

# INCENDIOS de 2008 en el DELTA DEL RÍO PARANÁ, ARGENTINA

## Análisis ecológico sobre el sector de islas frente a las localidades de Zárate, Baradero y San Pedro.



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

INSTITUTO DE  
INVESTIGACIÓN  
E INGENIERÍA  
AMBIENTAL



**Buenos Aires**  
LA PROVINCIA

Informe Técnico

Buenos Aires, Octubre de 2009

## Dirección

**Dra. Patricia Kandus**

Laboratorio de Ecología teledetección y Ecoinformática (LETyE)  
Instituto de Investigaciones e Ingeniería Ambiental (3iA)  
Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)

## Participantes

**Lic. Mercedes Salvia**

Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE) CONICET

**Ing. Darío Ceballos**

Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Delta del Paraná, Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria (INTA).

**Dra. Nora Madanes**

Grupo de Investigaciones sobre Ecología de Humedales, EGE-FCEyN. Universidad de  
Buenos Aires (UBA).

**Ing. Verónica Cappello**

Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires (OPDS)

**Ing. Manuel García Cortes**

EEA Delta del Paraná, INTA.

**Ing. Marisa Morais**

Maestría de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA



UNSAM

UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

INSTITUTO DE  
INVESTIGACION  
E INGENIERIA  
AMBIENTAL



Buenos Aires  
LA PROVINCIA

## Colaboradores

Lic. Juan Pablo Manchiola	Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Prov. de Buenos Aires (OPDS)
Med. Vet. Ignacio Gamietea	Oficina de Extensión Agropecuaria Baradero, EEA Delta del Paraná, INTA.
Ing. Ingrid Kaufmann	Oficina de Extensión Agropecuaria Baradero, EEA Delta del Paraná, INTA.
MSc. Priscilla Minotti	LETyE / 3i A- UNSAM
Lic. Marta Borro	LETyE / 3i A- UNSAM
MSc. Haydee Karszenbaum	IAFE CONICET
Dr. Francisco Grings	IAFE CONICET
Dr. Rubén Quintana	Grupo de Investigaciones sobre Ecología de Humedales, EGE-FCEyN. Universidad de Buenos Aires (UBA).
Dr. Pablo Pica	Laboratorio de Platas Vasculares. BBE- FCEyN. Universidad de Buenos Aires (UBA).
Ing. Javier Alvarez	Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Delta del Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
Lic. Natalia Morandeira	LETyE / 3i A- UNSAM
Lic. Facundo Schivo	LETyE / 3i A- UNSAM



## **Agradecimientos**

*Este trabajo fue realizado con fondos gestionados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología PICT2006-1849, PICT 2006-1203 y fondos del PNFOR2214 del Programa forestal Nacional y del CRN N°2031 del Inter American Institute for Global Change (UNSL).*

*Este informe fue realizado por profesionales del sector académico universitario (Universidad Nacional de San Martín y de Buenos Aires), y de Investigación Nacional (CONICET), instituciones nacionales relacionadas a la producción (INTA- Delta del Paraná) y de gestión ambiental de la Pcia. de Buenos Aires. A estas se ha sumado el valioso apoyo de la Dirección de Medio Ambiente y el Departamento de Islas del Municipio de Zárate, la Dirección de Gestión Ambiental de Baradero que mostraron preocupación por el futuro de las islas e interés en el desarrollo de este informe. Queremos expresar nuestro agradecimiento a Pablo, administrador del campo en Baradero donde se desarrolló el trabajo local, por el apoyo logístico brindado.*

*Los resultados presentados son inéditos y forman parte de las tesis de doctorado y maestría en curso de algunos de los participantes, por lo tanto la propiedad intelectual de los resultados de este informe se encuentra en poder de los diversos participantes.*



UNSAM  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

INSTITUTO DE  
INVESTIGACIÓN  
E INGENIERÍA  
AMBIENTAL



Buenos Aires  
LA PROVINCIA

## Contenidos

Marco General y Objetivos	7
Aspectos ambientales y de uso del Delta del Paraná y del sector frente a las localidades de San Pedro, Baradero y Zárate.	10
La región del Delta de Paraná	10
El sector frente a las localidades de San Pedro, Baradero y Zárate.	12
Características ambientales principales	12
Hidrología y clima de la zona y período analizado	17
El uso histórico del área	19
Funciones y servicios ecológicos de estos humedales	19
¿Que son los humedales y cuál es su importancia?	19
¿Cuál es el valor de los humedales de esta zona?	21
El fuego. Parte del ecosistema y elemento de manejo.	23
Enfoque y desarrollo de este trabajo.	26
Desarrollo general	26
Análisis a escala local.	26
Análisis a escala de paisaje.	27
Resultados	28
Análisis a escala local	28
Análisis a escala de paisaje	32
Consideraciones finales	43
Bibliografía citada	47



UNSAM  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTIN

INSTITUTO DE  
INVESTIGACION  
E INGENIERIA  
AMBIENTAL



## Figuras y Mapas

Figura 1. Distribución de los focos de incendios en la zona del Bajo Delta del Paraná durante el año 2008.	8
Figura 2. Áreas quemadas hasta mayo de 2008 en el Delta del Río Paraná.	9
Figura 3. Tipos de ambientes quemados hasta mayo de 2008 en el Delta del Río Paraná.	9
Figura 4. La región del Delta del Paraná en América del Sur y detalle.	10
Figura 5. Mapa del área de estudio.	13
Figura 6. Paisaje de la zona de estudio. Perfil general de las islas.	14
Figura 7. a.- Juncales de <i>Schoenoplectus californicus</i> . Vista y detalle. b.- pirizales de <i>Cyperus giganteus</i> .	14
Figura 8. Mapa de juncales en el área de estudio.	16
Figura 9. a) Densidad aparente y b) % de carbono orgánico en función de la profundidad del suelo en ambientes de juncal de <i>Schoenoplectus californicus</i> en las inmediaciones del establecimiento Nuestra Señora de los Milagros.	17
Figura 10. Temperaturas medias y precipitaciones acumuladas mensuales para el período analizado (estación EEA INTA Delta).	18
Figura 11. Alturas hidrométricas del puerto de Baradero durante el período analizado.	19
Figura 12. Esquema de los ecosistemas terrestres, acuáticos y humedales en relación a la variación del nivel de agua	20
Figura 13. Esquema del diseño experimental a escala local.	26
Figura 14. Evolución de la cobertura total en los distintos tratamientos .	30
Figura 15. Variación de las propiedades del suelo en profundidad en sitios quemados y no quemados.	31
Figura 16. Mapa de la situación ambiental del área de estudio al 23/11/2008.	33
Figura 17. Mapa de la situación ambiental del área de estudio al 02/05/2009.	35
Figura 18. Efecto de los incendios sobre la concentración de Carbono total en los primeros 10 cm de suelo	39
Figura 19. Variaciones en profundidad de Carbono total del suelo para las tres intensidades de incendios.	39
Figura 20. Efecto de las intensidades de incendios sobre la concentración de Nitrógeno total en los primeros 10 cm de suelo	40
Figura 21. Variaciones en profundidad de Nt del suelo para los tres niveles de incendios	40
Figura 22. Variaciones en profundidad del pH y la conductividad eléctrica (CE) del suelo para los tres niveles de incendio.	41
Figura 23. Densidad aparente.	41
Figura 24: Balance de C (Mg ha <sup>-1</sup> ) en la transición de Ambiente no quemado a Ambiente con quema intensa.	42

## Tablas

Tabla1: síntesis de las principales características (patrones de paisaje, régimen hidrológico y vegetación) de las unidades de paisaje del Delta del Paraná (Malvarez, 1997)	11
Tabla 2. Valores de propiedades de los suelos cerca de la superficie. Valores de media y desvío estándar. Fuente: Kandus (1997)	16
Tabla 3. Funciones ecológicas principales de los humedales del sector de islas frente a los municipios de San Pedro, Baradero y Zárate.	22
Tabla 4 ventajas y desventajas del fuego en los ecosistemas de humedal	24
Tabla 5: Superficie encontrada con distintas intensidades de quema y condiciones hidrológicas.	33
Tabla 6: Cobertura media de las especies por cada clase de quema en el mapa de la Figura 12.	34
Tabla 7: Superficie encontrada con distintas coberturas.	35
Tabla 8: resumen de la cobertura mediana por especie por clase de vegetación	36
Tabla 9: Porcentaje de cada intensidad de quema que se convirtió en cada tipo de cobertura encontrada en el relevamiento realizado en junio 2009.	36
Tabla 10. Niveles (medias $\pm$ error est. de las medias) de los diferentes parámetros medidos a diferentes profundidades de suelos en juncales/pirizales con diferentes intensidades de quema.	38

# Evaluación de los incendios en los humedales de las islas del delta del Paraná durante el año 2008. Análisis sobre el sector frente a las localidades de Zárate, Baradero y San Pedro

## Informe Técnico

### Marco General y Objetivos

El fuego en las islas del Delta del Paraná ha constituido una herramienta usada en forma sistemática para la eliminación de vegetación con escaso o nulo valor forrajero. Esta práctica se realiza en tierras destinadas a uso ganadero, principalmente a la salida del invierno para favorecer el rebrote de pastos tiernos y de mayor palatabilidad. También suelen producirse, pero con menor frecuencia durante otoño.

