vientos de intensidad moderada, presenta mayor frecuencia de vientos provenientes del SUR en Verano, Otoño e Invierno, mientras que en Primavera predominan vientos del ESTE.

El Patrón de Vientos Fuertes, cubre el 2% del total de los casos analizados, siendo más frecuente la componente SUR, espacialmente en Invierno con el 67% de los casos registrados, mientras que en Verano los vientos fuertes son del del SW y en Otoño soplan del SE (Ver Tabla de ANEXO IV)

Con los antecedentes bibliográficos existentes sobre el ciclo de apertura y cierre, se plantea que los vientos suaves del NE y ESTE favorecen el cierre de la barra, iniciándose el ciclo de cierra en la Primavera y con el cierre total o parcial en Verano. El proceso es inverso entre Otoño e Invierno donde las condiciones locales de vientos fuertes del SUR, SW y SE, favorecen que la apertura de la barra y el ingreso de agua desde el mar.

7.2.2.1. Comportamiento del Viento Meridional.

Para evaluar si a lo largo de los últimos 60 años, se han incrementado los vientos de componente meridional que permitan explicar el incremento de caudal observado en el A°Valizas, se analizaron los datos de anomalías de Vientos Meridionales a lo largo del periodo 1950/2009 (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>).

Tabla 30. Nº de Eventos extremos de Vientos Meridionales (NOAA)

AÑOS	Verano			Otoño			Invierno			Primavera		
	Neg.	Neut.	Pos.	Neg.	Neut.	Pos.	Neg.	Neut.	Pos.	Neg.	Neut.	Pos.
1950 a 1959	5	1	4	6	1	3	5	4	1	5	2	3
1960 a 1969	6	3	1	4	2	4	6	2	2	2	2	6
1970 a 1979	7	0	3	3	0	7	3	5	2	3	1	6
1980 a 1989	5	3	2	8	1	1	3	3	4	5	0	5
1990 a 1999	0	2	8	5	2	3	5	0	5	7	1	2
2000 a 2009	1	5	4	1	2	7	5	2	3	4	3	3

Nº de Eventos Extremos de Vientos (NOAA)

En el resumen de Anomalías de la Tabla 30, no se indentifica que la frecuencia de vientos de componente meridional se hayan incremetado a lo largo de los 60 años considerados.

A modo preliminar se puede observar que en las distintas décadas se han alternado eventos extremos positivos y negativos.

Por lo cual, aun no existen suficiente cantidad de elementos que permitan afirmar que el aumento del caudal del A°Valizas se relacione con el incremento de agua del mar (Ver Anexo IV).

7.2.3. Análisis diacrónico del uso del suelo en la Cuenca de la Laguna de Castillos (1975-2006)

En la Tabla 31, se presentan los resultados de la clasificación de imágenes Landsat 1 y 5, correspondientes al periodo 1975/2006, separando las categorías de Uso del Suelo

Se desprende de los resultados que la cobertura natural esta siendo sustituida, modificándose el uso tradicional ganadero del área; se evidencia la reducción de la superficie de pradera natural, que pasa del 65% al 32% del área total entre 1975/2006. En contraparte se destaca el avance de la Pradera mejorada, los monocultivos agrícolas y forestales, que pasan en total del 3% al 42% del área.

Tabla 31- Superficies y Porcentajes según coberturas del Suelos

Cobertura/Usos	ha 1975	ha 1985	ha 1998	ha 2006	% 1975	% 1985	% 1998	%2006
Arenales	5815,61	5002,66	3857,52	3580,66	4,32	3,72	2,87	2,66
Pradera Natural	87334,54	80186,33	71785,09	42651,1	64,88	59,57	53,32	31,68
Humedales	17006,39	17168,68	17170,73	17836,6	12,63	12,75	12,76	13,25
Monte Nativo	20377,15	19127,11	20156,32	10504,6	15,14	14,21	14,97	7,80
Arado/cultivos	56,29	3898,07	1041,73	5167,8	0,04	2,90	0,77	3,84
Forestación	902,41	1762,53	3284,28	9957,36	0,67	1,31	2,44	7,40
Monte artificial	1911,05	1339,75	590,06	620,18	1,42	1,00	0,44	0,46
Pradera mejorada	0	3507,15	13974,26	36031,1	0,00	2,61	10,38	26,77
Otros	864,73	975,36	983,22	1146,92	0,64	0,72	0,73	0,85

Categoría Otros- Incluye infraestructuras varia (urbanización, carreteras)

El proceso de transformación territorial se dispara entre 1998/2006, como se observa en la Tabla 31 y donde la actividad forestal se implanta en la cuenca en forma tardía a pesar de contar con suelos declarados de prioridad forestal por la Ley N° 15.939 (Poder Legislativo, 1988). Los cultivos forestales se localizan en la zonas altas de la Cuenca de la Laguna de Castillos, a partir de 1998 se intensifican y pasa de ocupar el 2 % al 7% del área total. Proceso similar se observa con los monocultivos industriales que se instalan entre 1998/2006 y que cubren actualmente aproximadamente un 5% de la superficie total de Cuenca, los cuales se localizan mayoritariamente próximos al eje de la Ruta N° 9 y en las inmediaciones de la Ciudad de Castillos y la localidad de 19 de Abril.



Figura 45 y 46- Cultivos forestales en la Cuenca Sarandí. Marzo 2009

La Cuenca de la Laguna de Castillos, experimenta un proceso de expansión de la frontera agrícola sobre suelos tradicionalmente con uso ganadero extensivo y con la implantación de monocultivos forestales en las altas cuencas, que alcanzan a cubrir en ocho años, el 7% del total del área de estudio. Al finalizar este trabajo se conoce que el proceso se ha intensificado y ha comenzado la cosecha forestal y la reimplantación de los nuevos cultivos forestales.

Respecto al impacto de la forestación sobre el ciclo hidrológico, se sabe que afecta la movilidad del agua disponible en un 63 a 70% (Silvera *et al*, 2006, Paruelo *et al*, 2006, Pérez Arrarte, 2001), por lo se espera que el volumen de agua por escurrimiento se haya reducido (Panario *et al*, 2006). También es posible que el efecto sobre el nivel de la laguna y en el caudal del A°Valizas, aún no apreciable, ya que las superficies afectadas a estos cultivos superan el 7% de la superficie total de la Cuenca, a lo anterior se debe recordar que está cuenca no está aforada por lo que no existen registros hidrológicos de la misma, lo que dificulta el monitoreo ambiental de la Cuenca. En las planicies medias, la frontera agrícola avanza y se introducen monocultivos comerciales como soja, sorgo, maíz, (cultivos fuertemente tecnificados).

La forestación costera y la creciente urbanización, inciden en la movilidad del A°Valizas ya que reducen el volumen de sedimentos arenosos que abastecen a los arcos de playa y al propio A°Valizas, por lo que estaría afectando a la dinámica fluvio-marina.

8. CONCLUSIONES

Objetivos Generales alcanzados:

Respecto al primer objetivo general. *Conocer las forzantes de la migración lateral del A°Valizas*, se concluye:

Que se alcanza el objetivo general planteado, estableciéndose que las forzantes que explican la migración lateral, responden a forzantes internas y a externas.

Respecto al 2º objetivo general. *Cuantificar la migración lateral del A°Valizas, a través de un estudio multitemporal con mosaicos aerofotográficos ortogonalizados*, se concluye:

Que se alcanza el objetivo planteado y que la metodología utilizada fue adecuada y muy efectiva al momento de procesar la información, lo que permite establecer que la Tasa Global de Remoción Anual (TGRA)¹⁴, es definida como: el cociente entre la superficie total removida y por el número de años total de años de la Serie (63 años). Para el cálculo de la TGRA se consideran todas las superficies generadas por remoción, independiente al proceso que las origina (Acresión/Erosión). Como resultado se obtiene que la TGRA es de 1,54 has/año.

Objetivos Específicos alcanzados:

Respecto al **objetivo específico 1. Determinar los Rangos de Migración Lateral (RML) en el A°Valizas, para el periodo 1943/2006 y para tres subperiodos (1943/1967, 1967/1998 y 1998/2006)**, se concluye:

Los cambios laterales del curso son visibles para un periodo de 63 años y el rango de migración lateral (RLM) medio es de 0,5 m/año para el periodo 1943/2006. Lo que indica que en 60 años el canal del A°Valizas ha migrado lateralmente en promedio 30 metros a lo largo del curso. No se dispone de una serie de datos sobre el comportamiento histórico anterior del curso o de cursos similares en la región, por lo tanto la evaluación del significado de esta tasa de migración requiere un monitoreo permanente y continuo a futuro. Con estos datos se podrá analizar la variabilidad en la intensidad de la migración del curso

¹⁴ TGRA- Tasa Global de Remoción Anual = Superficie del polígono/Nº de años

Respecto al objetivo específico 2. *Establecer si hay diferencias significativas entre los RML producto de la Acresión/Erosión, considerando el total de años de la serie 1943/2006*, se concluye:

Los RML por erosión son mayores a lo largo de los 63 años, si se los compara con los RML por acresión. Los valores medios de RML por acresión son de 0,57 m/año, mientras que los de erosión son de 0,62 m/año.

Se pudo establecer, que a lo largo de todo el A°Valizas, se suceden los procesos de erosión y acresión. Al compararlos entre sí, se establece que hay diferencias significativas entre ambos procesos, donde los erosivos han sido significativamente mayores durante todo el periodo 1943/2006. También se pudo determinar que estos procesos presentan dos momentos claros, donde los RML han experimentado un incremento significativo.

Los resultados obtenidos permiten establecer que el curso se encuentra en un estado de “equilibrio dinámico” ya que los las superficies globales removidas no difieren en valores absolutos. En el último período se constata un incremento de los procesos de acresión/erosión, ya que las superficies generadas se duplicaron respecto al período 1943/1998. Como la diferencia no se establece entre procesos, sino entre subperíodos, se puede afirmar que el curso se ajusta a nuevas condiciones de energía. En síntesis, los procesos de remoción de materiales se han incrementado en los últimos años, y esto solo es posible sí hay más energía en el A°Valizas. Este incremento responde a múltiples factores, como a la variación del régimen de precipitaciones, con el aumento en el volumen de lluvias, pero también a un aumento en el escurrimiento superficial debido a cambios en el uso de suelo. También resulta necesario investigar a futuro el efecto de la barra litoral en la dinámica del A°Valizas.

Respecto al **objetivo específico 3. Establecer si hay diferencias significativas entre los RML producto de la Acresión/Erosión, considerando el número total de años**, se concluye que:

Entre 1998/2006 los RML por acresión y erosión se incrementan significativamente respecto a los periodos anteriores, pero llama la atención el incremento del RML por acresión, cuyo valor medio alcanza a 1,08 m/año cuando el RML por erosión es de 1,05 m/año. No existen

elementos en este trabajo que permitan afirmar que los RML por procesos de acresión continúen incrementándose y reviertan la tendencia. Este es un nuevo tema a monitorear, porque el incremento de la acresión implica cambios en los niveles de energía del sistema.

Se establecieron diferencias significativas en el comportamiento de los procesos de remoción de materiales, durante 1943/2006. Identificando dos periodos, el primero de 1943/1998 donde los RML son inferiores a 0,5 m/año y el segundo entre 1998/2006, con RML superiores al 1m/año. El aumento de la capacidad de trabajo del curso indica que en este último periodo hay mayor energía en el sistema y esto responde al aumento en la disponibilidad de agua. Este punto no puede confirmarse ya que no existen registros de caudal.

El primer momento, comprende los años 1943/1998, en este período los RML por erosión en valores absolutos, son mayores que los aportes por acresión. Pero ambos RML promedio no superan los 0,30 m/año (Tabla 13). En el segundo momento (1998/2006), donde los RML producto de la acresión y la erosión se incrementan y alcanzan a 0,99 m/año, sin mostrar diferencias entre los procesos de erosión y los de acresión. Por lo que se puede establecer que todo el sistema fluvial, experimenta un proceso de aceleración de los procesos de remoción de materiales a nivel global.

Respecto al **objetivo específico 4. Comparar los RML en función de los procesos que los originan y su comportamiento en el tiempo**, se concluye que:

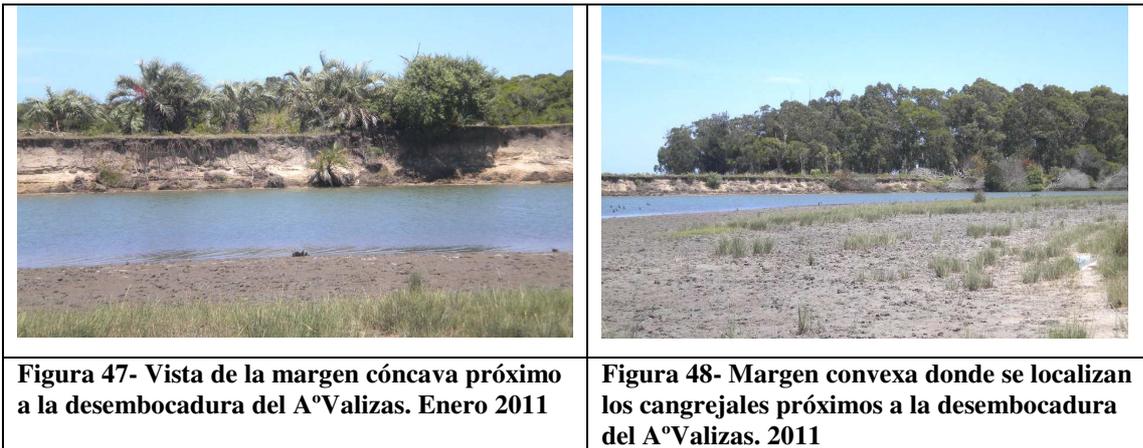
Se pudo identificar que el proceso de Erosión ha sido más intenso respecto a la Acresión, entre 1943 y 1998. Aunque en el último periodo (1998/2006) se constata un incremento de la incidencia de ambos procesos, que duplican las superficies removidas en los periodos anteriores (Ver Tabla 19).

Respecto al comportamiento de la erosión y la acresión, considerando la periodización realizada, se pudo comprobar que existen diferencias significativas entre las 6 series analizadas, aunque la diferencia no se establece entre procesos, sino entre periodos, donde en el tercer periodo, tanto la acresión como la erosión se incrementan.