Durante el año 2008, sin embargo en esta región se produjo un inusitado número de focos de incendio simultáneos, en algunos casos de remarcada persistencia e intensidad. Este proceso de quema se inició tempranamente en el verano y se extendió todo el año, con un pico máximo en abril-mayo y un segundo pico desde agosto hasta noviembre (Figura 1). El número de focos sumados a las condiciones de singular sequía registradas para ese período de tiempo determinaron el descontrol de muchos fuegos, desencadenando incendios de intensidad y extensión significativas.

Según las estimaciones de la Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable SAyDS (Stamati et al 2008), la superficie quemada en la región alcanzó para mayo de 2008, 206.955 ha, representando cerca del 11% del Delta (Figura 2). De esta superficie 172.981 ha correspondieron a Entre Ríos (83,6% de la superficie quemada) y 33.974 ha a Buenos Aires (16,4% de la superficie quemada). La vegetación más afectada por los incendios en la Provincia de Buenos Aires correspondió a los juncuales del interior de las islas, (se quemó cerca del 90% de este tipo de ambiente), representando el 65,2% de la superficie quemada<sup>1</sup> de esa provincia (Figura 3).

Los juncuales son comunidades vegetales herbáceas de gran porte, que se extiende en forma más o menos continua en el interior de las islas del delta bonaerense que se emplazan frente a las localidades de Zárate y Baradero. Estos ambientes se desarrollan sobre terrenos fácilmente inundables cuando se producen crecientes del Río Paraná, por repuntes de mareas del estuario del Plata durante eventos de sudestada o por lluvias locales. Como consecuencia el suelo, permanece en condiciones de anegamiento o saturación de agua durante prolongados períodos de tiempo, lo cual junto con la densa cobertura vegetal dificultan su acceso y tránsito. Estas áreas son conocidas como humedales<sup>2</sup>

Las columnas de humo que han sido un elemento común en el paisaje de las islas en los últimos años, y afectaban en forma sectorial a diferentes localidades ribereñas, esta vez afectaron en forma masiva a las poblaciones del cordón urbano industrial Rosario-Buenos Aires. El Delta entonces fue colocado en el foco de atención de la opinión pública y los medios de comunicación, debido a los

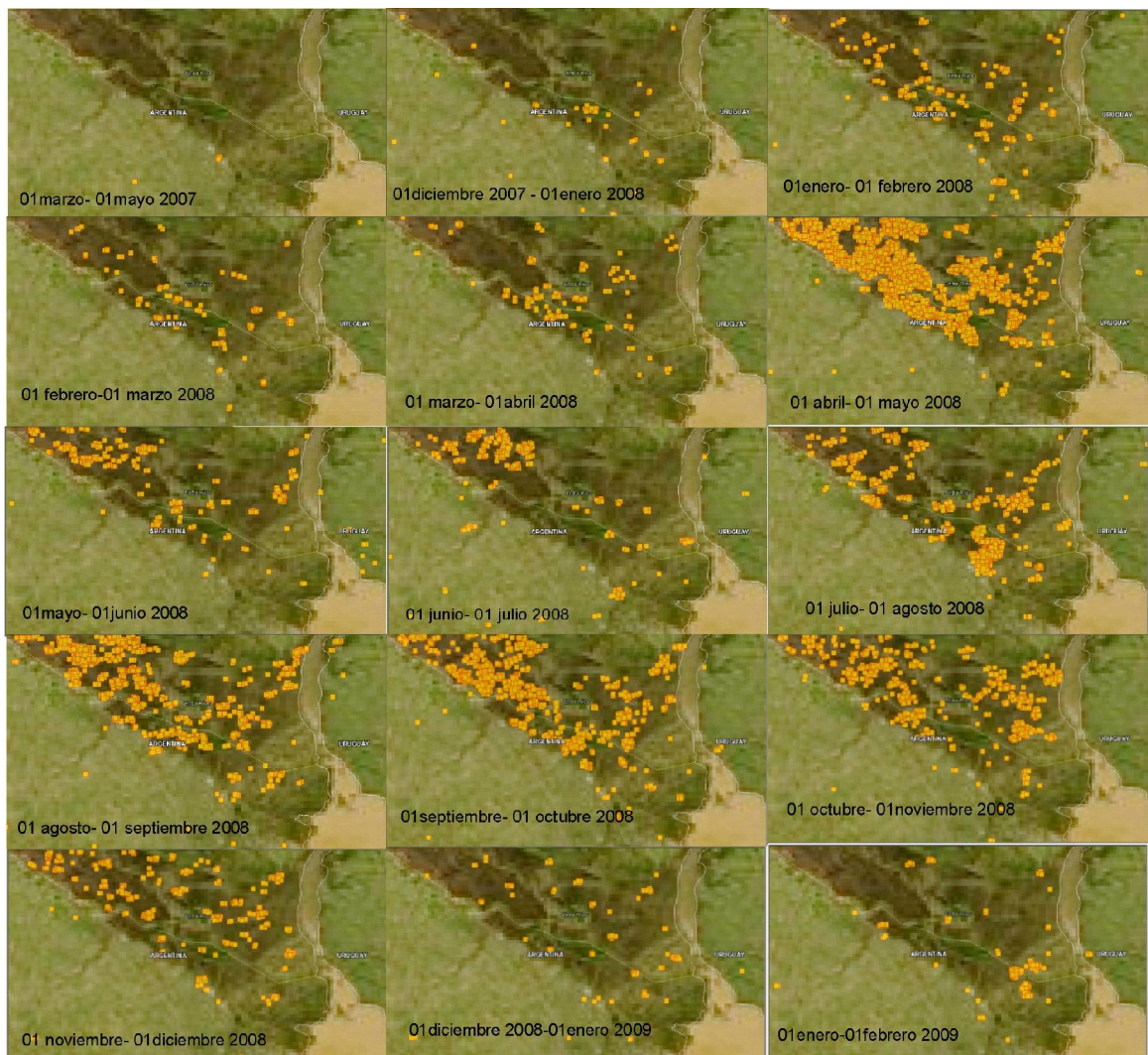
<sup>1</sup> en tanto que en Entre Ríos el 42,2%. El resto de los incendios en el delta afectaron a praderas de herbáceas acuáticas (17,4%), Pajonales (21,1%) y parches de vegetación diversa (15,6%).

<sup>2</sup> De acuerdo con la Sociedad de Científicos de Humedales (Society of Wetland Scientist, SWS), un humedal es un ecosistema que depende de inundaciones someras o de condiciones de saturación de la superficie constantes o recurrentes (Mitch y Gosselink, 2007). Presenta rasgos físicos, químicos y biológicos que reflejan estos procesos, como suelos hídricos y vegetación hidrofítica. Con este enfoque hidrológico-funcional, la SWS asume que el límite seco de los humedales está dado por la presencia de estos rasgos y el límite húmedo llega a unos dos metros bajo el agua, lo que sería una suerte de límite arbitrario en relación a la penetración de la luz y la actividad fotosintética. Un suelo hídrico es "un suelo que en su condición natural (no drenado) está saturado, inundado o anegado el tiempo suficiente durante la estación de crecimiento, como para desarrollar condiciones de anaerobiosis que favorecen el crecimiento y regeneración de plantas hidrófitas".



diversos trastornos de la salud provocados por el humo y los inconvenientes suscitados en las vías de comunicación.

Debido a los incendios ocurridos durante el año 2008, el objetivo del presente informe es el de evaluar el efecto de los mismos sobre los ecosistemas de humedal de las islas bonaerenses frente a las localidades de Zárate y Baradero. También se analizaron sitios en islas entrerrianas frente a la localidad de San Pedro. Por otro lado, es de interés por parte de los realizadores de este informe, analizar en forma lo más objetiva posible cuales son los bienes y servicios que estos ecosistemas proveen a la sociedad y cuales son los riesgos y eventualmente las consecuencias de este tipo de quemas.



**Figura 1.** Distribución de los focos de incendios en la zona del Bajo Delta del Paraná durante el año 2008. Fuente: sitio de Modis RapidFire de la Nasa <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>

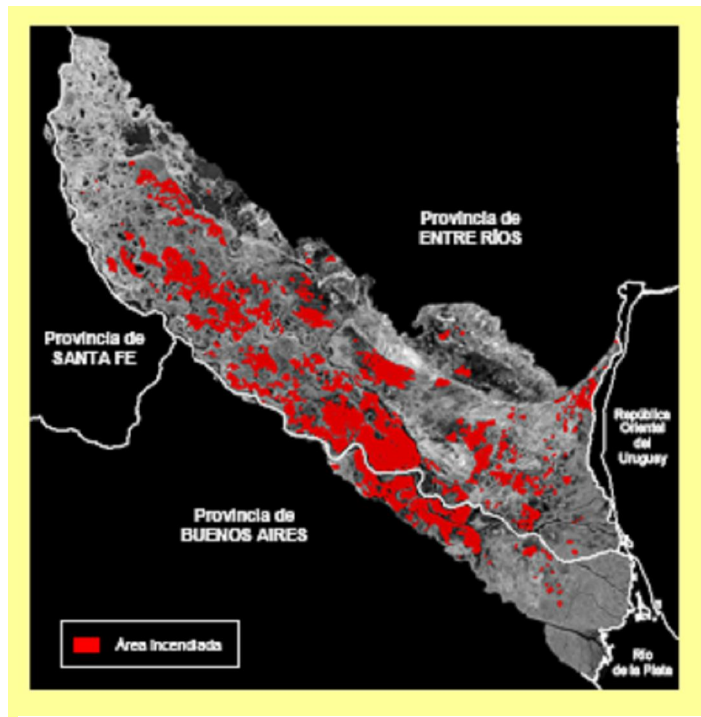


Figura 2. Áreas quemadas hasta mayo de 2008 en el Delta del Río Paraná. Fuente: (Stamati et al 2008).

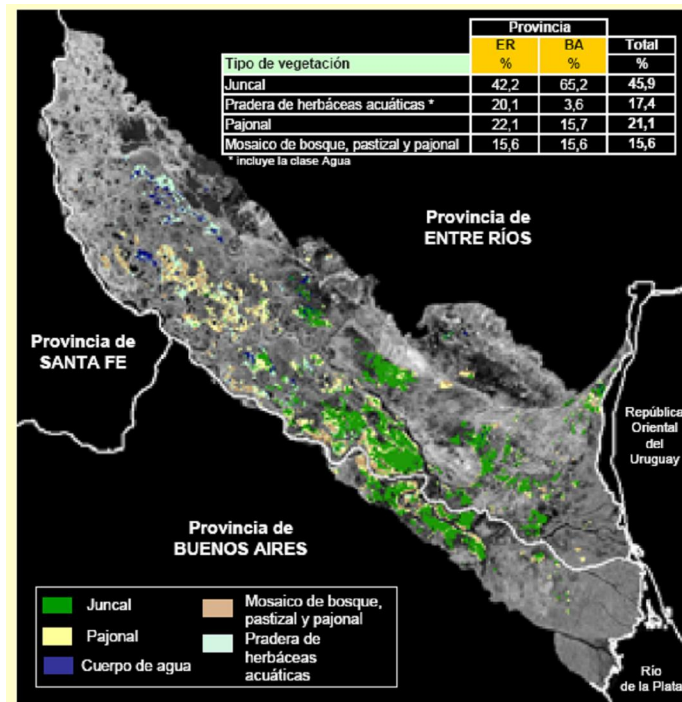


Figura 3. Tipos de ambientes quemados hasta mayo de 2008 en el Delta del Río Paraná. En color los tipos de vegetación afectadas. Fuente: (Stamati et al 2008, Kandus et al 2008A).

## Aspectos ambientales y de uso del Delta del Paraná y del sector frente a las localidades de San Pedro, Baradero y Zárate.

### La región del Delta de Paraná

La región del Delta de Paraná, constituye un extenso mosaico de humedales diferentes (*sensu* Malvárez 1999) que en conjunto conforman un macrosistema que se extiende a lo largo de los 300 km finales de la Cuenca Paraná-Paraguay. Abarca una superficie aproximada de 17.500 km<sup>2</sup> [1], ubicada entre los 32°05' S y 58° 30' O, al sur de la ciudad de Diamante (Entre Ríos) y 34° 29' S y 60° 48' O en las cercanías de la ciudad de Buenos Aires (Figura 4). El Río Paraná dreña una superficie de 2.310.000 km<sup>2</sup> y es considerado por su extensión, tamaño de su cuenca y caudal, el segundo en importancia de Sudamérica luego del Amazonas. Éste es, a su vez, el único de los grandes ríos del mundo que circula desde latitudes tropicales hasta una zona templada, confluyendo junto al río Uruguay en el río De la Plata y su estuario.

La región del Delta del Paraná constituye, entonces, una compleja planicie inundable con características biogeográficas y ecológicas únicas en la Argentina (Kandus et al 2006; Violante et al 2007). Por una parte, especies de linaje subtropical –chaqueño y paranaense–, que penetran a través de los ríos Paraná y Uruguay, coexisten aquí con otras provenientes de las vecinas llanuras pampeana y mesopotámica de clima templado. Por otra parte, la elevada heterogeneidad ambiental determina la yuxtaposición de diferentes comunidades de flora y fauna que resultan en una alta diversidad ecológica, mucho mayor que la esperada para áreas terrestres a la misma latitud. (Malvárez 1997)

Las condiciones ambientales que diferencian al Delta de su entorno regional y que, a su vez, determinan su heterogeneidad interna, se debe a la acción de tres factores básicos. En primer lugar, el régimen climático diferenciado, producto del efecto modulador de las grandes masas de agua presentes explicaría, en parte, el ingreso e instalación de especies de origen subtropical. En segundo lugar, los procesos geomorfológicos actuales y del pasado reciente y, finalmente el régimen hidrológico actual. Gran parte de los paisajes de la región está conformada por depósitos litorales originados en procesos de ingresión y regresión marina ocurridos durante el Holoceno medio (aprox. 5000 años AP) a los que se superponen fases fluviales y deltaicas pasadas y actuales (Iriondo y Scotta 1979, Cavalloto et al 2002). Estos procesos dan como resultado un complejo de paisajes (Figura 4), entre los que se destacan una antigua planicie costera con playas, lagunas y cordones litorales así como áreas de modelado estuárico y antiguos deltas. Por otra parte, la llanura aluvial del Paraná presenta un desarrollo de espiras e islas de cauce típicas de la acción fluvial. Hacia la porción terminal de la región, este río origina un delta en fase de crecimiento sobre el Río de la Plata. Sobre este escenario, las precipitaciones locales, el régimen estacional de los ríos Paraná, Uruguay y tributarios menores y las mareas lunares y eólicas del Río de la Plata se combinan afectando de manera diferencial distintos sectores de la región (Mujica 1979, Minotti et al 1988).

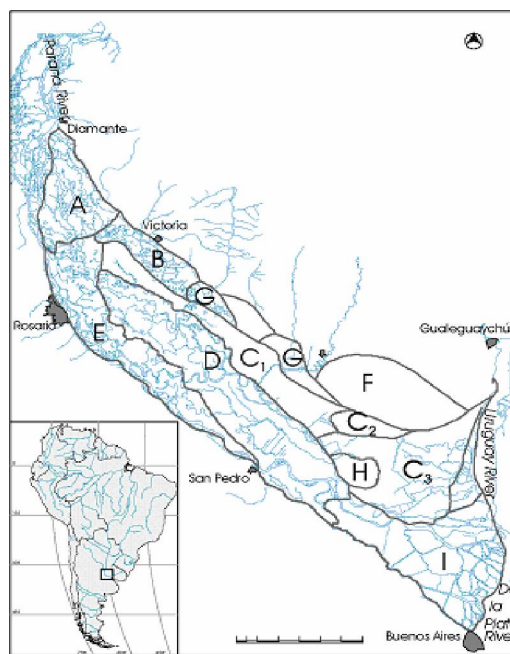


Figura 4. La región del Delta del Paraná en América del Sur y detalle. A-I: Unidades de Paisaje según Malvárez 1997. Ver detalle en Tabla 1

En conclusión, si bien el delta es una unidad morfo-funcional a escala regional, es heterogéneo internamente, a escala de paisajes y en consecuencia no es posible pensar en formas únicas y simples de abordar a la región desde el punto de vista ecológico y de su uso productivo.