A grandes rasgos se puede asumir que el grupo 1 y el grupo 2, son similares, ya que comparten valores, mientras que el grupo 3, es el que se diferencia significativamente del resto. Por lo que podemos reagrupar los RML, en dos momentos claros, antes y después de 1998. Producto de lo anterior, se observa que los procesos de removilización se incrementaron significativamente (Ver Tabla 21).

Respecto al **objetivo específico 5. Comparar el comportamiento de la Erosión entre las márgenes.**

No existen evidencias que indiquen un comportamiento diferencial de las márgenes del A°Valizas a lo largo de todo el curso. Puntualmente ocurre que las márgenes cóncavas y son más afectadas por la erosión, hecho que responde a la dinámica fluvial, procesos que están en función del grado de cohesión de la margen cóncava y con las sucesiones de márgenes cóncavas y convexas.



Respecto al **objetivo específico 6. Comparar el comportamiento del RML por erosión a lo largo del perfil longitudinal del A°Valizas,** se concluye que:

Al analizar el proceso erosivo y como afecta a las márgenes, se pudo comprobar, que en entre los periodos no hay un comportamiento diferencial, y que la erosión afecta ambas márgenes en forma similar.

Al espacializar los eventos de mayor intensidad, se separan tres sectores a lo largo del A°Valizas, naciente, centro y desembocadura, que no solo se diferencian espacialmente, sino que presentan diferentes índices de sinuosidad y de ambientes costeros (Tabla 23).

Se identificaron tres zonas a lo largo del curso, una zona en las nacientes del arroyo, la segunda localizada en el curso medio y la tercera localizada en la desembocadura.



Figura 49- Terraza con de base arcillosa, arenas y suelo.

Estas zonas presentan diferencias paisajísticas y en la morfología del canal (índice de sinuosidad), lo que hace pensar que los diferentes materiales y las diferencias de pendiente, inciden en la intensidad de los procesos erosivos. La zona donde se concentran los mayores

RML, es la desembocadura del arroyo, hecho que era esperable por la propia dinámica fluvio-marina.

Un punto a resaltar, es la zona de erosión próxima a la Laguna, ya que esta se registra entre 1998/2006, como una nueva zona de acción erosiva, sobre materiales más consolidados. Que a lo largo del periodo 1943/1998, presentaba los RML más bajos y también es el tramo del curso, donde el índice de sinuosidad es menor. Esto puede responder a que en estos años, se han producido cambios a nivel local, que favorecen los procesos de erosión. En ese sentido, la instalación de los paseos en bote hacia la laguna, coinciden con este periodo, lo que refuerza los resultados presentados por Rodríguez, op.cit.

En síntesis se identifica que los procesos de removilización se han incrementado en los últimos años. Esto responde a un aumento de la energía disponible en el A°Valizas, que puede vincularse a diversos factores, como cambios en el uso del suelo que impliquen un aumento del escurrimiento superficial, al incremento de las precipitaciones, y a cierres más prolongados de la barra arenosa que aumenta el nivel del agua del A°Valizas.

Respecto al **objetivo específico 7. Estudio del comportamiento de las precipitaciones para establecer la relación que existe entre la migración lateral del A°Valizas, se concluye que:**

Respecto al ingreso de agua al sistema fluvial de la Laguna de Castillos, debido a las precipitaciones, se constata que las medias mensuales de precipitación se incrementaron aproximadamente en 270 mm entre 1944/2009 (Tabla 24).

Asimismo, se pudo establecer que si bien se continúa registrando un aumento sostenido de las precipitaciones, las series 1961/1990 y 1991/2010, no presentan diferencias significativas a un nivel de confianza del 90%.

Respecto al **objetivo específico 8. Establecer el patrón estacional de las precipitaciones y estudiar su evolución temporal, se concluye que:**

Al estudiar la distribución de las precipitaciones a lo largo del año, se pudo observar que el volumen de precipitaciones se ha concentrado en el Otoño.

Respecto a la distribución de anomalías positivas y negativas, no se observan diferencias, pero se constato que entre 1998/2009 se produjeron 18 eventos extremos positivos, los cuales se registraron en el 2000 y 2003, con la ocurrencia de 4 y 3 eventos respectivamente (Tabla 27).

Respecto al **objetivo específico 9. Determinar como los eventos extremos como se distribuyen temporal y estacionalmente, se concluye que:**

Los eventos extremos se registraron principalmente en Otoño y en Verano en los últimos años, a modo preliminar se pudo establecer la relación de estos eventos extremos positivos con los episodios del Niño, en esta zona del país. Esto surge al comparar las anomalías de precipitación respecto a las anomalías del Southterm Oscilation Index (SOI), lo cual es posible a través de la página de la NOAA. (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>).

Se pudo establecer que el A°Valizas en la actualidad tienen más capacidad de trabajo, lo que se refleja en la morfología del canal, en especial la variación de la migración lateral. La metodología aplicada permite cuantificar esos cambios, pero no permite establecer las causas que provocan estos cambios.

Por lo tanto, no se puede afirmar que los factores climáticos explican la intensificación de la migración lateral del A°Valizas. No obstante, es preciso mencionar, que la capacidad de trabajo del A°Valizas, se intensifica durante los eventos extremos, ya que el cauce funciona con el caudal de márgenes plenas.

Respecto al **objetivo específico 10**. *Establecer el patrón de dirección e intensidad de vientos para la costa de Rocha para el período 1992/2002*, se concluye que:

A nivel estacional el patrón predominante de vientos, presenta una bidireccionalidad marcada, con un patrón de vientos provenientes del NE y ESTE en las estaciones de Verano y Primavera, mientras que durante el Otoño e Invierno, los vientos más frecuentes rotan al Sur, oscilando al SW.

A nivel estacional se observa que durante el Verano y la Primavera, los vientos suaves son provenientes del NE y ESTE, los cuales favorecen los procesos de acreción de los arcos de playa y favorecerían el proceso de cierre anual de la barra arenosa del A°Valizas.

Los rumbos más frecuentes de vientos de intensidad moderada, provienen del SUR en Verano, Otoño e Invierno, , los cuales generan olas de mayor altura e intensidad y se presume que afecten la dirección e intensidad de la corriente de deriva, por lo que se requiere nuevas líneas de investigación que permitan aceptar o desechar esta afirmación.

Los vientos fuertes, son poco frecuentes anualmente, a pesar de lo cual afectan la zona costera ya que incrementan la energía del oleaje y el nivel de mar, provocando eventos de alta energía, acelerando la erosión de las playas.

Los rumbos característicos de las altas intensidades de vientos son mayoritariamente provenientes del SUR en Invierno, del SW en Verano y del SE durante el Otoño, favoreciendo la apertura de la barra y el ingreso de agua al A°Valizas.

Respecto al **objetivo específico 11**. *Establecer las tendencias del comportamiento de las anomalías de vientos meridionales que afectan la costa de Rocha*, **se concluye que:**

Con la información disponible no se pudo llegar a identificar ninguna tendencia que permita afirmar que los vientos de componente meridional se han incrementado, y que permitan establecer un incremento de los aportes de mar al A°Valizas.

No obstante, se reconoce que a lo largo de la serie de datos, se han observado años con mayor número de eventos extremos, que podrían explicar la migración lateral del A°Valizas que se produce próxima a la desembocadura.

En este punto y solo a modo preliminar se presentan en el Anexo IV, algunos resultados obtenidos del análisis de los vientos meridionales, que aún no permiten establecer conclusiones

Respecto al **objetivo específico 12. Establecer si la Cuenca evidencia transformaciones productivas, actividades fluviales y turísticas que puedan ser responsables del incremento de la migración lateral, se concluye a modo preliminar que:**

La cuenca de la Laguna de Castillos se encuentra en un proceso de intensificación productiva, que afectan la alta cuenta con la implantación de monocultivos forestales y monocultivos cerealeros en las planicies altas próximas a la laguna. Asimismo se puede establecer que algunas actividades turísticas en el curso del Valizas, inciden en la erosión lateral del cauce.

A pesar de lo anterior, no se pudo establecer la incidencia de esta forzante en el comportamiento y en este punto solo se pueden establecer conclusiones preliminares, ya que la complejidad de los procesos requiere de información básica inexistente. Como por ejemplo registros de caudal y de la barra arenosa. Esto último permitiría establecer si el incremento del caudal responde al aumento del escurrimiento y/o se debe al incremento de agua proveniente del océano, como consecuencia de la intensificación de vientos meridionales que pueden estar incidiendo en el ciclo de cierre y apertura de la barra arenosa.

9. RECOMENDACIONES

- 1- Establecer, a corto plazo, una red de monitoreo de calidad ambiental para la cuenca, con aforo de cursos, instalación de estaciones pluviométricas y monitoreo de calidad de agua.
- 2- Propiciar estudios físicos, químicos y biológicos para evaluar el impacto de las actividades productivas en el área. Esto permitirá generar insumos básicos para la creación de planes de gestión.
- 3- Promover un programa de monitoreo del canal del A°Valizas, donde se registre la movilidad lateral, batimetría, régimen de caudal, y comportamiento de la barra arenosa.
- 4- Realizar en el corto plazo un balance hídrico de la cuenca con apoyo de datos de campo para establecer la disponibilidad de agua.
- 5- Establecer la capacidad de carga del sistema A°Valizas y en especial analizar las actividades extractivas y turísticas.
- 6- Realizar estudios para evaluar la importancia económica y social del desarrollo turístico en la cuenca y en particular para la Barra de Valizas. Definir las potencialidades, limitaciones y planes alternativos de gestión.
- 7- Establecer planes de manejo integrados para la cuenca, que establezcan las restricciones necesarias para la preservación de los RRNN, analizando el impacto diferencial de las actividades productivas localizadas actualmente en el área.
- 8- Realizar un plan de manejo especial para la planicie del A°Valizas.
- 9- Reconocer el valor estratégico y paisajístico que tiene el A°Valizas y la Cuenca de la Laguna de Castillos e incorporarlas al SNAP, con la categoría de parque nacional.
- 10- En el plan de manejo del Área protegida, se deben incluir medidas de recuperación de ambientes degradados para las vertientes costeras.
- 11- Realizar estudios para determinar la capacidad de carga de turistas, que tiene el balneario Barra de Valizas, para establecer un plan de desarrollo local.
- 12- Establecer un plan de manejo específico, para el crecimiento urbano de Barra de Valizas, que contemple las especificidades y restricciones del territorio que ocupa.

10. BIBLOGRAFIA

- Achkar, M.; Canton, V.; Díaz, I.; Domínguez, A.; Faccio, C.; Fernández, G.; Pesce, F.; Sosa, B. 2010. Áreas protegidas: Un desafío en el ordenamiento ambiental del territorio. CSIC. Udelar.
- Achkar, M.; Domínguez, A.; Pesce, F. 2004. Diagnóstico socioambiental participativo en Uruguay. Programa Uruguay Sustentable. Redes- Amigos de la Tierra. ISBN: 9974-7885-0-1
- Achkar, M. 2005. Evaluación de la distribución de la materia orgánica del horizonte superficial del suelo mediante el uso de imágenes satelitales. Aplicación de metodología SIG. Caso: Cuenca del Arroyo Sánchez- Uruguay. Tesis Doctoral. Institut National Polytechnique de Toulouse
- Achkar, M.; Canton, V.; Díaz, I.; Domínguez, A.; Faccio, C.; Fernández, G.; Pesce, F.; Sosa, B. 2010. Áreas protegidas: Un desafío en el ordenamiento ambiental del territorio. CSIC. Udelar.
- Alonso, E. 1998. Plantas acuáticas de los Humedales del Este. Rocha: PROBIDES, 1998. 238 p
- Alonso, E.; Bassagoda, M. 2002. La vegetación costera del SE uruguayo: ambientes y biodiversidad. Museo de Historia Natural y Antropología. N° 5: 1-6. Montevideo Uruguay. En Fagúndez y Lezama, 2005
- Arriaza Gómez, A.; Fernández Palacín, F; López Sánchez, M.; Muñoz Márquez, M; Pérez Plaza, S; Sánchez Navas, A. 2008. Estadística Básica con R y R-Commander. Universidad de Cádiz.
<http://gsyc.escet.urjc.es/~herraiz/ebrcmdr.pdf>
- Assad, M.; Hamada, E.; Cavalieri, A. 1998. Sistemas de informacoes geograficas na avaliacao de terras para agricultura. In. Sistema de Informacoes Geográficas Aplicacoes na Agricultura. Assad, E. y Eyji Sano, E. Editores. Embrapa. Brasil. 191-232pp.
- Azpiroz, A. 1997. Aves del Uruguay. Lista, estatus y distribución. Rocha: PROBIDES, 1997. 52 p.
- Barros, V.; Clarke, R.; Silva, P. 2006. El cambio climático en la Cuenca del Plata. Investigaciones Científicas y Técnica. CONICET. Bs.As
- Bartlett, M. S. 1937. Some examples of statistical methods of research in agriculture and applied biology. J. Roy. Statist. Soc. Suppl. 4: 137-170.
- Bartlett, M. S. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proc. Roy. Statist. Soc. Ser. A 160: 268-282.
- Berreta, E. 2000. Aspectos sobre la Conservación y Manejo de la Biodiversidad en Uruguay. INIA. Salto Grande

[http://www.pastizalesnaturales.com/congresos/5/conferencias/PRESENTACION%20El bio%20Berreta.doc](http://www.pastizalesnaturales.com/congresos/5/conferencias/PRESENTACION%20El%20bio%20Berreta.doc)