**Tabla 1:** síntesis de las principales características (patrones de paisaje, régimen hidrológico y vegetación) de las unidades de paisaje del Delta del Paraná (Malvarez, 1997)

Unidad	Patrón de paisaje	Régimen hidrológico	Vegetación
A	Lagunas no vegetadas y patrón de espiras de meandro. Albardones altos en tramos del Paraná	Río Paraná. Inundación estacional.	Albardones y espiras: bosque. Media loma: praderas herbáceas altas. Bajos: praderas de herbáceas acuáticas.
B	Constituido por grandes superficies cubiertas de agua con algunas isletas, que se corresponden a antiguos albardones.	Río Paraná. Inundación estacional.	Isletas: praderas de herbáceas graminiformes con algunos árboles aislados.
C	Alternancia de cordones arenosos y depresiones anegables. No presenta lagunas permanentes y los cauces son escasos	Río Paraná y, hacia el sur, Uruguay. Los tiempos de permanencia son intermedios.	Cordones: comunidades herbáceo-arbustivas con espinillo, seibo y tala. Depresiones anegables: composición variable según condiciones hidrológicas.
D	Zonas inundadas en forma permanente y semipermanente, lagunas que ocupan una pequeña extensión y riberas elevadas.	Río Paraná. Prolongado tiempo de permanencia de las aguas.	Albardones: bosques bajos. Media loma: praderas de herbáceas.
E	Conformado por secuencias de altos y depresiones	Río Paraná. Tiempos breves de permanencia de agua. Con aguas altas: gran proporción sin inundación.	Altos: bosques. Zonas deprimidas: comunidades de herbáceas latifoliadas o de herbáceas graminiformes flotantes.
F	Constituido por una extensa planicie correspondiente a la Antigua albufera. Se encuentra a mayor altura y se separa del resto de la región por la barrera del cordón litoral.	Precipitaciones locales.	Pradera de herbáceas graminiformes bajas sobre las que se encuentran ejemplares de especies arbóreas.
G	Constituido por los antiguos deltas de los ríos Nogoyá, Cle y Gualeguay.	Ríos Paraná y Gualeguay. Tiempos intermedios de permanencia de agua.	Albardones: bosque con especies típicas de ambientes ribereños. Media loma: arbustal y bosques bajos. Bajos o bañados: praderas de herbáceas acuáticas.
H	Constituido por la isla Ibicuy. Sector topográficamente elevado.	Río Paraná. Baja frecuencia de inundaciones.	Praderas de graminiformes bajas.
I	Patrón de islas y cauces de distinta magnitud. Islas: conformadas por albardones perimetrales que rodean áreas deprimidas.	Ríos Paraná y Uruguay, mareas del estuario Del Plata y sudestadas. Permanencia de agua breve.	Albardones: bosque. Áreas deprimidas: praderas de herbáceas altas – pajonales o juncales.

El Delta del Paraná consigna 643 registros correspondientes a flora de las cuales 77 son especies exclusivas de la región. Además muestra 430 registros correspondientes a fauna, de las cuales 36 especies resultan exclusivas y 40 revisten especial valor, por sus usos potenciales o por tratarse de especies amenazadas, como el cévido autóctono conocido como Ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*).

Entre las comunidades vegetales arbóreas, se destacan el bosque fluvial mixto, constituido por especies arbóreas como el sauce criollo, el aliso de río (*Tessaria integrifolia*), el canelón (*Rapanea laetevirens*) y el laurel (*Nectandra falcifolia*) entre otros, típicos de las islas de la porción superior del delta en las cercanías de las ciudades de Diamante y Rosario. La Selva en galería o “Selva Ribereña”, actualmente es relictual y está compuesta por leñosas como la palmera pindó (*Arecastrum romanzoffianum*), el ingá (*Inga uruguayensis*), el anacahuita (*Blephalocalix tweedii*) y el sauco (*Sambucus australis*). Esta formación, junto con los seibales dominaba los albardones (franjas de

terreno elevadas originadas por la depositación directa de sedimentos del río) de las islas del Bajo Delta, los cuales fueron reemplazados ya a principio de siglo por plantaciones de frutales y luego por plantaciones de salicáceas. En la actualidad, los predios donde se hacían esas actividades y que fueron abandonados son reemplazados por un bosque secundario de exóticas dominado por ligustros (*Ligustrum lucidum*), ligustrinas (*L. sinense*), moras (*Morus* sp.), fresnos (*Fraxinus* sp.) y cubiertos de madresevas (*Lonicera japonica*) y zarzamoras (*Rubus* sp.). En el sector no insular entrerriano, en cambio, las comunidades arbóreas características son los bosques bajos de espinillo (*Acacia caven*) y algarrobos.

En las riberas y en los ambientes de media loma aparecen comunidades capaces de soportar condiciones hidrológicas fluctuantes como sarandizales (*Cephalanthus glabratus*), chilcales (*Baccharis* spp.), cardasales (*Eryngium* spp.) y pastizales de *Luziola peruviana*, respectivamente.

En los bajos, se encuentran comunidades herbáceas hidrófilas con especies dominantes variables, en general de gran porte, según la zona considerada. Tal es el caso de los catayzales, los verdolagales, los canutillares, los pajonales de cortadera (*Scirpus giganteus*) y los juncales (*Schoenoplectus californicus*). Los carrizales y las distintas comunidades acuáticas se distribuyen a lo largo de todo el Delta (Malvárez, 1999; Kandus y Malvárez, 2002; Quintana *et al.*, 2002).

En cuanto a la fauna silvestre, de las formas ribereñas que ingresan al área merecen destacarse el lobito de río, el ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*), la rata colorada (*Holochilus brasiliensis*), la pava de monte común (*Penelope obscura*) y el biguá víbora (*Anhinga anhinga*). Los mismos conviven con cuises (*Cavia aperea*), coipos (*Myocastor coipus*), carpinchos (*Hydrochaeris hydrochaeris*), chajáes (*Chauna torquata*), caraos (*Aramus guarauna*) y varias especies de garzas, gallinetas y patos, junto con otras especies netamente pampeanas como la comadreja overa (*Didelphis albiventris*), el gato montés común (*Oncifelis geoffroyi*), el federal (*Amblyramphus holocericeus*) y el cabecita negra (*Carduelis magellanica*).

Entre los reptiles se mencionan el lagarto overo (*Tupinambis merinae*), la yarará (*Bothrops alternatus*) y varios culebras y tortugas acuáticas. Con respecto a los anfibios, dentro de las veintisiete especies presentes merecen mencionarse la rana criolla (*Leptodactylus ocellatus*), los sapos (como el *Bufo fernandezae*) y varias especies de ranitas de zarzal como *Hyla pulchella*.

Dentro de los peces se destacan varias especies de bagres (de los géneros *Pimelodus* y *Parapimelodus*), surubíes y patíes (de los géneros *Pseudoplatystoma* y *Luciopimelodus*) y el dorado. Los bagres, junto con el sábalo, son los de mayor número y biomasa en toda la Cuenca del Plata, siendo este último un recurso económico de gran importancia (Quintana *et al.*, 2002).

En la actualidad, la alta diversidad biológica, íntimamente asociada con la ocurrencia de pulsos de inundación, se encuentra claramente influida por la intervención humana. Las actividades productivas tradicionales son la ganadería extensiva, la caza y la pesca (comercial y de subsistencia) (Bó *et al.*, 2002), la apicultura, la recolección de leña en la porción entrerriana, la forestación con salicáceas -sauces y álamos- y el turismo, actividades que son más desarrolladas en la porción bonaerense (Baigún *et al.* 2009).

### El sector frente a las localidades de San Pedro, Baradero y Zárate.

- *Características ambientales principales*

Dentro de esta región, el sector frente a las localidades de San Pedro, Baradero y Zárate conforma un área particular (Figura 5). La misma se desarrolla a un lado y a otro del cauce principal del Paraná y desde el punto de vista del tipo y origen de las formas presentes, el área constituye una zona compleja. Según Iriondo y Scotta (1979) aquí se observan formas correspondientes a procesos estuáricos antiguos y procesos fluviales y deltaicos presentes. Frente a San Pedro y Baradero las geoformas corresponden a una llanura de mareas perteneciente a una fase estuárica durante el

período de regresión marina ocurrido en el Holoceno Medio (5000 AP) (Unidad D, Tabla 1). Esta llanura se extiende frente a las inmediaciones de Rosario, cerca 150 km aguas arriba. A lo largo del curso del Paraná, por su parte se desarrollan islas de causas y patrones definidos por secuencias de espiras de meandros propias del modelado fluvial (Unidad E, Tabla 1). Frente a las localidades de Lima y Zárate en cambio, las islas corresponden a un modelado deltaico actual (Unidad I, Tabla 1).

El paisaje actual esta constituido por islas extensas con bajos, generalmente desconectados del curso principal de agua y donde se desarrollan principalmente comunidades de juncales y pirizales dominados por *Shoenoplectus californicus* (junco) y *Cyperus giganteus* (falso papiro –o Piri) respectivamente. Las islas presentan albardones perimetrales relativamente bajos pero amplios y en algunos sectores el desarrollo de espiras de meandro finos donde se desarrollan en algunos sectores bosques de sauces (*Salix humboldtiana*) y pastizales dominados en general por *Cynodon dactylon* (pata de perdiz) (Figura 6).

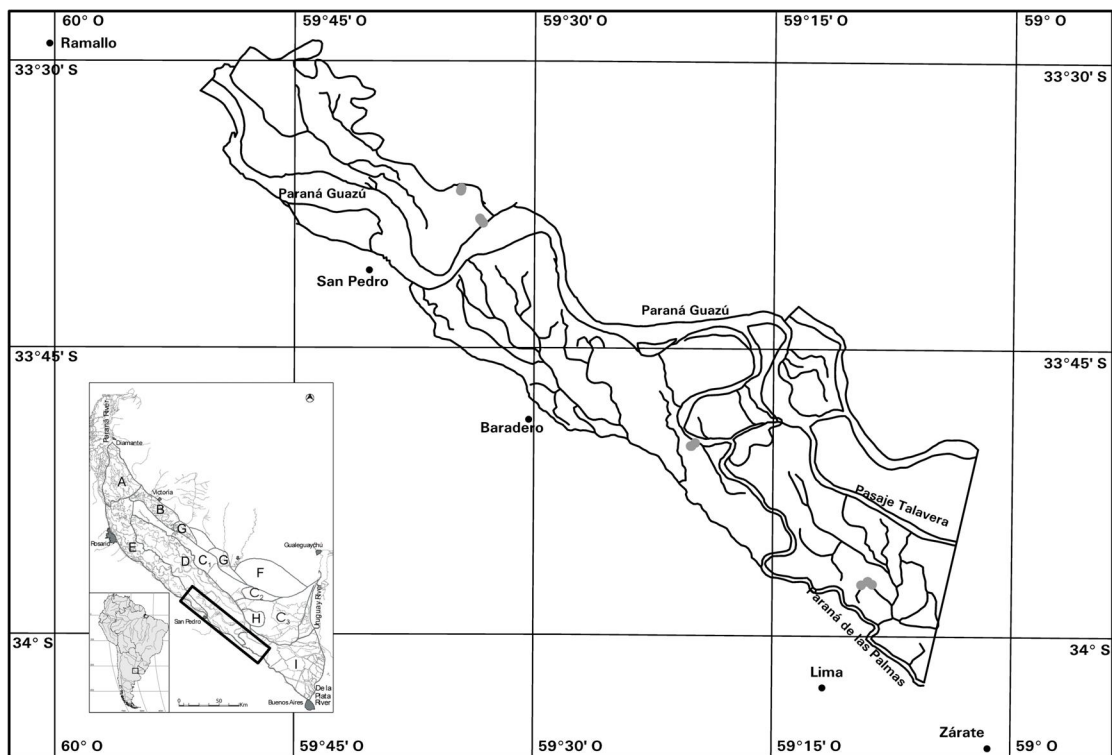


Figura 5. Mapa del área de estudio.

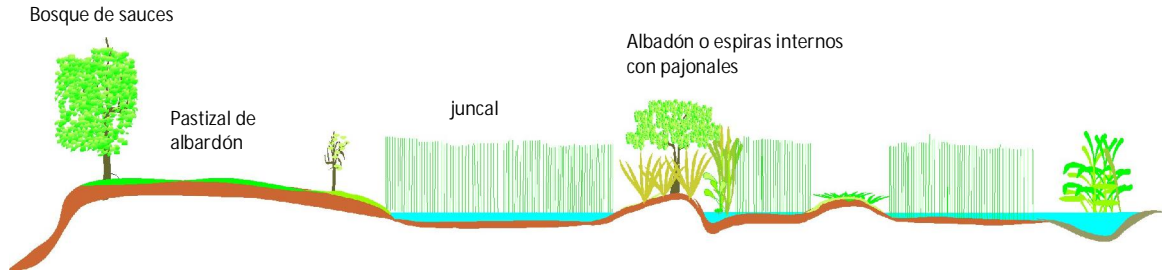


Figura 6. Paisaje de la zona de estudio. Perfil general de las islas.

Los ambientes de bajo permanecen en condiciones de anegamiento (menos de un metro de agua) o saturación de agua durante prolongados períodos de tiempo, particularmente en invierno. Durante los meses de verano el sustrato puede permanecer seco debido al balance negativo entre entradas de agua y evapotranspiración. El agua entra en estos sistemas debido al aporte de agua de las crecientes del Río Paraná, pero también por los repuntes extraordinarios de mareas del estuario del Plata durante eventos de sudestada o por las lluvias locales.

Kandus (1997) describe las asociaciones vegetales de los bajos de las islas frente a Zárate y Lima. Según esta autora, en los bajos dominan los juncales (*Schoenoplectus californicus*), pero alternan también con mosaicos de totorales (*Typha* spp.), pirizales (*Cyperus giganteus*) y cataysales (*Polygonum* spp.). También *Carex riparia* es una acompañante muy frecuente en los juncales de los bajos. En las áreas correspondientes a patrones de espiras de meandro, las porciones topográficamente más elevadas (en términos relativos) se caracterizan por presentar un mosaico de asociaciones vegetales. Principalmente se encuentran carrizales (*Panicum grumosum*), en algunos casos con ceibos (*Erythrina crista-galli*) y sauces (*Salix humboldtiana*) aislados y cardasales (*Eryngium pandanifolium*). En los bajos, en cambio, dominan juncales, asociaciones de juncales y en menor medida espadañales (*Zizaniopsis bonariensis*) y pirizales (Kandus et al 2003).

Hacia el sector aguas arriba del área de estudio, se observa un mayor predominio de pirizales con respecto a los juncales. Condiciones de mayor fluvialidad (mayor influencia del régimen estacional del Paraná y menor influencia estuárica) y el origen geomórfico de los sedimentos descrito previamente podrían estar vinculadas con este patrón.

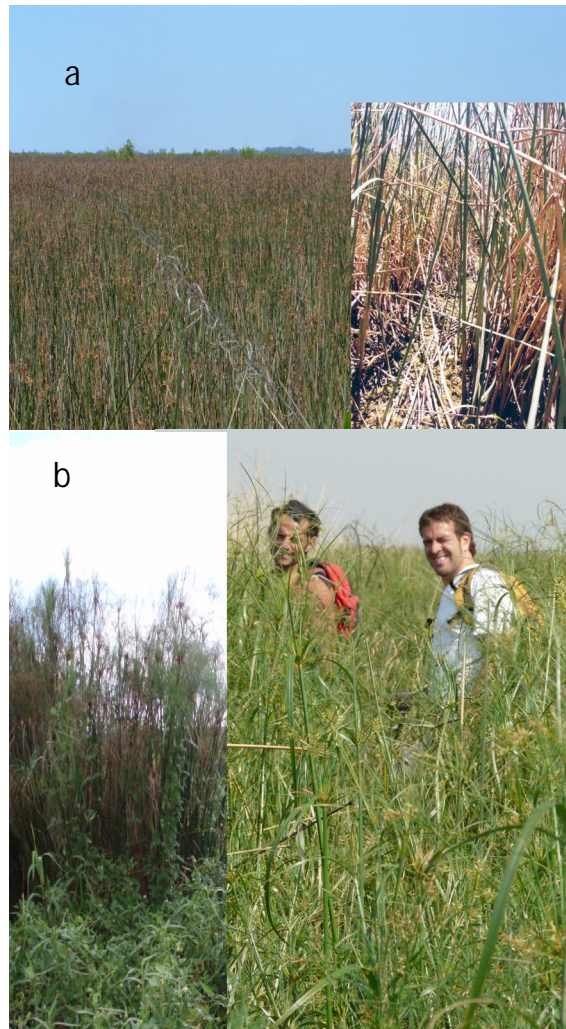


Figura 7. a.- Juncales de *Schoenoplectus californicus*. Vista y detalle. b.- pirizales de *Cyperus giganteus*

*Schoenoplectus californicus* y *Cyperus giganteus* son plantas herbáceas robustas de la familia de las ciperáceas. Ambas presentan las hojas reducidas a la base, con un tallo fotosintético central erecto, que supera los 2 metros de altura y es sostén de la floración. La presencia de aerénquima en el tallo constituye la principal adaptación morfológica a vivir en ambientes con prolongados períodos de anegamiento. Estas plantas tienen un importante desarrollo vegetativo, reproduciéndose mediante la extensión de yemas en fuertes rizomas subsuperficiales formando praderas continuas, prácticamente monoespecíficas.

Pratolongo (2004), estimó los patrones de fijación de carbono (Productividad Primaria Neta o PPN) de *S. californicus* en áreas próximas al establecimiento Nuestra Señora de los Milagros (en las proximidades de la localidad de Lima), durante el ciclo de crecimiento entre los años 2002-2003 alcanzando valores de  $1299,17 \pm 179,48 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ . Los incrementos diarios en la biomasa fueron mayores durante la primavera y el principio del verano y, fuera de este periodo, la tasa de crecimiento es mucho menor. A esta productividad contribuyeron la producción de tallos fotosintéticos y la producción de flores, que en este caso fue de sólo  $0,68 \pm 0,25 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ . La aparición de espigas tuvo lugar a partir de septiembre y su máximo desarrollo se registró en enero, luego de lo cual todas las estructuras reproductivas se secaron. En el momento de máxima floración se observó que sólo el 20% de las varas verdes florecieron. En el momento de máxima floración se observó que sólo un 20% de las varas verdes florecieron.

Si se efectúa un balance general de la dinámica de la biomasa aérea en el sitio mencionado (tomando los valores medios de biomasa seca en pie al inicio y al final del ciclo de 937,00 y 811,20 g m<sup>-2</sup>, respectivamente), se puede estimar que durante este periodo se depositó sobre la superficie del suelo un valor medio de 1424,97 g m<sup>-2</sup> de biomasa seca. Considerando la curva de descomposición obtenida durante el mismo periodo y en ausencia de flujos horizontales de agua u otro mecanismo de remoción del material depositado, al final del ciclo anual permanecería aún sobre el suelo una cantidad media de 752,38 g m<sup>-2</sup> de biomasa seca que no alcanzó a descomponerse (Pratolongo et al 2008).