- Bidegain, M.; Caffera, R.; Bixen, V.; Pshennikov, J.; Lagomarsino, E.; Forbes, L.; Nagy, G. 2005. Tendencias climáticas, hidrológicas, y oceanográficas en el Río de la Plata y Costa Uruguaya. En: Barros, V.; Menéndez, A.; Nagy, G. (Eds): El Cambio climático en el Río de la Plata. Buenos Aires, CIMA/CONICET, cap. 14, pp. 137-143.
- Bosque Sendra, J. 1992. Sistemas de Información Geográfica. Ediciones Rialp S.A. Madrid.
- Bossi, J.; Ferrando, L.; Montaña, J.; Campal, N.; Morales, N.; Gancio, F.; Schipilov, A.; Piñeiro, D.; Sprechmann, P. 1998. Carta Geológica del Uruguay. Escala 1/500.000. Cátedra de Geología. Facultad de Agronomía. UdelaR. Montevideo.
- Box, G. 1953. Non-normality and tests on variances. *Biometrika* 40: 318-335.
- Bracco, R. 1995. Cronología de la Laguna de Castillos, en causas Geológicas del Paisaje Rochense. Curso PROBIDES.
- Bracco, R.; Ures, C. 1997. Ritmos y dinámicas cuantitativa de las estructuras monticulares. Sector Sur de la Laguna Merín- Uruguay. Actas del IX Congreso Nacional de Arqueología. Colonia del Sacramento.
- Bracco, R.; Ures, C.; Ubilla, M. 1999. Contribución al análisis crítico de la relación espacial y temporal entre material cultural y paleofauna (Pleistoceno Final y Holoceno) en la cuenca Norte de Uruguay. VII Congreso Nacional de Antropología, Montevideo.
- Brazeiro, A.; Achkar, M.; Canavero, A.; Fagúndez, C.; Gonzalez, E.; Grela, I.; Lezama, F.; Maneyro, R.; Barthesagy, L.; Camargo, A.; Carreira, S.; Costa, B.; Nuñez, D.; de Rosa, I.; Torranza, C. 2008. Prioridades Geográficas para la conservación de la biodiversidad terrestre en Uruguay. Resumen ejecutivo. Proyecto PDT 32-26. 48 pp.
- Brown, A.; Carey, C.; Erkens, G.; Fuchs, M.; Hoffmann, T.; Macaire, J.; Moldenhauer, K.; Walling, E. 2009. From sedimentary records to sediment budgets: Multiple approaches to catchments sediment flux. *Geomorphology*, Volume 108 (2009) 35–47
- Buzai, G.; Baxendale, C. 2006. Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- Camargo, E.; Theodor, B.; Sugawara, L. Carrasco; P. 2005. Imágenes Landsat y CBERS en la identificación de uso del suelo con cultivos agrícolas. Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, Brasil, INPE, p. 41-48.
- Campos, J.; Bacigalupe, A.; Costa, B.; Pistone, G. 1999. Conservación y restauración del matorral psamófilo. PROBIDES, 1999 34 p.
- Casas Sánchez, J. 1997. Inferencia Estadística. Estadísticos de KOLMOGOROV-SMIRNOV: Aplicación de Test de Bondad de Ajuste. Instituto Nacional de estadística. www.ine.es/revistas/estaespa/75_2.pdf

- Carvalho, L.; Liebmann, B. 2002. Extreme precipitation events in southeastern South America and large scale convective patterns in the South Atlantic Convergence Zone. *J. Climate*, 15, 2377–2394. En: Marengo, J. (Coord); Menéndez, A.; Guetter, A.; Hogue, T.; Mechoso, C. 2004. Eventos Hidrometeorológicos Extremos. Caracterización y Evaluación de Métodos de Predicción de Eventos Extremos de Clima y de la Hidrología en la Cuenca del Plata. Informe Final. Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos hidrológicos de la Variabilidad y cambio Climático.
- Castaño, J.; Ceroni, M.; Jiménez, A. 2009. Caracterización Agroclimática del Uruguay (1980-2009). Unidad de Agroclima y Sistemas de Información (GRAS) del INIA.
- Castañeda, E.; Barros, V. 1994. Las tendencias de las precipitaciones en el Cono Sur de América al Este de los Andes. *Meteorológica*, 19, 23-32. En: Barros, V.; Menéndez, A.; Nagy, G. (Eds): El Cambio climático en el Río de la Plata. Buenos Aires, CIMA/CONICET, cap. 14, pp. 137-143.
- Castiñeira, C.; Fernández, G.; Céspedes, C. 1997. Proceso de formación del Sitio Cráneo Marcado en el Litoral de la Laguna de Castillos (Depto Rocha- Uruguay). Una aproximación multidisciplinaria para su construcción paleoambiental. En Actas del IX Congreso Nacional de Arqueología. Colonia
- Castiñeira, C.; Fernández, G.; Pintos, S.; Piñeiro, G. 1995. Aplicaciones del Estudio Paleoambiental a las investigaciones arqueológicas. Laguna de Castillos (Rocha). En Actas del IX Congreso Nacional de Arqueología. Colonia
- Cayssials, R. y Álvarez, C. 1983. Interpretación agronómica de la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Boletín Técnico N°9. MGAP. DSF. Montevideo, Uruguay.
- Céspedes, C.; Piñeiro, G.; Achkar, A.; Gutierrez, O.; Panario, D. 2009. The irruption of new agro-industrial technologies in Uruguay and their environmental impacts on soil, water supply and biodiversity: a review. *Int. J: Enviroment and Health*, Vol 3. N°2.
- Chaves, R.; Cavalcanti, I. 2000. Eventos extremos de precipitação sobre o Sul de Nordeste. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro. 2000. En Marengo, J. 2004
- Chebataroff, J. 1952. Vegetación de los suelos salinos. *Revista Uruguaya de Geografía*. Vol. VI: 71-100. Montevideo-Uruguay.
- Chebataroff, J. 1973. Introducción al estudio de los Ecosistemas de Bañados Salinos. *Revista Uruguaya de Geografía*. Segunda Serie N°2: 31-41. Montevideo, Uruguay.
- Christofoletti, A. 1980. Geomorfología. Ed. Edgard Blucher. San Pablo.
- Christofoletti, A. 1981. Geomorfología Fluvial. Volume I O canal fluvial. Ed. Edgard Blucher. San Pablo
- Chorley, R. 1969. Introduction to fluvial processes.
- Chorley, R. y Kennedy, B. 1971. Physical Geography: A systems approach. Prentice Hall International. Londres

- Chorley, R.; Schumm, S.; Sugden, D. 1985. *Geomorphology*. Methuen. London and New York
- Chuvienco, E. 1990. *Fundamentos de la Teledetección Espacial*. Rialp. Madrid
- Chuvienco, E. 1996. *Fundamentos de teledetección espacial*. 3ª edición revisada. Ediciones Rialp S.A., Madrid. España
- Clara, M. y Maneyro, R. 1997. *Humedales del Uruguay. El ejemplo de los humedales del Este*. <http://www.unesco.org.uy/cienciasnaturales/fileadmin/ciencias%20naturales/mab/6.pdf>
- Clearinghouse. 2001. Grupo Geodesico. ClearingHouse Nacional http://intgis.montevideo.gub.uy/sit/data/otros_doc_y_proy/MRGMVD2004_Grupos_geo_desico_Clearinghouse.pdf
- Cochran, W. G. 1941. The distribution of the largest of a set of estimated variances as a fraction of their total. *Annals of Eugenics (London)* 11: 47-52.
- Cochran, W. G. 1951. Testing a linear relation among variances. *Biometrics* 7: 17-32.
- Conde, D.; Rodríguez-Gallego, L.; Rodríguez- Graña, L. (Resp). 2003. Análisis conceptual de las interacciones abióticas y biológicas entre el océano y las lagunas de la costa Atlántica de Uruguay. Informe Final. Sección Limnología, Depto. Ecología, Instituto de Biología. Fac. Ciencias. UdelaR. PNUD/GEF/RLA/99/G31 (FREPLATA).
- CONEAT. 1979. Grupos de Suelos. Índices de Productividad. Montevideo, Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra, Ministerio de Agricultura y Pesca. 167 p.
- CONEAT. 1994. Grupos de Suelos. Índice de Productividad. MGAP, Montevideo
- Constantine, C; Dunne, T; Hanson, G. 2009. Examining the physical meaning of the bank erosion coefficient used in meander migration modeling. *Geomorphology*, Volume 106, Issues 3-4, Pages 242-252
- Constantine, C.R., 2006. Quantifying the connections between flow, bar deposition, and meander migration in large gravel-bed rivers. Ph.D. Thesis, Univ. of Calif., Santa Barbara, 191 pp.
- Costanza, R, Kemp, W. y Boynton.R. 1993. Predictability, scala, and biodiversity in coastal and estuarine ecosystems; implications for management. *Ambio* 22:88-96. En: Conde, D.; Rodríguez-Gallego, L.; Rodríguez- Graña, L. (Resp), 2003. Análisis conceptual de las interacciones abióticas y biológicas entre el océano y las lagunas de la costa Atlántica de Uruguay. Informe Final. Sección Limnología, Depto. Ecología, Instituto de Biología. Fac. Ciencias. UdelaR. PNUD/GEF/RLA/99/G31 (FREPLATA).
- Cooke, R.U.; Doornkamp, J.C. 1990. *Geomorphology in enviromental management*. Introduction. 2ª Edición revisada. Clarendon. Oxford
- Corsi, W. 1978. Clima. En: Pasturas IV. Miscelánea N° 18. 2ª ed. Montevideo: CIAAB. p. 255-266. En: Algunos Aspectos sobre la Conservación y Manejo de la Biodiversidad en

Uruguay. Berreta, E. INIA. Salto Grande.
<http://www.pastizalesnaturales.com/congresos/5/conferencias/PRESENTACION%20El%20bio%20Berreta.doc>

- Da Costa, E. 2005. Distribución espacial de unidades ambientales en el parque natural regional Valle del Lunarejo. Pasantía TECRENAT. Facultad de Ciencias. UdelaR.
- Day, J.; Hall, S.; Kemp, W.; Yañez-Arancibia, A. 1989. Estuarine ecology. Wiley, New York.
- En Conde, D.; Rodríguez-Gallego, L.; Rodríguez-Graña, L. (Resp), 2003. Análisis conceptual de las interacciones abióticas y biológicas entre el océano y las lagunas de la costa Atlántica de Uruguay. Informe Final. Sección Limnología, Depto. Ecología, Instituto de Biología. Fac. Ciencias. UdelaR. PNUD/GEF/RLA/99/G31 (FREPLATA).
- Day, R; Quinn, G. 1989. Comparisons of Treatments alter an Análisis of Variante in Ecology. Ecological Monographs, Vol. 59, N° 4, pp: 433-463.
- De Álava, D.; Fernández, G. y Panario, D. 1992. Propuesta de Manejo para Área Protegida: Cabo Polonio –Monumento de Costa Oceánica – Cat. III UICN – Incluida en la Convención de Ramsar. Departamento de Rocha, agosto de 1992.
- De Álava, D. (Coord); Panario, D.; Fernández, G. 1994. Estudios para la propuesta de un manejo integrado de la zona costera del departamento de Rocha (propuesta preliminar). UNCIEP. Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay.
- De Álava, D.; Panario, D. 1996. La Costa Atlántica: ecosistemas perdidos y el nacimiento de un monte de pinos y acacias. En: Almanaque Banco de Seguros del Estado. Montevideo. 44-51 pp.
- De Álava D. 2006. Interfase de conflictos: el sistema costero de Rocha (Uruguay). pp.: 637-650. En: Bases para la Conservación y el Manejo de la Costa Uruguaya. Menafrá, Rodríguez-Gallego, Scarabino & Conde (Eds.). Vida Silvestre Uruguay, Montevideo, i-xiv + 668 p.
- De Álava, D. 2007. Incidencia del Proceso de Transformación Antrópico en el Sistema Costero La Paloma- Cabo Polonio. Tesis. Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, UdelaR. Montevideo, julio de 2007.
- Del Puerto, O. 1987. Vegetación del Uruguay. Facultad de Agronomía. Montevideo-Uruguay.
- Del Puerto, O. 1969. Hierbas de Uruguay. Nuestra Tierra N° 19. Editorial “Nuestra Tierra”.
- Dell’Acqua, M.; Petraglia, C.; San Román, D. 2006. Resultados de la interpretación de imágenes satelitales para forestación y usos del suelo de prioridad forestal. DGRNR, DGF, MGAP. Montevideo.
- DIEA, 1990. Censo General 1990. Dirección de Estadísticas Agropecuarias-Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca.
- DIEA, 2003. Censo General Agropecuario 2000, Recuentos Preliminares. Dirección de Estadísticas Agropecuarias -Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca.

- DIEA, 2008. Anuario 2000, Recuentos Preliminares. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca
- DINAMA/MVOTMA. 2008. Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay. Avances en su diseño e implementación. División Biodiversidad y Áreas Protegidas/ Proyecto SNAP.
- DINAMA/MVOTMA. 2008. Estado de situación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Uruguay. División Biodiversidad y Áreas Protegidas/ Proyecto SNAP. Abril, 2008
- DNM. 2000. Estadística Climática del Uruguay- Serie 1961-1990. Dirección Nacional de Meteorología
- DNM. 2006. Registros Mensuales de la Estación Meteorológica de Rocha. Serie 1980-2006. Dirección Nacional de Meteorología
- DGRNR. 2006. Actualización de la carta forestal del Uruguay con Imágenes del Año 2004. Dirección General de Recursos Naturales Renovables - MGAP, En: http://www.mgap.gub.uy/renare/SIG/Forestal/CARTA_FORESTAL2004.pdf
- DSF. 1979. Carta de Reconocimiento de Suelos. Clasificación de Suelos. Tomo III. MGAP. Montevideo.
- DSF. 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay, (escala 1/1.000.000). MAP. Montevideo
- Donker, N.; Meijerink, A. 1977. Digital processing of Landsat images to produce a maximum impression of terrain ruggedness. ITC Journal, (4):25-31, 1977
- Duncan, D. 1955. Multiple Range Tests and Multiple F Test. Biometrics, 11(1), 1-42.
- Edgington, E. S. 1995. Randomization Tests (Third Edition). New York: Marcel Dekker
- Elizalde, G. 1996 Ensayo de clasificación de categorías de paisaje. Facultad de agronomía. Universidad Católica de Venezuela.
- Eisenhart, C. 1947. Significance of the largest of a set of sample estimates of variance. In: Selected techniques of statistical analysis for scientific and industrial research and production and management engineering (Eds. Eisenhart, C., Hastay, M. W)
- ESRI. 1996. ArcView GIS. The Geographic Information System for Everyone. Environmental Systems Research Institute.
- Faccio, C. y Achkar, M. 2008- Propuesta de ingreso del Área Parque Nacional Laguna Negra al Sistema Nacional del Área Protegida. Convenio Probides-Facultad de Ciencias. Universidad de la República.