Aunque no se observó una estación marcada de senescencia en Nuestra Señora de los Milagros, una mayor cantidad de biomasa seca en pie fue cosechada al inicio del verano, hacia el final del periodo de máxima productividad primaria. La permanencia de biomasa seca en pie o sobre el suelo hace de estos juncales ambientes altamente pirógenos, siendo probable que sean comunidades en cuya dinámica natural el fuego tenga un papel importante de regulación. A su vez, históricamente, los pobladores han usado el fuego como herramienta de manejo en esta área tanto para favorecer rebrotes, como forma de “clareo” del campo o para fines cinegéticos (caza de carpinchos y nutrias). Esto determina, que las comunidades de los bajos del interior de las islas se presenten usualmente como mosaicos de parches de diferentes estados de desarrollo postquema (Figura 8).

Los suelos del interior de las islas son en forma predominante limo-arcillosos (Tabla 2). A su vez, la alta productividad de las comunidades herbáceas de estos lugares y la baja tasa de descomposición, producto de las condiciones de baja oxigenación derivadas de la saturación por el agua, determinan que estos sean ambientes acumuladores de materia orgánica. En la tabla 2 se observa que los valores de porcentaje de materia orgánica en los juncales según Kandus (1997) pueden llegar hasta un 20%. Pratolongo (2004) por su parte registró contenidos de materia orgánica superiores al 1% hasta una profundidad de 75 cm y recién en esta capa aparecieron rastros de arena en las muestras (figura 9).



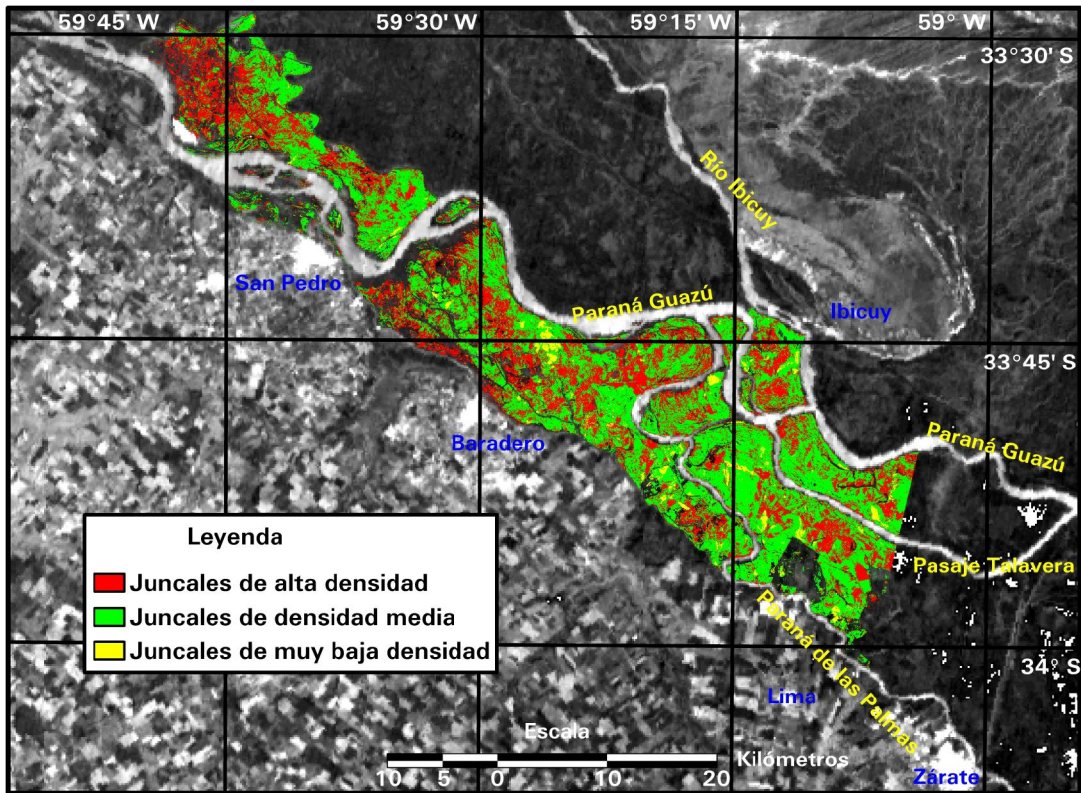


Figura 8. Mapa de juncales en el área de estudio.

Tabla 2. Valores de propiedades de los suelos cerca de la superficie. Valores de media y desvío estándar. Fuente: Kandus (1997)

	Espira	Media loma	Bajo (n=3)	Espira (n=2)	Bajo (n=3)
pHpasta	5,5	6,9	5,5±0,06	4,8±0,12	4,1±0,42
Acidez			0,4±0,04	14,3±2,57	16,2±0,57
Nit. Tot	0,15	0,43	0,6±0,15	0,7±0,33	0,9±0,18
% Mat. Org.	3,1	8,7	20,3±8,11	14,2±8,05	19,2±2,05
C/N	12,1	11,8	20,8±2,73	12,3±0,55	12,0±1,84
% Arena	11,3	6,9	8,5±4,39	47,3±8,73	41,4±6,86
% Limo	65,5	59,3	46,5±2,79	49,1±8,47	55,7±5,73
% Arcilla	23,2	33,8	45,0±1,61	3,6±0,78	3,0±1,23

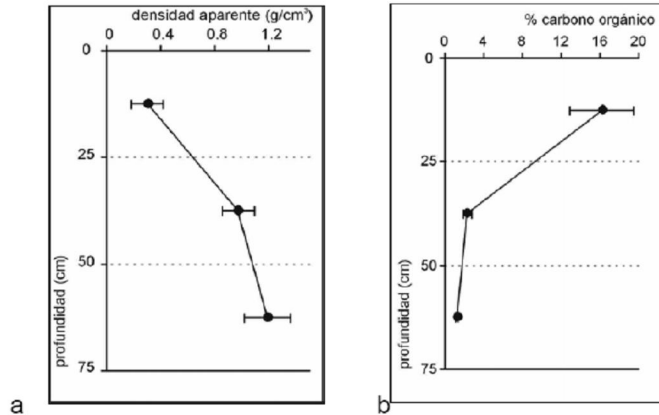


Figura 9. a) Densidad aparente y b) % de carbono orgánico en función de la profundidad del suelo en ambientes de junjal de *Schoenoplectus californicus* en las inmediaciones del establecimiento Nuestra Señora de los Milagros. Valores de media y desvío estándar (n=5). Fuente: Pralongo (2004)

Bonfils (1961) denomina a estos suelos, de las islas frente a Lima y Zárate, semipantanosos y corresponden a la unidad denominada por él mismo como “Bajo Delta”. Al sector aguas arriba de San Pedro que incluye a las Islas Lechiguanas, este autor lo denomina “Delta Antiguo” caracterizándose por la presencia de asociaciones de suelos “low humic gley”. Esta unidad comprende un ambiente palustre de riachos y lagunas interiores, situadas en islas de relieve horizontal heterogéneo donde predominan “elementos chaqueño paranaenses que incluyen bosque fluviales subclimáticos pajonales y maciegas”. El régimen de inundación está íntimamente relacionado a los pulsos del Paraná y solo en la porción sur de esta unidad se hacen sentir periódicamente los repuntes estuáricos.

El área frente a Baradero es incluida en los “Bajíos Ribereños” (Bonfils op cit) y caracterizada por la presencia de “comunidades hidro-halófitas” asociadas a suelos salinos y alcalinos. En las porciones cóncavas este autor menciona sin embargo la presencia de suelos hidromórficos semipantanosos así como también gley húmicos.

- *Hidrología y clima de la zona y el período analizado*

El clima de la región es templado con precipitaciones durante todo el año. Las precipitaciones en estaciones cercanas a la región (Rosario, Buenos Aires y Gualeguaychú) oscilan entre los 950 mm y los 1100 mm anuales, registrándose los mínimos en los meses de invierno (junio a agosto) mientras que las temperaturas oscilan entre los 10 °C promedio en invierno y 23 °C promedio en verano.

En particular, el año 2008 fue particularmente seco en la región (en el marco de la sequía a escala regional que acució al país), acumulando a lo largo del año precipitaciones menores a 400 mm, principalmente en los meses de octubre y noviembre (Figura 10).

En cuanto a las características hidrológicas, la región se encuentra influenciada tanto por el régimen hidrológico del Río Paraná como por las mareas lunares y sudestadas del estuario del Plata.

El régimen del río Paraná está determinado principalmente por las precipitaciones de las regiones tropicales y subtropicales de su cuenca de aporte. Presenta un período de ascenso a partir del mes de septiembre, culminando con un máximo en marzo. Luego comienza a descender alcanzando las bajantes más pronunciadas en agosto. Este régimen puede presentar irregularidades interanuales considerables, sobre todo aquellas relacionadas con el fenómeno “El Niño/Oscilación del Sur”.