- Faccio, C. y Achkar, M. 2008- Propuesta de ingreso del Área Paso Centurión- Sierra de Ríos al Sistema Nacional del Área Protegida. Convenio Probides-Facultad de Ciencias. Universidad de la República
- Fagúndez, C; Lezama, F. 2005. Distribución Espacial de la Vegetación Costera del Litoral Platense y Atlántico Uruguayo. Informe Freplata. Sección Ecología. Facultad de Ciencias - UdelaR
- Freden, S. C.; Gordon, F. 1983. LANDSAT Satellites. Manual of Remote Sensing, Volume I, 2d Edition (American Society of Photogrammetry, Falls Church, Va., 1983), pp. 517-570.
- Furnas, G. W. 1984. The generation of random, binary unordered trees, *J. Classif.*, 1,187–233
- García-Villalpando, J. A; Castillo-Morales, A, Ramírez-Guzmán, M. E1, Rendón-Sánchez; G.; Larqué-Saavedra; M. 2006. Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnet, Hsu y Bechhofer para la selección de medias.
- Gasto, J.; Cosio, F.; Panario, D. 1999. Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición. Manual de aplicación a municipios y predios rurales. Red de Pastizales Andinos, Quito. 253 pp.
- Gilvear, D.; Byant, R. 2003. Analysis of aerial photography and other remotely sensed data. In: Kondolf, G.M., Piegay, H. (Eds.), *Tools in Fluvial Geomorphology*. Wiley, Chichester, U.K., pp. 135–170.
- Giorgi, F. 2002. Variability and trends of sub-continental scale surface climate in the twentieth century. Part I: Observation. *Climate Dynamics*, 18, 675-691. En: Barros, V.; Menéndez, A.; Nagy, G. (Eds): *El Cambio climático en el Río de la Plata*. Buenos Aires, CIMA/CONICET, cap. 14, pp. 137-143.
- González, M.; García, D. 1998. Restauración de ríos y riberas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar. Ediciones Mindi-Prensa. Madrid. ISBN: 84-7114-791-2
- González, V., F. Pesce, F. Quintans, A. Rodríguez, S. Zerbino. 2003. Diagnóstico Ambiental Parque Lacustre Garzón. Departamento de Rocha. Curso Diagnóstico Ambiental, Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay, 60 p., anexos y cartografía
- Gregory, K. J. 2006. The human role in changing river channels. *Geomorphology* 79 (2006) 172–191.
- Goudie, A. 2006. Global warming and fluvial geomorphology. *Geomorphology* 79 (2006) 384–394
- Gutiérrez Elorza, M. 2008. *Geomorfología*. Ed. Pearson.

- 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.
- Hartley, H. O. 1950. The maximum F-ratio as a short-cut test for heterogeneity of variance. *Biometrika* 37: 308-312.
- Herzig, M. 1993. Informe preparado a partir de la Misión Técnica de Ramsar, enmarcada dentro de las acciones de seguimiento a la aplicación del Procedimiento de Monitoreo al Sitio Ramsar "Bañados del Este y Franja Costera", Uruguay. Responsable en Jefe de la Misión Técnica, Dr. Hiraldo Cano, F. Gland, Suiza.
- Hooke, J. M. y Yorke L. 2010. Rates, distributions and mechanisms of change in meander morphology over decadal timescales, River Dane, UK. *Earth Surface Processes and Landforms*, 35 (), pp.1601-1614
- Hooke, J. M. 2007. Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river. *Geomorphology*, 84(), pp.277-296
- Hope, A. C. A. 1968. A simplified Monte Carlo test procedure, *J. Roy. Statist. Soc. B*, 35–45.
- Hughes. M.; McDowell, P.; Andrew; W. 2006. Accuracy assessment of georectified aerial photographs: Implications for measuring lateral channel movement in a GIS. *Geomorphology*, Volume 74, Issues 1-4, March 2006, Pages 1-16
- Hsu, J. C. 1981. Simultaneous confidence intervals for all distances from the best. *Ann. Stat.* 9:1026-1034. En: Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para selección de medias. *Agrociencia* 35:79-86. 2001
- INE. 2005. Censo Preliminar. Fase -1. Instituto Nacional de Estadística. Montevideo
http://www.ine.gub.uy/fase1new/divulgacion_definitivos.asp
- INE. 2006. Base de datos de página Web INE, <http://www.ine.gub.uy>
- INPE- Catalogo de Imágenes Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales- Brasil.
<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.
- IPCC. 1996- Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change. En: El cambio climático en la Cuenca del Plata. 2006. Editores: Barros, V.; Clarke, R.; Silva, P. CONICET
- IPCC, 2001. Tercer informe de evolución. Cambio Climático 2001. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. PNUMA. <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>
- Iriondo, M. 1981. Antigüedad del último cambio climático en el litoral. *Rev. Ecología* Vol. 6. CADINQUA (INQUA-AGA-CONICET). Bs. As
- Iriondo, M. y García, N. 1993. Climatic variations in the Argentine plains during the last 18000 years. En: *Palaeogeography, Palaeoclimatologic and Palaeoecology* 101:110-127.

- Iriondo, M. 1993. El Litoral. En: M. Iriondo (ed). El Holoceno en la Argentina. Vol. 2.1-21. CADINQUA (INQUA-AGA-CONICET). Bs. As.
- Iriondo, M. 1996. Estratigrafía del Cuaternario de la Cuenca del Río Uruguay. XIII Congresos Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas IV: 15-25.
- Johnson D.E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Editores International Thomson. México. En: Sosa et al, 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la Región Arida del Estado de Chichuahua, México
- Jhonson, L.B. 1990. Analyzing spatial and temporal phenomena using geographical informations systems. *Landcape ecology* 4:31-43.
- Jorcin, A. 1999. Temporal and special variability in the macrozoobentic community along a salinity gradient in the Castillos Lagoon (Uruguay). *Arch. Hydrobiol.* 146: 3: 369- 384. Stuttgart.
- Jordan, C.F. 1969. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. *Ecology* N° 50. 663-666p.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K.C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, A. Leetmaa, R. Reynolds, R. Jenne, D. Joseph. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. NCEP/NCAR 40-Year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3): 437-470. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>
- Keuls, M. 1952. Use of the "Studentized Range" in Connection with an Analysis of Variance. *Euphytica*, 1, 112-122.
- Kraus C., Trillmich F. & Nkele J. K. 2005. Reproduction and growth in a precocial small mammal, *Cavia magna*. *Journal of Mammalogy*, 86(4):763-772. En SNAP, 2009.
- Kullback, S. 1959. *Information theory and statistics*. New York: Wiley.
- Korkalainen, T; Laurén, A. 2006. Using phytogeomorphology, cartography and GIS to explain forest site productivity expressed as tree height in southern and central Finland. *Geomorphology* 74 (2006) 217-284.
- Lillesand, T.; Kieffer, R. 1994. *Remote Sensing and Image Intepretation*. 3ª ed. Wiley & Sons, inc. EEUU.
- Lafitte y Hurrell, 1997. En Fagúndez, C; Lezama, F. 2005. Distribución Espacial de la Vegetación Costera del Litoral Platense y Atlántico Uruguayo. Informe Freplata. Sección Ecología. Facultad de Ciencias - UdelaR

- Lillesand, T; Kiefer, R. 2003. Remote Sensing and Image Interpretation. Ed. Wiley. 5 edición. ISBN-10: 0471152277
- Leoni, C.; Veró, F.; Alonso, E. 1995. La flora entre las manos. Fichas didácticas 2, PROBIDES
- Leopold, L. B. 1973. River channel change with time: an example. Geological Society of America Bulletin 84, 1845-1860.
- Leopold, L.; Wolman, M.; Millier, J. 1964. Fluvial Processes in Geomorphology. Freeman. San Francisco. Gutiérrez Elorza, M. 2008. Geomorfología. Ed. Pearson.
- Leopold, L. B. y Wolman, M.G. 1957. River meanders patterns: braided, meandering and straight. United States Geological Survey Professional Papers, 282B, 39-85. En: Gutiérrez Elorza, M. 2008. Geomorfología. Ed. Pearson.
- Legendre, P.; Borcard, D. -Statistical comparison of univariate tests of homogeneity of variances. Journal of Statistical Computation and Simulation. Département de sciences biologiques, Université de Montréal.
- Maestre, F.T., Escudero, A., Bonet, A. (eds). 2008. Introducción al Análisis Espacial de Datos en Ecología y Ciencias Ambientales: Métodos y Aplicaciones. pp:1-33. Dykinson, Madrid, España.
- Malvárez, A. I. 1997. Las comunidades vegetales del delta del Paraná. Su relación con factores ambientales y patrones de paisaje. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires
- Malvárez, A. I. 1997. Aspectos ecológicos del evento de inundación 1982-83. En: Efectos del evento de inundación de 1982-83 sobre la región del Delta del río Paraná. El caso del Dto. Victoria, Entre Ríos. Informe parcial del proyecto UBACYT AM- 05/94.
- Marengo, J. (Coord); Menéndez, A.; Guetter, A.; Hogue, T.; Mechoso, C. 2004. Eventos Hidrometeorológicos Extremos. Caracterización y Evaluación de Métodos de Predicción de Eventos Extremos de Clima y de la Hidrología en la Cuenca del Plata. Informe Final. Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, en relación con los efectos hidrológicos de la Variabilidad y cambio Climático.
- Martin, C. G., Games, P. A. 1977. Anova tests for homogeneity of variances: nonnormality and unequal samples. Journal of Educational Statistics, 2, 187-206.
- Mautecci, S.; Buzai, G. 1998. Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial. Centro de Estudios Avanzados de Buenos Aires. EUDEBA. Bs. As.
- Menafrá, R., L. Rodríguez-Gallego, F. Scarabino, D. Conde (Eds). 2006. Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Vida Silvestre Uruguay. Montevideo, i-xiv+668 pp.
- Micheli, E.R., 2000. Quantifying the effects of riparian vegetation on river meander migration. Ph.D. Thesis, Univ. of Calif., Berkeley. En: Constantine, C; Dunne, T; Hanson, G.

2009. Examining the physical meaning of the bank erosion coefficient used in meander migration modeling. *Geomorphology*, Volume 106, Issues 3-4, Pages 242-252
- Ministerio de Turismo y Deporte. 2010. Anuario 2009. Boletín estadístico.
<http://www.mintur.gub.uy/images/stories/pdf/estadisticas/anuarios/Anuario2009.PDF>
- Milliken, G. y Johnson, D. 1992. *Analysis of messy data. Volume I: designed experiments.* Chapman y Hall, London. 473 pp.
- Minetti, J.; Pobrete, A; Acuña, L.; Casagrande, G. 2003. Non Linear trends and low frequency oscillations in annual precipitation over Argentina and Chile. 1931-1999. *Atmosfera*, 16, 119-135. En: Barros, V.; Menéndez, A.; Nagy, G. (Eds): *El Cambio climático en el Río de la Plata.* Buenos Aires, CIMA/CONICET, cap. 14, pp. 137-143.
- Molfino, J.; Califra, A. 2001. Estimación del almacenaje de agua en las Tierras del Uruguay, DSA-MGAP.
www.mgap.gub.uy/Renare/SuelosyAguas/EstudiosBasicosdeSuelos/agua_disponible.pdf
- Molinero, L. 2003. Bondad de ajuste a una normal. Transformaciones. Pruebas no paramétricas. <http://www.seh-lelha.org/pdf/noparame.pdf>
- Montaner, M. E.; Sánchez-Almohalla, E. 1988. Aproximación por el método de Thornthwaite, al calculo de infiltración de lluvia útil. *Papeles de Geografía*, N°14. Pag- 223-225.
- Montaña, J; Bossi, J. 1995. *Geomorfología de los humedales de la Cuenca de la Laguna Merín en el Departamento de Rocha.* Cátedra de Geología. PROBIDES
- MTOP/PNUD/UNESCO. 1979. *Conservación y mejora de playas - URU.* 73.007. Montevideo. 593 p.
- Morisawa, M. 1968. *Streams: Their dynamics and morphology.* McGraw Hill Book Co. New York. En: Gutiérrez Elorza, M. 2008. *Geomorfología.* Ed. Pearson.
- Morisawa, M. 1985. *Rivers: Form and Processes.* Longman. London.. En: Gutiérrez Elorza, M. 2008. *Geomorfología.* Ed. Pearson.
- Newman, D. 1939. The Distribution of Range in Samples from a Normal Population, Expressed in Terms of an Independent Estimate of Standard Deviation. *Biometrika*, 31, 20-30.
- NASA, 2011. The Landsat Program. <http://landsat.gsfc.nasa.gov>
- Norman, G.; Streiner, D. 1996. *Bioestadística.* Ed. Mosby.
http://books.google.com.uy/books?id=yCLUYL14tlQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Norbis, W.; Langone, J. 1997. *Fauna.* En *Reserva de Biosfera Bañados del Este.* Avances del Plan Director. PROBIDES.

- Norbis, W. 2000. Estudios sobre la población de camarón rosado (*Penaeus paulensis*) en las lagunas costeras de la Reserva de Biosfera Bañados del Este. PROBIDES. 2000. 41 p.
- Norusis, M. 1993. SPSS for Windows. Base system 13. Statistic Guides.
- Norusis, M. 2004. SPSS 13.0 Advanced Statistical Procedures Companion. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2004.
- OPP, OEA y BID. 1991. Estudio ambiental nacional. Oficina de Planeamiento y Presupuesto.
- OPYPA. 2008. Anuario 2008. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca.
- 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. Estado de Anzoátegui, Venezuela. Ciencias de la Tierra, Acta Científica Venezolana, 55: 97-106, 2004
- Panario, D., G. Piñeiro. 1997. Vulnerability of oceanic dune systems under wind pattern change scenarios in Uruguay. Climatic Research Special Issues, 9(1-2): 67-68.
- Panario, D. 1999. Dinámica de la costa atlántica uruguaya. En: Seminario: Costa Atlántica. Estado actual del conocimiento y estrategia de investigación de la costa y sus barras lagunares (Rocha, marzo de 1997). Rocha, PROBIDES. 23-54 pp. (Serie Documentos de Trabajo N° 21)
- Panario, D. 2000. Las playas uruguayas. Su dinámica, diagnóstico de situación actual y tendencias a mediano plazo. En: Domínguez, A., R. Prieto (Coord.): Perfil ambiental del Uruguay - 2000. Montevideo, Edinor, 111-125 pp.
- Panario, D., Gutiérrez, O. 2006. Dinámica y fuentes de sedimentos de las playas uruguayas. En: Menafra, R., Rodríguez, L., Scarabino, F., Conde, D. (Eds.): Bases para la conservación y manejo de la costa Uruguaya. Vida Silvestre Uruguay, Montevideo, 21-34 pp.
- Panario, D.; Mazzeo, N.; Eguren, G.; Rodríguez, C.; Altesor, A.; Cayssials, R.; Achkar, M. 2006. Síntesis de los efectos ambientales de las plantas de celulosa y del modelo forestal en Uruguay. Facultad de Ciencias. Informe interno. Montevideo
- Panario, D., Gutiérrez, O. (en prensa). Introducción a la geomorfología de lagunas costeras, lagos someros y charcas del Uruguay. En: F. García-Rodríguez (Ed.), El Holoceno en la zona costera del Uruguay, CSIC-UdelaR, Facultad de Ciencias, Montevideo.
- Paruelo, J.; Guerschman, J.; Piñeiro, G.; Jobbágy, E.; Verón, S.; Baldi, G. y Baeza, S. 2006. Cambios en el Uso de la Tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis. Agrociencia. (2006) Vol. X N° 2 pág. 47 - 61
- Pérez Arrarte, C. 2007. Plantaciones forestales e impactos sobre el ciclo del Agua. Un análisis a partir del desarrollo forestal en Uruguay. Grupo Guayuvirá

<http://www.uruguayambiental.com/publicaciones/PerezArrartePlantacionesForestales.pdf>

Pérez, C. 2001. Técnicas Estadísticas con SPSS. Pearson Educación S.A. Prenteci Hall. Madrid. ISBN: 84.205.3167.7

Pinilla, C. 1995. Elementos de Teledetección. RA- MA. Madrid

Piñeiro, G., Panario, D. 1993. Dinámica sedimentaria y geomorfológica de dunas y playas en Cabo Polonio, Rocha. Montevideo, UNCIEP, Facultad de Ciencias, 35 p. y anexos.