Durante el período analizado, el Río Paraná sufrió una bajante extraordinaria, causada por la sequía imperante en su cuenca de aporte, llegándose por momentos a alturas hidrométricas tan bajas que la navegación se vio comprometida (Figura 11).

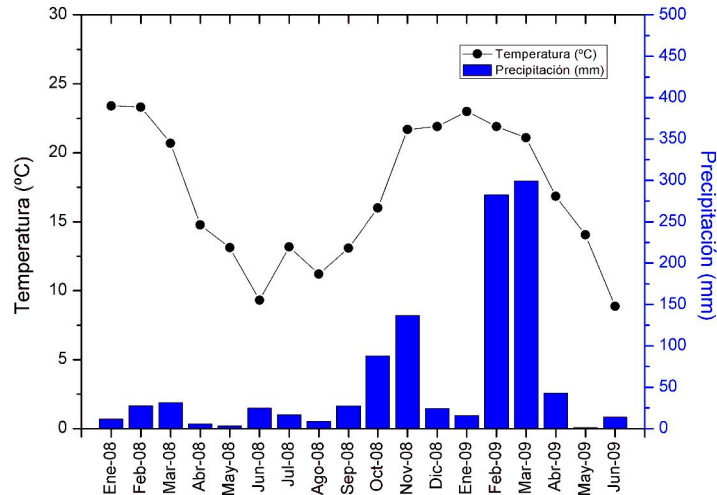


Figura 10. Temperaturas medias y precipitaciones acumuladas mensuales para el período analizado (estación EEA INTA Delta).

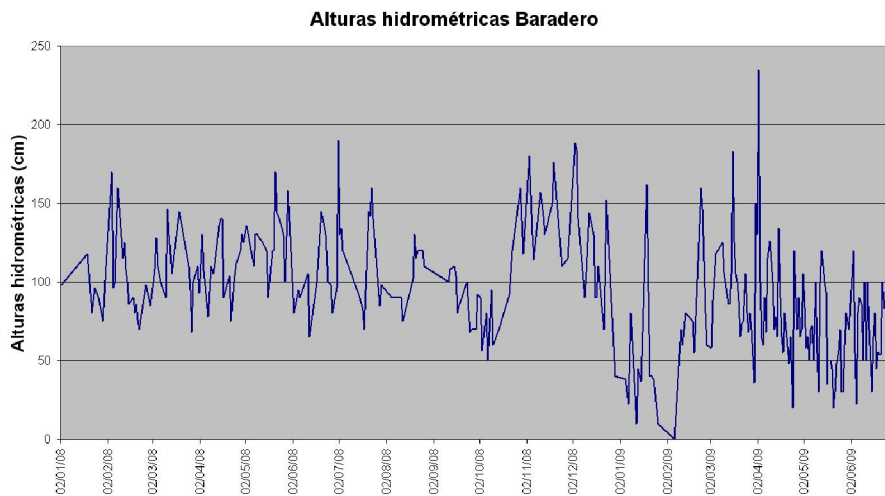


Figura 11. Alturas hidrométricas del puerto de Baradero durante el período analizado. Nivel de alerta: 280 cm. Nivel de evacuación: 310 cm.

- *El uso histórico del área*

El sector de islas bajo estudio históricamente fue destinado al uso ganadero, principalmente a la actividad de cría, bajo un sistema de producción extensivo asociado a la oferta de pastizal natural y condicionado por los pulsos periódicos de inundación. También ha sido importante la actividad de engorde de ganado vacuno durante el verano (“veranadas”) aprovechando la marcada estacionalidad en la oferta de pastos estivales. En el periodo 2004/6 el stock ganadero en el Delta del Paraná ha evolucionado de 520.000 a 831.705 cabezas (Comunicación personal, Dr. Edgardo Chorroarín, SENASA), comenzándose a visualizar degradación de recursos en este ecosistema (Albardones salinizados, degradación de recurso forrajero y comunidades vegetales nativas, disminución de porosidad de capas superficiales del suelo producto del pisoteo, entre otras). Adicionalmente existe un uso forestal, con extensas superficies forestadas, endicadas y drenadas.

Actualmente la ganadería de islas adquirió significativa importancia debido al avance de la frontera agrícola en la zona continental que llevó a la búsqueda de tierras con menor valor en el mercado inmobiliario. Estimaciones recientes, indican que en este *macrosistema* de humedales se ha triplicado el stock ganadero en los últimos diez años (1999-2009) alcanzando aproximadamente 1.000.000 de cabezas. Por otro lado, muchos productores ganaderos en busca de mitigar la marcada estacionalidad en la oferta de pasto están aventurándose a la siembra de verdeos invernales y pasturas perennes (Avena, Raigrás, etc.) sin conocer los efectos de estas introducciones (especies exóticas) ni priorizar el uso racional del pastizal natural. Al mismo tiempo existen emprendimientos que implican la construcción de terraplenes de gran escala, canalizaciones y desecamientos de islas, para la habilitación de nuevas tierras para su uso agrícola bajo una modalidad terrestre, aprovechando la fertilidad actual de estos ambientes generada durante años por aportes de las crecientes y, retenidos y acumulados por las comunidades vegetales características de estas islas.

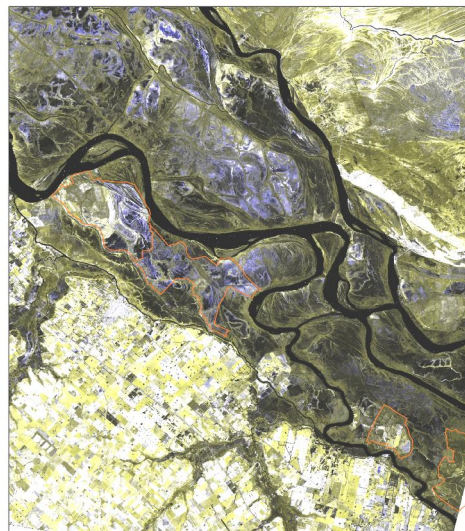


Imagen Landsat 5 TM del 15 de marzo de 2009. Combinación color de bandas 556. Se indican en rojo terraplenes. Fuente: Ing Javier Alvarez, Estación Experimental INTA Delta, inédito.

## **Funciones y servicios ecológicos de estos humedales**

### *Que son los humedales y cual es su importancia?*

Frente a la diversidad fisonómica y funcional de los ambientes mencionados, simplemente, podríamos definir a los humedales como aquellos sistemas que permanecen con su suelo saturado con agua o en condiciones de inundación y/o anegamiento durante considerables períodos de tiempo, particularmente en la época de crecimiento vegetal. En el marco de esta definición, vale la pena puntualizar que los humedales no son sistemas terrestres ni acuáticos (Figura 12). A diferencia de los humedales, en los sistemas terrestres la zona saturada con agua se encuentra usualmente por debajo de la rizosfera en tanto que en los ecosistemas acuáticos los procesos biológicos tienen lugar dentro de la columna de agua.

En la historia de la humanidad, los humedales han constituido desde siempre sitios de gran atracción y en donde se desarrollaron importantes culturas debido a la oferta de agua y de numerosos recursos

naturales básicos. Aún es factible encontrar indicios de esta temprana ocupación y de las distintas modalidades de uso de sus recursos en humedales de las más diversas regiones de la tierra (Viñals et al., 2002). Ya en los humedales asociados al río Nilo, en Egipto, y en los valles del Tigris y el Eufrates, florecieron las llamadas civilizaciones del agua. En América Latina, muchas de las grandes civilizaciones asentadas en este continente como los mayas, incas y aztecas, también se desarrollaron a expensas de recursos extraídos de los humedales y aún hoy estos sistemas resultan críticos para el abastecimiento de buena parte de la población humana de esta región de la tierra (Roggeri, 1995, Carpenter et al., 2009). Loponte (2007) en su estudio de la arqueología “guaraní” en el humedal del Paraná Inferior y Río de la Plata describe ya las actividades de cazadores recolectores durante el holoceno tardío.

Como contrapartida, particularmente durante el último siglo, los humedales han sido considerados tierras improductivas y focos de generación de enfermedades. Esta perspectiva ha fundamentado su drenado, rellenado y también la derivación de cursos de agua para permitir ganar tierras para usos terrestres (agropecuarios, forestales, zootécnicos o urbanos) o usos exclusivamente acuáticos (represas, acuicultura). En consecuencia, la degradación y pérdida de ecosistemas acuáticos y de humedales, tiene lugar de manera más acelerada que la de los ecosistemas terrestres, ya que en ellos no se suelen usar esquemas de producción sustentable.

Más del 50% de los humedales de los países industrializados han sido destruidos y muchos otros, localizados en distintas partes del mundo, han sido severamente degradados (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). De acuerdo a estimaciones realizadas en 1985, la agricultura intensiva por sí misma sería responsable del drenado y pérdida consecuente de entre el 56 y el 65% de los humedales de América del Norte y Europa y el 27% de los asiáticos. Para algunas regiones en particular, como por ejemplo los estados de Ohio y California en Estados Unidos, la pérdida ha sido muy elevada con disminuciones del orden del 90% (Jones y Hughes, 1993).