Poder Legislativo. 1977. Decreto de Ley N° 260/977. Parque Nacional Lacustre (Lagunas de José Ignacio, Garzón y Rocha)

Poder Legislativo. 1987. Ley N° 15.939. Ley de Prioridad Forestal. Diciembre 1987.

En: <http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=15939&Anchor=>

Poder Legislativo. 1987. Decreto de Ley N° 527/92.

Poder Legislativo, 1988. Ley N° 15.939. Prioridad Forestal

Poder Legislativo. 2000. Ley N° 17.234. Ley de creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Marzo 2000.

<http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=17234&Anchor=>

Podestá, L; Gavirondo, M. 2006. Cuantificación de variaciones laterales de cursos de agua mediante fotogrametría digital. Sensoramiento Remoto y Meteorología Aplicada/Medio Ambiente. Grupo Montevideo.

Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W., Rossi, P. 1985. Memoria explicativa de la carta geológica del Uruguay a escala 1:500.000. DINAMIGE. Montevideo

PROBIDES, 1999. Plan Director. Reserva de Biosfera Bañados del Este/Uruguay.
<http://www.probides.org.uy/publica/director.htm>

Richards, K. 1982. Rivers: Form and Process in Aluvial Channels. Methuen. London. En: Gutiérrez Elorza, M. 2008. Geomorfología. Ed. Pearson

Richards, K. 1987. Fluvial Geomorphology. Progress in Physical Geography, 11, 432-457. En: Gutiérrez Elorza, M. 2008. Geomorfología. Ed. Pearson

Rodríguez Gallego, L. 2000. Descripción geomorfológica del Arroyo Valizas. Monografía del Curso de Geomorfología.

Roche, H. 1995. Humedales: un enfoque económico. PROBIDES, 14 p.

Rodríguez Gallego, L.; Rodríguez Graña, L.; Conde, D. 2003. Las lagunas costeras de Uruguay: estado actual del conocimiento. Sección de Limnología. Fac. Ciencias. UdelaR.

http://www.freplata.org/documentos/archivos/Documentos_Freplata/Lagunas_costeras_Uruguay_conocimiento_actual_VJCM.pdf

- Rodríguez Gallego, L.; Santos, C.; Amado, S.; Gorfinkel, D.; González, M.; Gómez, J.; Neme, C.; Tommasino, H.; Conde, D. 2008. Costos y Beneficios socioeconomicos y ambientales del uso actual de la Laguna de Rocha y su cuenca: Insumos para la Gestión integrada de un Área Protegida Costera. Programa de Desarrollo Tecnológico. Proyecto 36-09. <http://www.amigosdelaslagunasderocha.org/media/pdf/Informe%20Final%202.pdf>
- Salvador Figueras, M. 2001. Análisis de Conglomerados o cluster. Universidad de Zaragoza. <http://www.5campus.org/leccion/cluster>
- Scasso, F. 2002. Ambientes acuáticos de la zona costera de los Humedales del Este. Estado actual y estrategias de gestión. PROBIDES. 40 p.
- Scheffé, H. 1959. The analysis of variance. New York. Wiley.
- Scherrer, B. 1984. Biostatistique. Boucherville: Gaëtan Morin Ed.
- Silvera, L.; Alonso, J.; Marinez, L. 2006. Efecto de las Plantaciones forestales sobre el recurso agua en el Uruguay. Agrociencia (2006) Vol.X. Nº2, pag 75-93 <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/VOL10/2/pp75-93.pdf>
- Servicio Geografico Militar (SGM). 1967. Cartas topográfica a escala 1/50.000. Servicio Geográfico Militar.
- SNAP. 2005. Evaluación de la eficiencia de manejo de las áreas protegidas de Uruguay. Informe 2005. Proyecto Fortalecimiento del proceso de implementación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (URR/05/001)
- SNAP. 2009. Proyecto de ingreso del área protegida marino-costera de Cabo Polonio. http://www.snap.gub.uy/dmdocuments/CaboPolonio-Proyectoingreso_SNAPmayo2009.pdf
- Snedecor, G, Cochran, W. 1980. Statistical methods. 7th ed., Iowa State U Press, Ames, Iowa, 1980: 290.
- Sokal, R. y Rohlf, F. 1995. Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research (Third Edition). New York: W. H. Freeman.
- SSRFAU. 2006. Vuelos aéreo fotográficos a escala 1/20.000. Servicio de Sensores Remotos de la Fuerza Aérea Uruguaya.
- Strahler, A. 1952. Dynamic basis of Geomorphology. Geol. Soc. America Bulletin, 63. En Geomorfología. Christofolletti , A. 1980.
- Stone, R; Hammer,G. y Marcussen, T. 1996. Prediction of global rainfall probabilities using phases of the Southern Oscillation Index. Nature 384, 252 - 255 (21 November 1996). <http://www.nature.com/nature/journal/v384/n6606/abs/384252a0.html>

- Sosa, M.; Galarza, J.; Lebgue, T.; Soto, R.; Puga, S. 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la Región Árida del Estado de Chihuahua, México. *Ecol.apl.* v.5 n.1-2 Lima dic. 2006.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S17262162006000100007&script=sci_arttext
- Thornthwaite, C.; Mather, J.R. 1957. Instructions and tables for computing potencial evapotranspiración and the water balance. Centerton, N.J. En: *Caracterización Agroclimática del Uruguay (1980-2009)*. 2010
- Tucker, C. J. y Miller L. D. 1977. Shortgrass prairie spectral measurements. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 41, N°9. 1975. 1157-1162 pp.
- Tukey, J. 1953. The Problem of Multiple Comparisons. Unpublished manuscript. Princeton University.
- UDELAR. 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. Montevideo
- UITS. 2010. SPSS Versión 17. University Information Technology Services. (<http://www.indiana.edu/~statmath/stat/spss/win/index.html>)
- Underwood, A. J. 1997. Experiments in ecology – Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vicente Villardón, J. 2000. Introducción al análisis de cluster. Departamento de Estadística. Universidad de Salamanca.
- Visauta, B. 1998. Análisis Estadístico con SPSS para WINDOWS (Vol II. Análisis Multivariante). Mc-Graw Hill.
- Welch, B. L. 1936. Specification of rules for rejecting too variable a product, with particular reference to an electric lamp problem. *J. Roy. Statist. Soc., Suppl.* 3, 29-48.
- Welch, B. L. 1938. The significance of the difference between two means when the population variances are unequal. *Biometrika*, 29, 350-361.
- Wilks, D. S. 2006. *Statistical Methods in the atmospheric Sciences*. Department of Earth and Atmospheric Sciences. Cornell University. 2ªEdition.. Elsevier. ISBN 13: 978.0.12.751966.1
- Winer, B. J. 1971 *Statistical principles in experimental design (Second Edition)*. New York: McGraw-Hill.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis (Fourth Edition)*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Zavala H.J.A. 1986. Introducción al enfoque multivariado en estudios de vegetación. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa,. Méx. En Sosa et al, 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la Región Árida del Estado de

11. INDICE DE TABLAS

TABLA 1- DESCRIPCIÓN DE MOSAICOS FOTOGRÁFICOS	12
TABLA 2- DETALLE DE LAS IMÁGENES SATELITALES	13
TABLA 4: COBERTURAS DE BASE DEL SIG	15
TABLA 5- N° DE POLÍGONOS POR PERÍODOS	16
TABLA 6- CATEGORÍAS PARA LA CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES	22
TABLA 7- USOS DEL SUELO PARA LAS ÁREAS DE ENUMERACIÓN	25
TABLA 8 -CULTIVOS CEREALEROS E INDUSTRIALES, PRADERA Y FORRAJES	26
TABLA 9- UNIDADES DE SUELO A ESCALA 1/1.000.000	27
TABLA 10: SÍNTESIS CON LOS GRUPOS DE SUELOS	28
TABLA 11- CUANTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE ACRESIÓN/EROSIÓN	36
TABLA 12- PROCESOS DE ACRESIÓN/EROSIÓN	36
TABLA 13- RANGOS DE MIGRACIÓN LATERAL ENTRE PERIODOS	38
TABLA 14- ANCHO DEL CANAL (M)	39
TABLA 15 – DESCRIPCIÓN DE LA SERIE DE DATOS DE RML (1943-2006)	41
TABLA 16- PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE	42
TABLA 17- PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE RML	42
TABLA 18- PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE LN(RML)	43
TABLA 19- ANOVA PARA LOS LN(RML) ENTRE PERIODOS	45
TABLA 20- PRUEBAS POST HOC	48
TABLA 21- PRUEBAS POST -HOC DE EROSIÓN	51
TABLA 22- RESULTADOS DEL ANÁLISIS JERÁRQUICO DE CLUSTER	52
TABLA 23- RESULTADOS DEL ANÁLISIS JERÁRQUICO DE CLUSTER	55
TABLA 24: PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES	61
TABLA 26- RESULTADOS POST HOC DE TUKEY Y SCHEFFÉ	62
TABLA 27- RESUMEN DE ANOMALÍAS	64
TABLA 28- RESUMEN DE ANOMALÍAS EXTREMAS	65
TABLA 29- RESUMEN DE VIENTO (DIRECCIÓN E INTENSIDAD)	67
TABLA 30- N° DE EVENTOS EXTREMOS DE VIENTOS MERIDIONALES (NOAA)	71
TABLA 31- COBERTURAS DEL SUELOS	72

12. INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
FIGURA 2- DETALLE DE DIGITALIZACIÓN (ESCALA DE DIGITALIZACIÓN 1/2.000)	15
FIGURA 3- LOCALIZACIÓN DE LOS LÍMITES DEL CANAL	16
FIGURA 4- TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	25
FIGURA 5- PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL.	25
FIGURA 6- UNIDADES DE SUELO A ESCALA 1/1.000.000.	27
FIGURA 7- ASOCIACIONES VEGETALES A ESCALA 1/20.000.	29
FIGURA 8- CURSO DEL AºVALIZAS.	30
FIGURA 9- EROSIÓN EN MARGEN DERECHA.	33
FIGURA 10- DETALLE DE LA TERRAZA.	33
FIGURA 11- EROSIÓN EN LA MARGEN IZQUIERDA	33
FIGURA 12- CANAL ARTIFICIAL.	34
FIGURA 13- CANAL ARTIFICIAL.	34
FIGURA 14- PUERTO NATURAL SOBRE EL AºVALIZAS. ENERO 2011	35
FIGURA 15 - TASAS DE REMOCIÓN ANUAL DE ACRESIÓN/EROSIÓN	37
FIGURA 16 – COMPORTAMIENTO DE RML POR ACRESIÓN/EROSIÓN	38
FIGURA 17- EVOLUCIÓN DEL ANCHO DEL CANAL	39
FIGURA 18- CORRELACIÓN ENTRE LA TRA Y RLM	40
FIGURA 19- SUBCONJUNTOS HOMOGÉNEOS (TEST TURKEY)	45
FIGURA 20- VISTA DEL CABO POLONIO DESDE EL CERRO BELLA VISTA.	46
FIGURA 21- VISTA DEL AºVALIZAS DESDE LA VERTIENTE SUR.	46
FIGURA 22- VISTA DE LAS MÁRGENES DEL Aº VALIZAS	47
FIGURA 23- FONDO DEL SISTEMA DUNAR DEL CABO POLONIO.	47
FIGURA 24- AGRUPAMIENTO DE RML POR PROCESOS Y PERIODO	49
FIGURA 25- DENDROGRAMA (MÉTODO DE WARD)	53
FIGURA 26- AGRUPAMIENTOS DE LOS MAYORES RML POR EROSIÓN	54
FIGURA 27- LOCALIZACIÓN DE LOS RML EN EL SECTOR A.	55
FIGURA 28 -VISTA DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL SECTOR A.	56
FIGURA 29- VISTA PANORÁMICA DEL SECTOR B.	56
FIGURA 30- LOCALIZACIÓN DE LOS RML EN EL SECTOR B.	57
FIGURA 31- CANAL MEÁNDRICO EN EL SECTOR B.	57
FIGURA 32- LOCALIZACIÓN DE LOS RML EN EL SECTOR C.	58
FIGURA 33- CIERRE DE LA BARRA ARENOSA DEL AºVALIZAS.	59
FIGURA 34- EFECTO DE LOS BOTES EN LAS MÁRGENES DEL CANAL.	59
FIGURA 35- DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIONES (MEDIAS MENSUALES)	63
FIGURA 36 - DIFERENCIA EN LA DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIONES	63
FIGURA 37- COMPARACIÓN PARA LA PRIMAVERA DE 1983	66
FIGURA 38- COMPARACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES ENTRE 1998/1999	66
FIGURA 39- COMPARACIÓN PARA EL OTOÑO 2000	66
FIGURA 40- VISTA PANORÁMICA DEL SECTOR C.	66
FIGURA 41- DESEMBOCADURA DEL Aº VALIZAS	68
FIGURA 42- PATRONES DE VIENTOS ESTACIONALES.	68
FIGURA 43- VIENTOS ESTACIONALES EN FUNCIÓN DE LA INTENSIDAD.	70
FIGURA 44 Y 45- CULTIVOS FORESTALES EN LA CUENCA SARANDÍ.	73
FIGURA 46- VISTA DE LAS MÁRGENES DEL AºVALIZAS	69
FIGURA 47- VISTA DE LA MARGEN CÓNCAVA	77
FIGURA 48- MARGEN CONVEXA	77
FIGURA 49- TERRAZA CON DE BASE ARCILLOSA, ARENAS Y SUELO.	78

ANEXO I. CUENCA DE LA LAGUNA DE CASTILLOS

Características Climáticas

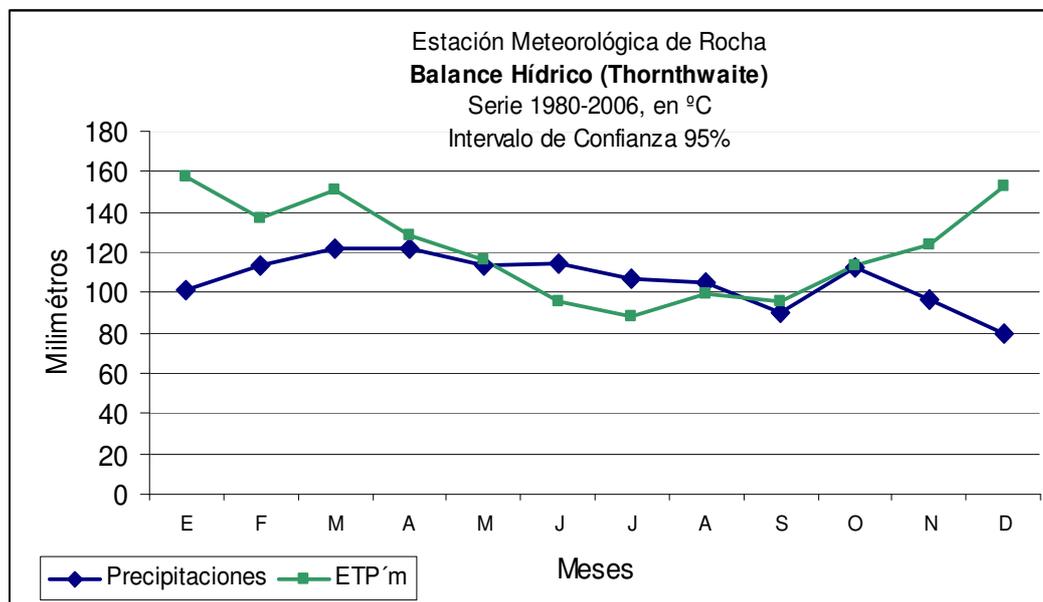


Figura 1- Balance Hídrico Método de Thornthwaite. Serie: 1981–2009, en mm.

Uso del Suelo

Las Tablas 1 y 2 presentan la distribución de los establecimientos agropecuarios ubicados en la Laguna de Castillo, en función del tamaño de los predios y el régimen de tenencia del suelo (DIEA, 2003).

Fuente: DIEA, MGAP, 2003

Tabla 1- Tamaño de los establecimientos agropecuarios en las áreas de enumeración

Tamaño de la explotación (ha)	Explotaciones	
	Total	%
TOTAL	660	100
1 a 4	22	3,33
5 a 9	40	6,06
10 a 19	52	7,88
20 a 49	107	16,21
50 a 99	122	18,48
100 a 199	122	18,48
200 a 499	108	16,36
500 a 999	53	8,03
1000 a 2499	28	4,24
2500 a 4999	2	0,30
5000 a 9999	4	0,61
10000 y más	0	0,00

Tabla 2- Tamaño de los predios por régimen de Tenencia de la Tierra, en las áreas de enumeración.

Tenencia de la Tierra	Sup. (ha)
Propietarios	97.776
Arrendatarios	20.802
Ocupantes	1.116
Propietarios /Arrendatarios	50.195
Propietarios /Aparceros	86
Otras formas ^{2/}	45.210
SUP. TOTAL	215.185

Fuente: DIEA, MGAP, 2003

En la Tabla 3 se describen las principales características de cada unidad de suelo, según la Dirección de Suelos y Fertilizantes (DSF, 1979).

Tabla 3- Características de las unidades de suelos en la cuenca de la Laguna de Castillos				
Unidad de suelo	Materiales generadores	Suelos¹⁵	Relieve	Vegetación
Angostura (Ag)	Arenas recientes Sed. areno-arcillosos cuaternarios	Arenosoles Planosoles Argisoles Arenas	Dunas y cordones litorales, llanuras altas, medias y lomadas suaves costeras con arena y cárcavas muy profundas	Comunidades psamófilas y Pradera predominio estival de tapiz denso y algo abierto, con comunidades hidrófilas asociadas
Laguna Merín (LMe)	Sedimentos de texturas heterogéneas, recientes	Gleysoles	Llanuras bajas, con dunas y cordones litorales asociados	Comunidades hidrófilas y halófilas paludosas (Humquillares) con praderas estival de tapiz denso y Comunidades psamófilas Pradera predominantemente estival de tapiz denso con
Lascano (La)	Sedimentos limo-arcillosos de Formación Dolores.	Planosoles Argisoles y Gleysoles Solonetz	Llanuras altas con algunas llanuras bajas asociadas a las vías de drenaje principales.	parque de palmares y comunidades hidrófilas asociados y comunidades halófilas uliginosas accesorias.
José Pedro Varela (JPV)	Sedimentos limo-arcillosos de escaso espesor sobre basamento cristalino.	Brunosoles, Argisoles	Colinas cristalinas no rocosas, ocasionalmente algo rocosas. A veces interfluvios aplanados. Sierras no rocosas	Pradera predominantemente invernal de tapiz denso y algo abierto con parque, matorral y monte serrano y selva fluvial típica, accesorios.
Sierra Polanco (SP)	Ectininas, migmatitas y granitos predevonianos	Brunosoles Litosoles	asociadas a sierras rocosas y sierras aplanadas rocosas accesorias.	Pradera predominantemente invernal de tapiz ralo y algo abierto con matorral y monte serrano y comunidades xerófitas, asociada, y selva fluvial típica, accesorios.

Fuente: DSF, 1979

¹⁵ Anexo 1 – Texto explicativo de la taxonomía de suelos utilizada en Uruguay

Tabla 4: Síntesis con los Grupos de Suelos CONEAT en la Laguna de Castillos

UNIDAD	Has	%	Suelos Dominantes	Suelos Asociados	Fertilidad	DRENAJE	Formas de Relieve	Litología	Uso del Suelo
07.1	8145	6,06	Arenas Arenosoles	Arenosoles	Muy baja	Excesivo	Dunas	sedimentos arenosos	Turístico- Forestal- Pastoril
07.2	4590	3,42	Arenas	Sin Información	Muy baja	Excesivo	Dunas	sedimentos arenosos modernos	Forestal- Turístico
09.1	4457	3,32	Planosoles/ Argisoles	Sin Información	Baja	Imperfecto	Lomadas	sedimentos Ar Ac	Pastoril -Agrícola
10.7	10196	7,59	Brunosoles/ Argisoles	Arenosoles	Media	Moderado	Lomadas	Lodolita LAc sobre cristalino	Pastoril -Agrícola
2.10	3644	2,71	Litosoles/ Brunosoles	Arenosoles	Media	Bueno	Sierras	Ígneas /metamórficas	Pastoril
2.11a	8548	6,36	Brunosoles	Brunosoles/ Litosoles	Media	Bueno	Sierras	Ígneas /metamórficas	Pastoril
2.11b	2456	1,83	Litosoles/ Brunosoles	Sin Información	Media	Bueno	Sierras	Ígneas /metamórficas	Pastoril
2.12	21780	16,21	Litosoles/ Brunosoles	Brunosoles/ litosoles	Media	Moderado	Sierras	Ígneas/ metamórficas	Pastoril
2.21	18081	13,46	Brunosoles/ Argisoles	Brunosoles	Media	Moderado	Colinas	Fino manto sedimentos LAc sobre cristalino	Pastoril
3.11	6616	4,93	Gleysoles/ Histosoles	Sin Información	Muy alta	Muy Pobre	Planicies	Sedimentos heterogéneos recientes	Sin Uso
3.12	1168	0,87	Gleysoles	Sin Información	Baja	Muy Pobre	Planicies	Sedimentos heterogéneos recientes	Pastoril
3.13	19	0,01	Histosoles/ Gleysoles	Sin Información	Muy alta	Muy Pobre	Planicies	Sedimentos heterogéneos recientes	Pastoril
3.14	942	0,70	Gleysoles	Sin Información	Muy alta	Pobre	Planicies	Sedimentos finos recientes	Pastoril
3.15	2883	2,15	Gleysoles	Sin Información	Muy alta	Pobre	Planicies	Sedimentos finos recientes	Pastoril
3.2	1799	1,34	Fluvisoles	Gleysoles	Variable	Pobre	Planicies	Sedimentos modernos variables	Pastoril
3.30	7520	5,60	Gleysoles	Gleysoles	Muy alta	Pobre	Planicies	Sedimentos variables recientes	Pastoril -Agrícola
3.31	5885	4,38	Gleysoles	Fluvisoles	Alta	Pobre	Planicies	Sedimentos aluviales de textura variable	Pastoril
3.41	6568	4,89	Gleysoles	Gleysoles	Alta	Imperfecto	Planicies	Sedimentos AcL	Pastoril -Agrícola
3.51	273	0,20	Solods/ Solonetz	Planosoles/ Gleysoles	Media	Imperfecto/ Muy Pobre	Planicies	Lodolitas limo arcillosas	Pastoril -Agrícola
3.53	3111	2,32	Planosoles	Sin Información	Muy baja	Imperfecto	Planicies	Sedimentos ArL	Pastoril -Agrícola
3.54	15657	11,65	Planosoles	Argisoles/Gleysoles	Media	Imperfecto	Planicies	Lodositas LAc	Agrícola -Pastoril

Fuente: CONEAT, 1994

ANEXO II- TABLAS DE RML

Tabla 5 - Polígonos generados entre 1943-2006

ID	Periodo	Proceso	Margen	Proceso	Código	V.anual (m ² /a)	RM L (m/a)	ID	Periodo	Proceso	Margen	Proceso	Código	V.anual (m ² /a)	RM L (m/a)
3	1	101	1011	1	1ADE1	190	0,23	11	1	101	1012	1	1AIZ8	144	0,40
4	1	101	1011	1	1ADE10	83	0,29	1	1	101	1012	1	1AIZ9	134	0,35
7	1	101	1011	1	1ADE11	78	0,26	11	1	102	1021	2	1EDE1	136	0,19
8	1	101	1011	1	1ADE12	173	0,21	12	1	102	1021	2	1EDE10	103	0,15
9	1	101	1011	1	1ADE13	425	0,74	11	1	102	1021	2	1EDE11	277	0,42
14	1	101	1011	1	1ADE14	103	0,59	6	1	102	1021	2	1EDE12	1.307	1,27
7	1	101	1011	1	1ADE2	205	0,19	11	1	102	1021	2	1EDE2	139	0,16
5	1	101	1011	1	1ADE3	99	0,15	7	1	102	1021	2	1EDE3	69	0,22
7	1	101	1011	1	1ADE4	122	0,27	12	1	102	1021	2	1EDE4	968	0,51
10	1	101	1011	1	1ADE5	46	0,29	4	1	102	1021	2	1EDE5	154	0,44
10	1	101	1011	1	1ADE6	233	0,41	13	1	102	1021	2	1EDE6	176	0,28
12	1	101	1011	1	1ADE7	347	0,60	10	1	102	1021	2	1EDE7	246	0,48
9	1	101	1011	1	1ADE8	144	0,23	1	1	102	1021	2	1EDE8	250	0,52
13	1	101	1011	1	1ADE9	75	0,17	1	1	102	1021	2	1EDE9	332	0,39
13	1	101	1012	1	1AIZ1	25	0,19	2	1	102	1022	2	1EIZ1	467	0,41
15	1	101	1012	1	1AIZ10	117	0,39	2	1	102	1022	2	1EIZ10	296	0,41
9	1	101	1012	1	1AIZ11	98	0,38	14	1	102	1022	2	1EIZ11	104	0,24
3	1	101	1012	1	1AIZ12	71	0,29	10	1	102	1022	2	1EIZ12	727	0,45
6	1	101	1012	1	1AIZ13	332	0,80	3	1	102	1022	2	1EIZ13	162	0,30
16	1	101	1012	1	1AIZ14	126	0,68	4	1	102	1022	2	1EIZ14	315	0,59
17	1	101	1012	1	1AIZ15	76	0,33	4	1	102	1022	2	1EIZ2	184	0,30
12	1	101	1012	1	1AIZ16	809	1,74	3	1	102	1022	2	1EIZ3	594	0,37
8	1	101	1012	1	1AIZ2	34	0,11	5	1	102	1022	2	1EIZ4	50	0,13
1	1	101	1012	1	1AIZ3	11	0,11	6	1	102	1022	2	1EIZ5	357	0,47
8	1	101	1012	1	1AIZ4	80	0,26	15	1	102	1022	2	1EIZ6	135	0,34
8	1	101	1012	1	1AIZ5	248	0,31	5	1	102	1022	2	1EIZ7	486	0,75
9	1	101	1012	1	1AIZ6	83	0,24	5	1	102	1022	2	1EIZ8	542	0,63
14	1	101	1012	1	1AIZ7	117	0,44	6	1	102	1022	2	1EIZ9	325	0,44

Tabla 6. Polígonos generados entre 1967-1998

ID	Periodo	Proceso	Margen	Proceso	Código	V.anual (m ² /a)	RM L (m/a)	ID	Periodo	Proceso	Margen	Proceso	Código	V.anual (m ² /a)	RM L (m/a)
1	2	103	1031	1	2ADE1	295	0,18	15	2	104	1041	2	2EDE15	62	0,56
15	2	103	1031	1	2ADE10	665	0,91	2	2	104	1041	2	2EDE2	50	0,29
2	2	103	1031	1	2ADE2	83	0,16	3	2	104	1041	2	2EDE3	240	0,29
3	2	103	1031	1	2ADE3	63	0,27	4	2	104	1041	2	2EDE4	118	0,17
6	2	103	1031	1	2ADE4	147	0,19	5	2	104	1041	2	2EDE5	337	0,26
7	2	103	1031	1	2ADE5	125	0,31	6	2	104	1041	2	2EDE6	251	0,38
8	2	103	1031	1	2ADE6	144	0,27	7	2	104	1041	2	2EDE7	399	0,51
9	2	103	1031	1	2ADE7	93	0,26	8	2	104	1041	2	2EDE8	240	0,31
10	2	103	1031	1	2ADE8	62	0,18	9	2	104	1041	2	2EDE9	209	0,22
13	2	103	1031	1	2ADE9	174	0,17	1	2	104	1042	2	2EIZ1	161	0,19
3	2	103	1032	1	2AIZ1	67	0,12	10	2	104	1042	2	2EIZ10	575	0,49
4	2	103	1032	1	2AIZ2	35	0,18	11	2	104	1042	2	2EIZ11	287	0,41

Tesis Gabriela Fernández

5	2	103	1032	1	2AIZ3	74	0,27	12	2	104	1042	2	2EIZ12	159	0,20
6	2	103	1032	1	2AIZ4	48	0,14	13	2	104	1042	2	2EIZ13	155	0,32
6	2	103	1032	1	2AIZ5	55	0,22	14	2	104	1042	2	2EIZ14	345	0,34
8	2	103	1032	1	2AIZ6	107	0,28	15	2	104	1042	2	2EIZ15	1.286	0,44
9	2	103	1032	1	2AIZ7	43	0,17	16	2	104	1042	2	2EIZ16	623	0,76
10	2	103	1032	1	2AIZ8	34	0,14	2	2	104	1042	2	2EIZ2	161	0,27
11	2	103	1032	1	2AIZ9	23	0,11	3	2	104	1042	2	2EIZ3	63	0,22
1	2	104	1041	2	2EDE1	179	0,19	4	2	104	1042	2	2EIZ4	264	0,35
10	2	104	1041	2	2EDE1 0	134	0,18	5	2	104	1042	2	2EIZ5	80	0,26
11	2	104	1041	2	2EDE1 1	111	0,35	6	2	104	1042	2	2EIZ6	292	0,30
12	2	104	1041	2	2EDE1 2	190	0,31	7	2	104	1042	2	2EIZ7	384	0,31
13	2	104	1041	2	2EDE1 3	296	0,38	8	2	104	1042	2	2EIZ8	65	0,20
14	2	104	1041	2	2EDE1 4	766	0,88	9	2	104	1042	2	2EIZ9	542	0,65

Tabla 7. Polígonos generados entre 1998- 2006

ID	Periodo	Proceso	Margen	Proceso	Código	V.anual (m ² /a)	RML (m/a)	ID	Periodo	Proceso	Margen	Proceso	Código	V.anual (m ² /a)	RML (m/a)
1	3	105	1051	1	3ADE1	511	1,09	12	3	106	1061	2	3EDE10	629	0,82
10	3	105	1051	1	3ADE10	1.147	1,26	13	3	106	1061	2	3EDE11	232	0,62
11	3	105	1051	1	3ADE11	397	1,12	14	3	106	1061	2	3EDE12	436	0,69
12	3	105	1051	1	3ADE12	200	0,80	15	3	106	1061	2	3EDE13	875	1,42
13	3	105	1051	1	3ADE13	467	0,73	16	3	106	1061	2	3EDE14	50	0,40
15	3	105	1051	1	3ADE14	1.289	1,02	17	3	106	1061	2	3EDE15	32	0,82
16	3	105	1051	1	3ADE15	358	0,82	2	3	106	1061	2	3EDE2	601	0,68
17	3	105	1051	1	3ADE16	2.625	2,14	4	3	106	1061	2	3EDE3	52	0,16
2	3	105	1051	1	3ADE2	399	1,12	5	3	106	1061	2	3EDE4	97	0,50
3	3	105	1051	1	3ADE3	510	1,12	6	3	106	1061	2	3EDE5	513	1,34
4	3	105	1051	1	3ADE4	115	0,48	7	3	106	1061	2	3EDE6	1.367	1,71
5	3	105	1051	1	3ADE5	637	1,42	8	3	106	1061	2	3EDE7	97	0,42
6	3	105	1051	1	3ADE6	314	0,44	9	3	106	1061	2	3EDE8	580	0,81
7	3	105	1051	1	3ADE7	113	1,46	11	3	106	1061	2	3EDE9	375	0,65
8	3	105	1051	1	3ADE8	1.243	1,25	1	3	106	1062	2	3EIZ1	619	1,43
9	3	105	1051	1	3ADE9	573	0,96	10	3	106	1062	2	3EIZ10	323	0,40
1	3	105	1052	1	3AIZ1	685	1,12	11	3	106	1062	2	3EIZ11	208	0,43
10	3	105	1052	1	3AIZ10	349	0,52	12	3	106	1062	2	3EIZ12	1.046	0,72
11	3	105	1052	1	3AIZ11	463	1,50	13	3	106	1062	2	3EIZ13	191	0,76
12	3	105	1052	1	3AIZ12	1.698	1,79	14	3	106	1062	2	3EIZ14	2.877	2,70
13	3	105	1052	1	3AIZ13	122	0,75	17	3	106	1062	2	3EIZ15	1.052	3,03
2	3	105	1052	1	3AIZ2	358	0,48	2	3	106	1062	2	3EIZ2	363	0,92
3	3	105	1052	1	3AIZ3	108	0,29	3	3	106	1062	2	3EIZ3	428	0,94
4	3	105	1052	1	3AIZ4	666	1,00	4	3	106	1062	2	3EIZ4	172	0,61
5	3	105	1052	1	3AIZ5	1.171	1,25	5	3	106	1062	2	3EIZ5	825	1,16
6	3	105	1052	1	3AIZ6	112	0,37	6	3	106	1062	2	3EIZ6	305	0,56
7	3	105	1052	1	3AIZ7	641	1,08	7	3	106	1062	2	3EIZ7	852	1,23
8	3	105	1052	1	3AIZ8	366	0,75	8	3	106	1062	2	3EIZ8	927	1,33
9	3	105	1052	1	3AIZ9	507	0,85	9	3	106	1062	2	3EIZ9	1.152	0,98
1	3	106	1061	2	3EDE1	668	1,13								

Comparación de todos los RML (acresión/erosión) entre períodos

Tabla 8. Descriptivos de RML entre periodos

Descriptivos -Comparación en el comportamiento de RML entre periodos

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
P1	56	-1,0772	0,56300	0,07523	-1,2280	-0,9265	-2,21	0,55
P2	50	-1,2957	0,48531	0,06863	-1,4337	-1,1578	-2,21	-0,09
P3	59	-0,1472	0,54064	0,07039	-0,2880	-0,0063	-1,83	1,11
Total	165	-0,8109	0,73104	0,05691	-0,9232	-0,6985	-2,21	1,11

Tabla 9. ANOVA Ln (RML) entre periodos

ANOVA- Logaritmo de Tasa de Remoción entre períodos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	44,382	5	8,876	32,623	0,000
Intra-grupos	43,263	159	0,272		
Total	87,645	164			

Tabla 10. Subconjunto de Ln (RML) entre periodos

Subconjuntos homogéneos para Ln(RML)

Periodo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
HSD de Tukey P2	50	-	
		1,2957	
P1	56	-	
		1,0772	
P3	59		-0,1472
Sig.		0,084	1,000

Comparación de los RML (Erosión) entre períodos

Tabla 11. Descriptivos de Ln(RML) por erosión

Descriptivos - Ln(RML) por erosión

	Casos	Media	Desviación típica	Error típico	Inter. de conf para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
102	26	-1,0005	0,51726	0,10144	-1,2094	-0,7916	-2,04	,24
104	31	-1,1296	0,42282	0,07594	-1,2847	-0,9745	-1,77	-,13
106	30	-0,1928	0,60079	0,10969	-0,4171	0,0316	-1,83	1,11
Total	87	-0,7680	0,66389	0,07118	-0,9095	-0,6265	-2,04	1,11

Tabla 12. ANOVA Ln (RML) por erosión
ANOVA Ln (RML) por erosión

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	15,385	2	7,693	28,694	0,000
Intra-grupos	22,520	84	0,268		
Total	37,905	86			

Comparación de los RML (Erosión) según las márgenes y por periodos

Tabla 13. Descriptivos Ln (RML) por erosión según las márgenes
Descriptivos - Erosión por márgenes Ln(RML)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1021	12	-1,0525	0,61243	0,17679	-1,4416	-0,6634	-1,90	0,24
1022	14	-0,9560	0,43878	0,11727	-1,2093	-0,7026	-2,04	-0,29
1041	15	-1,1462	0,44944	0,11604	-1,3951	-0,8973	-1,77	-0,13
1042	16	-1,1140	0,41047	0,10262	-1,3328	-0,8953	-1,66	-0,27
1061	15	-0,3520	0,59203	0,15286	-0,6799	-0,0242	-1,83	0,54
1062	15	-0,0335	0,58551	0,15118	-0,3578	0,2907	-0,92	1,11
Total	87	-0,7680	0,66389	0,07118	-0,9095	-0,6265	-2,04	1,11

Tabla 14. ANOVA Ln (RML) por erosión
ANOVA Erosión Ln (RML) – Comparación entre márgenes

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	16,214	5	3,243	12,110	0,000
Intra-grupos	21,690	81	,268		
Total	37,905	86			

ANEXO III. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS INGRESOS DE AGUA A LA CUENCA

Tabla 15. Comparación de precipitaciones mensuales media.

ANOVA- Medias de Precipitaciones mensuales (mm).

90% de nivel de confianza

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2167,389	2	1083,694	5,134	0,011
Intra-grupos	6966,250	33	211,098		
Total	9133,639	35			

Tabla 16. Datos pluviométricos de la estación de Rocha (DNM)

Meses	P1 44-60	P2 61-90	P3 91-09	A-B	B-C
Dic	58	62	82	4,10	20,00
Ene	90	99	94	8,80	-5,18
Feb	87	107	112	20,40	5,00
Mar	89	90	142	1,30	52,00
Abr	97	72	136	-24,60	64,00
May	70	89	111	19,30	22,00
Jun	96	99	124	2,90	25,00
Jul	67	107	104	39,70	-3,00
Ago	86	111	99	25,10	-12,00
Set	105	106	84	1,20	-22,00
Oct	89	98	108	9,00	10,00
Nov	70	83	79	13,00	-4,00
	1003	1123	1275	120	152

Tabla A – Series pluviométricas 1944-2009

Tabla 17. Anomalías pluviométricas (DNM)

Año	Verano			Otoño			Invierno			Primavera		
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1980	6,4	16,7	67,3	-19,4	36,13	-39,33	78,57	15,57	-0,4	-61,68	-7,25	-25,53
1981	17	25,5	33,9	-31,8	-47,87	174,47	-78,83	12,77	7	38,92	-78,45	22,27
1982	-15,3	-13,3	-11,5	-6	-30,87	52,67	113,47	63,77	33,7	-18,78	-8,95	-54,13
1983	-33,6	-2,3	-18,7	-109,2	-15,47	-50,33	20,07	-54,93	98	114,92	150,75	87,17
1984	-49,5	16,8	62,2	-91,1	-22,07	17,47	39,87	71,17	-52,4	8,52	45,95	-37,63
1985	-16,6	-36,1	-16,9	4	-34,57	-15,13	44,47	-63,13	-13	52,62	48,35	-17,23
1986	6,9	78,1	-45,9	23,3	-79,17	63,27	-18,63	3,67	307,2	24,82	38,25	120,67
1987	44,5	-24,6	-5,6	-9,6	-66,67	12,67	-107,93	24,67	-24,9	-28,98	-6,45	-11,23
1988	-37,5	113,9	-32,5	68,8	-58,47	-62,23	-85,63	41,37	-85,9	-7,98	-45,45	109,57
1989	20,7	-38,1	-7,4	-35,5	27,93	-65,03	-74,63	-13,83	61,9	-3,58	-58,75	28,97
1990	-43,2	-32,2	83,3	-39,1	62,73	-45,73	-43,23	-79,23	-87,7	24,92	31,05	42,47
1991	-22,9	-19,7	-84,1	-103,4	-48,27	12,67	-20,03	73,97	16,8	40,02	77,45	-18,93
1992	-64,4	-16,4	13,9	-66,6	55,03	-9,03	8,57	13,37	-56,1	-52,08	-20,95	-39,53
1993	44,9	11,3	176,5	-78	206,23	-23,83	-18,23	64,37	16,7	-31,08	95,85	10,87
1994	-24,2	-37	-67,3	-11,5	-31,17	46,37	-58,43	115,67	-0,9	7,22	22,25	-26,83
1995	-35,5	36	39,4	99	-61,27	-82,33	-15,13	51,47	-69,5	-22,88	-37,55	29,67
1996	2,8	-31,6	-66,6	87,6	6,33	-77,23	-78,13	-54,83	-64	26,62	-28,85	-30,53
1997	95,2	4	-12,6	-72,6	-81,37	-36,73	38,27	-51,23	39,2	-58,08	-45,25	6,07
1998	84,7	13	-62,3	-35,8	108,73	-29,43	-17,93	7,97	-75,6	-32,38	-67,65	65,47
1999	15,5	36,2	52,8	-7,2	-0,97	-48,33	52,27	-2,53	-27,9	23,52	-31,45	-74,13
2000	12,6	-60,5	-49,8	-8,4	154,03	249,47	9,27	99,97	26,1	66,82	-47,65	-24,73
2001	-34,6	44	22,4	87,6	-72,97	-13,93	56,17	39,97	-15,1	-30,68	126,15	55,87
2002	89	54,7	76,7	344,2	-9,87	-3,03	-22,73	-11,33	22,7	-48,28	-23,65	9,77
2003	50,8	-38,4	56,2	-65,4	-71,47	56,17	46,67	-45,63	-24,6	69,62	-47,45	68,67
2004	30,3	115,7	-38,7	-94,4	87,43	34,17	-3,93	-60,93	-55,6	17,82	16,45	-29,53

2005	-39,9	-24,3	-79	-101,5	226,83	104,37	200,47	-53,23	-62,1	18,72	-40,55	-65,23
2006	26,6	4,8	72,7	255,9	-57,77	-86,53	42,37	-29,63	35,2	-50,78	-0,65	11,97
2007	-22,8	-89,7	38,7	102,1	32,33	10,77	-28,73	-85,53	5	38,72	134,45	-58,03
2008	-70	-74	22,2	2,6	-89,67	24,67	-26,03	8,07	-14,6	-64,78	-61,25	-22,23
2009	23,8	60,8	-97,9	31,7	-9,57	-68,33	53,87	-8,33	159,8	16,32	-29,85	-56,53
Hum	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sec	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
Ext5	66,92	-81,06	-90,31	-106,01	-85,10	-84,22	-95,66	-82,06	-86,71	-63,07	-72,51	-69,23
Ext10	48,87	-58,29	-77,83	-100,79	-78,55	-76,34	-78,76	-62,91	-74,99	-57,48	-61	-58,88
Ext90	81,31	76,37	76,3	101,79	149,5	100,26	76,33	73,69	94,39	65,4	123,12	85,32
Ext95	91,79	114,71	125,24	295,63	215,5	208,22	152,62	107,03	226,13	90	141,78	114,56

Tabla de Anomalías de Precipitaciones Serie 1980-2009

Tabla 18. Eventos extremos por estación térmica. (DNM)

Año	Meses húmedos				Meses EE				Año	Meses húmedos				Meses EE			
	V	O	I	P	VE	OE	IE	PE		V	O	I	P	VE	OE	IE	PE
1980	3	1	2	0	0	0	1	0	1995	2	1	1	1	0	0	0	0
1981	3	1	2	2	0	1	0	0	1996	1	2	0	1	0	0	0	0
1982	0	1	2	0	0	0	1	0	1997	2	0	2	1	1	0	0	0
1983	0	0	2	3	0	0	1	3	1998	2	1	1	1	1	0	0	0
1984	2	1	2	2	0	0	0	0	1999	3	0	1	1	0	0	0	0
1985	0	1	1	2	0	0	0	0	2000	1	2	3	1	0	2	1	1
1986	2	2	1	2	1	0	1	1	2001	2	1	2	2	0	0	0	1
1987	1	1	1	0	0	0	0	0	2002	3	1	1	1	2	1	0	0
1988	1	2	1	1	1	0	0	1	2003	2	1	1	2	0	0	0	1
1989	1	1	1	1	0	0	0	0	2004	2	2	0	2	1	0	0	0
1990	1	1	1	1	1	0	0	0	2005	0	2	1	1	0	2	1	0
1991	0	2	2	2	0	0	1	0	2006	3	1	2	1	0	1	0	0
1992	1	1	2	0	0	0	0	0	2007	1	3	1	2	0	1	0	1
1993	3	1	2	2	1	1	0	0	2008	1	2	1	0	0	0	0	0
1994	0	1	1	2	0	0	1	0	2009	2	2	2	1	0	0	0	0
	18	17	23	20	4	2	6	5		27	21	19	18	5	7	2	4

Resumen - N° de meses húmedos y N° de eventos extremos por estación térmica.

ANEXO IV. PATRONES DE VIENTO



ARMADA NACIONAL
SOHMA
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA MARINA

ESCALA BEAUFORT DE FUERZA DE VIENTO Y ESTADO DEL MAR

Número Beaufort	Denominación Beaufort	Nudos	m/s	Km/h	Especificaciones para mar abierto	Altura olas en metros
0	Calma	menos de 1	0-0.2	0-1	Calmo. El mar está como un espejo.	-----
1	Ventolina	1-3	0.3-1.5	2-6	Rizado. El mar comienza a rizarse con apariencia de escamas pero sin crestas espumosas.	0.1(0.1)
2	Brisa Muy Débil	4-6	1.6-3.3	7-12	Rizado. Ondas pequeñas, aún cortas pero muy pronunciadas; las crestas tienen aspecto cristalino pero sin romper.	0.2(0.3)
3	Brisa Débil	7-10	3.4-5.4	13-19	Marejadilla. Ondas grandes; las crestas comienzan a romper. Espuma de aspecto cristalino. Posibles puntos de espuma blanca (corderitos)	0.6(1)
4	Brisa Moderada	11-16	5.5-7.9	20-30	Marejada. Pequeñas olas con tendencia a hacerse más grandes; puntos de espuma blanca bastante frecuentes (corderitos)	1(1.5)
5	Brisa Fresca	17-21	8.0-10.7	31-39	Marejada gruesa. Olas moderadas, haciéndose más largas y moderadas, se forman muchos puntos de espuma blanca con eventuales roclones	2(2.5)
6	Brisa Fuerte	22-27	10.8-13.8	40-50	Grueso. Olas grandes comienzan a formarse. Las crestas espumosas blancas son más extensas en todos los puntos. Aumentan los roclones	3(4)
7	Viento Fuerte	28-33	13.9-17.1	51-61	Muy Grueso. El mar es arrastrado en dirección del viento y se hace más grueso	4(5.5)
8	Temporal	34-40	17.2-20.7	62-75	Arbolado. Olas de altura media de mayor longitud. El borde superior de las crestas se desprende. La espuma es esparcida en bandas bien definidas en dirección del viento	5.5(7.5)
9	Temporal Fuerte	41-47	20.8-24.4	76-88	Arbolado. Olas altas, con espesas bandas de espuma en la dirección del viento. Las crestas se vuelcan, arquean y enrollan. La visibilidad es reducida por los roclones.	7(10)
10	Temporal Muy Fuerte	48-55	24.5-28.4	89-102	Montañoso. Olas muy altas con grandes crestas que demoran en romper. La espuma forma franjas anchas concordantes con la dirección del viento. En conjunto el mar se torna blanco. La visibilidad es reducida	9(12.5)
11	Temporal Muy Duro	56-63	28.5-32.6	103-116	Montañoso. Olas de altura excepcional (pequeños y medianos buques pueden momentáneamente desaparecer de vista entre las olas). El mar está totalmente cubierto de manchones blancos distribuidos en la dirección del viento. Las crestas son transformadas continuamente en espuma. La visibilidad es reducida	11.5(16)
12	Temporal Huracanado	64 o más	32.7 o más	117 o más	Enorme. El aire se llena de roclones y espuma. Mar completamente blanco. La visibilidad es seriamente reducida.	14(-)

Esta tabla tiene como propósito servir de guía de lo que se puede esperar en alta mar. Los números entre paréntesis indican la altura máxima probable de las olas.

Tabla 19. Resumen- Vientos por Rumbos e intensidad/ Porcentaje de ocurrencia. Estación de La Paloma (SHOMA)																	
Suave	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	casos	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Verano	62	127	102	52	48	35	39	49	514	12,1	24,7	19,8	10,1	9,3	6,8	7,6	9,5
Otoño	67	77	63	37	52	44	63	47	450	14,9	17,1	14,0	8,2	11,6	9,8	14,0	10,4
Invierno	86	66	41	33	54	54	72	60	466	18,5	14,2	8,8	7,1	11,6	11,6	15,5	12,9
Primavera	37	100	99	43	56	52	43	26	456	8,1	21,9	21,7	9,4	12,3	11,4	9,4	5,7
1886																	
Moderado	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	casos	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Verano	44	58	51	45	67	35	24	15	339	13,0	17,1	15,0	13,3	19,8	10,3	7,1	4,4
Otoño	34	45	44	30	45	43	33	28	302	11,3	14,9	14,6	9,9	14,9	14,2	10,9	9,3
Invierno	33	48	27	30	54	51	49	26	318	10,4	15,1	8,5	9,4	17,0	16,0	15,4	8,2
Primavera	30	65	70	44	51	52	35	24	371	8,1	17,5	18,9	11,9	13,7	14,0	9,4	6,5
1330																	
Fuerte	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	casos	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Verano	0	1	2	3	3	4	0	1	14	0,0	7,1	14,3	21,4	21,4	28,6	0,0	7,1
Otoño	1	1	4	7	5	2	2	1	23	4,3	4,3	17,4	30,4	21,7	8,7	8,7	4,3
Invierno	1	2	0	0	10	2	0	0	15	6,7	13,3	0,0	0,0	66,7	13,3	0,0	0,0
Primavera	0	2	2	2	3	2	1	1	13	0,0	15,4	15,4	15,4	23,1	15,4	7,7	7,7
65																	

Tabla 20- Anomalías de Vientos Meridionales (NOAA)										
Año	An Verano	An Otoño	An Invierno	An Primavera	Año	An Verano	An Otoño	An Invierno	An Primavera	
1950	0,2	-0,3	0,4	0	1980	0,2	-1,8	-0,4	0,4	
1951	-0,2	0,4	-0,9	0	1981	-0,4	-0,7	0	0,8	
1952	-0,5	0,3	0	0,7	1982	-0,6	-1,2	0,4	-0,2	
1953	0,2	-0,4	-1,2	-0,2	1983	-0,5	-0,5	0,8	-0,2	
1954	0,2	-0,9	-0,2	1,3	1984	0	-0,4	0,8	-0,4	
1955	-0,4	0,6	0	-0,6	1985	0,4	-0,9	0,3	0,6	
1956	0	0	-1,4	-0,8	1986	0	-0,4	-0,2	-0,6	
1957	0,3	-0,6	0	0,2	1987	0	0	0	0,3	
1958	-0,3	-0,6	-0,9	-0,3	1988	-0,1	0,6	-0,2	-0,3	
1959	-0,8	-0,2	0	-0,3	1989	-0,5	-0,6	0	0,6	
1960	-0,9	0,4	-0,4	0,4	1990	0,2	-0,3	-0,3	-0,4	
1961	-0,4	-1,2	-0,3	0	1991	0,3	0	0,2	0	
1962	0,3	0,8	0,6	0,4	1992	0,2	-0,4	-0,7	-0,4	
1963	0	0	0	1,5	1993	0,5	-0,6	0,6	0,4	
1964	-0,2	0	-0,2	1,4	1994	0,4	-0,2	0,3	0,3	
1965	0	1,2	-0,7	0	1995	0,5	1	0,3	-0,3	
1966	0	-0,9	-0,4	0,6	1996	0,3	0	0,2	-0,4	
1967	-0,5	-0,4	0,6	-0,4	1997	0	-0,8	-1	-0,2	
1968	-0,4	1	-0,6	0,3	1998	0,3	0,6	-0,2	-0,8	
1969	-0,2	-0,8	0	-0,6	1999	0	0,4	-0,7	-0,7	
1970	-0,2	-0,6	0	0,4	2000	-0,8	0,4	0,1	-0,3	
1971	-0,5	0,4	-0,4	0,4	2001	0	0,2	-0,9	0	
1972	-0,6	-0,4	0,6	-0,2	2002	0,3	-0,8	-0,1	-0,6	
1973	-0,2	0,7	0	1	2003	0,2	0,6	0,4	0	

1975	-0,6	-0,8	0	-0,2	2005	0	0	0	0,8
1976	-0,2	0,4	0	0,8	2006	0	1,5	-0,5	-0,4
1977	0,2	0,2	0,2	-0,8	2007	0,1	1	1,6	0,6
1978	0,2	1	0	0	2008	0	0,6	0	-0,6
1979	0,3	0,7	-1	0,2	2009	0,3	0	-0,5	0
Positivos	22	25	17	25	Negativos	24	27	27	26
Extremos Positivos	12	6	7	8	Extremos Negativos	6	6	8	11

Figura 1- Comportamiento estacional del Viento Meridional. Serie: 1950–2009

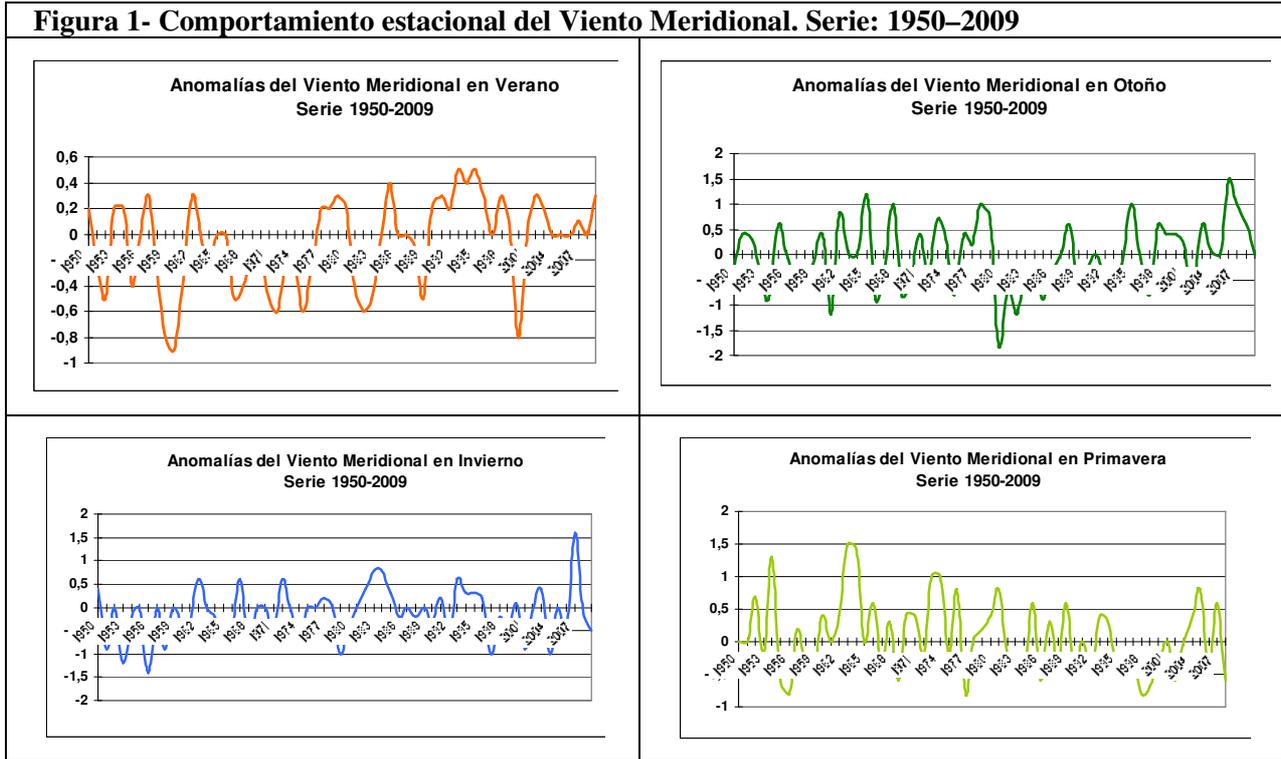


Figura 2- Comportamiento estacional del Viento Meridional. Serie: 1950–2009