Hoy, esos mismos países realizan un enorme esfuerzo en términos de recursos humanos y económicos con el fin de restaurar humedales y recuperar los bienes y servicios perdidos. En este sentido, existe un amplio y creciente consenso a nivel mundial en que los humedales, son ecosistemas de importancia crítica debido a los beneficios económicos, sociales y ambientales que proporcionan, a pesar de que sólo representan un 5% de la superficie terrestre.

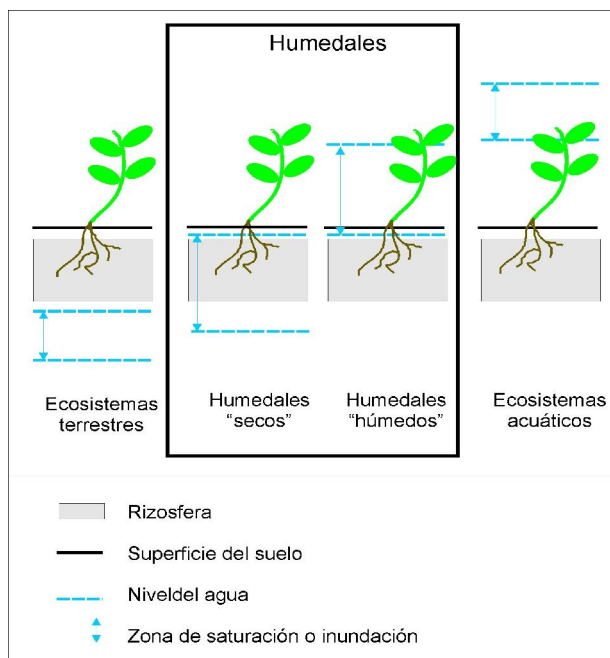


Figura 12: Esquema de los ecosistemas terrestres, acuáticos y humedales en relación a la variación del nivel de agua (Adaptado de Brinson, 2004). Fuente: Kandus et al 2009.

*Costanza et al. (1997) estimaron que valor total global de los servicios provistos por las áreas costeras y los humedales continentales ascienden a 17,5 trillones de dólares por año, lo que corresponde al 52% del valor total de servicios provistos por el conjunto de todos los ecosistemas del planeta.*

A su vez, durante la VIII Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre Humedales llevada a cabo en Valencia en 2002 se reconoce que los humedales juegan un papel importante en la sostenibilidad de las actividades agropecuarias al brindar protección ante inundaciones y tormentas, contribuir al mantenimiento de acuíferos necesarios para la irrigación, y proveer hábitat de especies que conforman importantes recursos para las comunidades locales.

A diferencia de los países desarrollados, en los países del tercer mundo una buena parte de los humedales presentan aún un relativamente buen estado de conservación. Para 1985, la superficie de humedales transformada para agricultura en Sudamérica y África se estimó en el orden del 6% y del 2%, respectivamente. En Argentina la superficie ocupada por los humedales fue estimada en 600.000 km<sup>2</sup> (Fig.2), lo que representa el 21,5% del territorio nacional (Kandus et al., 2008). Sin embargo, la mayor parte de las acciones de conservación en nuestro país recaen en la creación y mantenimiento de áreas protegidas como parques nacionales, sitios Ramsar o Reservas de Biosfera, entre otros, pero no existe un marco regulatorio de políticas que definan un manejo adecuado para estas áreas y menos para las que no gozan de protección (Brinson y Malvárez, 2002). A su vez, no se cuenta con registros o inventarios de humedales ni de los cambios que sobre estos producen las actividades humanas.

Las predicciones futuras muestran un incremento importante de la presión por la intensificación de la agricultura en los humedales de estas regiones (Moser et al., 1999), como ya se observa en algunas regiones de nuestro país dado por el avance de la frontera agrícola. Esta falta puede deberse a que no se tiene en cuenta o se desconocen las funciones ecosistémicas de los humedales, las cuales definen la capacidad estructural y funcional que tienen para proveer bienes y servicios a la sociedad (De Groot, 1992).

Como consecuencia de estas tendencias en el uso de la tierra y en el marco actual de cambio climático, se espera una reducción de los bienes y servicios provistos por estos ecosistemas debido a la pérdida de resiliencia impuesta por los usos no sustentables y a la creciente demanda de agua dulce. En este contexto, resulta crítico reconocer el valor de los humedales y desarrollar esquemas de uso sustentable que mantengan sus funciones ecosistémicas.

### *Cuál es el valor de los humedales de esta zona?*

La valoración de los humedales en general y de los juncales de esta zona en particular se sustenta en la posibilidad que tenga la sociedad y los organismos decisores de identificar como bienes o servicios de interés las funciones ecológicas que estos ecosistemas presentan. La valoración puede ser cultural, social, económica y tienen una fuerte carga de subjetividad. En cambio, las funciones ecosistémicas de los humedales, y en última instancia los bienes y servicios que estos proveen a la sociedad, dependen de las características de los componentes, la estructura y los procesos que tienen lugar en los ecosistemas. Uno de los mayores riesgos en este esquema es que la valoración del humedal se realiza sobre la premisa de maximizar los beneficios económicos individuales y en el mejor de los casos sectoriales, y con perspectivas de uso terrestre. En la tabla 3 se detallan las funciones ecológicas principales de los humedales presentes en el área de estudio y ejemplos de los bienes y servicios que proveen a la sociedad. Todas estas funciones no siempre son valoradas como bienes y servicios a la sociedad, frecuentemente por desconocimiento de su existencia y en otras ocasiones por intereses sectoriales. Las funciones se pueden agrupar en aquellas de regulación hidrológica, regulación biogeoquímica y funciones ecológicas. Las de regulación hidrológica son particularmente destacables en el caso de los juncales debido al efecto de amortiguación de los excedentes hídricos cuando se producen avenidas del Paraná. Este efecto depende tanto de la superficie efectiva del humedal como de su vegetación y determina que cualquier intervención sobre el humedal deba ser considerada “hidráulica”.

Tabla 3. Funciones ecológicas principales de los humedales del sector de islas frente a los municipios de San Pedro, Baradero y Zárate.

<b>Función Genérica</b>	<b>Funciones específicas</b>	<b>Bienes y servicios (ejemplos)</b>
Regulación Hidrológica	Desaceleración de los flujos y disminución de turbulencia del agua	<i>Disminución del poder erosivo de las aguas de las crecientes del Paraná.</i>
	Regulación de Inundaciones	<i>Disminución de la intensidad de los efectos de las inundaciones sobre ecosistemas vecinos</i>
	Retención de agua Almacenaje a largo plazo Almacenaje a corto plazo	<i>Presencia de reservorios de agua para producción de ganado.</i>
	Retención y estabilización de sedimentos	<i>Mejoramiento de la calidad del agua</i>
	Regulación de procesos de evapotranspiración	<i>Atemperación de condiciones climáticas extremas</i>
Regulación Biogeoquímicas	Ciclado de nutrientes (Nitrógeno, Carbono, Fósforo, etc.) Almacenaje / retención de nutrientes (ej Fijación/ acumulación CO <sub>2</sub> , liberación de NH <sub>4</sub> )	<i>Retención de contaminantes</i> <i>Mejoramiento de la calidad del agua</i> <i>Acumulación de Carbono Orgánico como turba.</i> <i>Regulación climática</i>
	Transformación y degradación de contaminantes	<i>Mejoramiento de la calidad del agua.</i>
	Regulación de salinidad	<i>Lavado de sales y provisión de agua dulce</i> <i>Protección de suelos</i>
Ecológicas	Producción primaria	<i>Secuestro de carbono en suelo y en biomasa</i> <i>Producción de forraje para ganado doméstico y especies de fauna silvestre de interés (carpincho, nutria).</i>
	Producción secundaria	<i>Producción de proteínas para consumo humano o como base para alimento del ganado doméstico ( fauna silvestre, peces e invertebrados acuáticos)</i> <i>Producción de especies de interés cinegético</i> <i>Producción de especies de peces para pesca deportiva y comercial.</i> <i>Producción de especies de interés turístico-recreacional (aves, mamíferos, reptiles, anfibios).</i>
	Provisión de hábitat	<i>Ambientes de interés paisajístico</i> <i>Oferta hábitat de especies de interés comercial, cinegético, cultural, etc.</i> <i>Provisión de hábitats críticos para la reproducción de especies animales (particularmente aves, tortugas acuáticas, peces e invertebrados acuáticos)</i>
	Mantenimiento de interacciones biológicas	<i>Mantenimiento de cadenas tróficas de ecosistemas vecinos</i> <i>Exclusión de especies invasoras.</i>
	Mantenimiento de la diversidad tanto específica como genética	<i>Productos animales y vegetales alimenticios, Productos animales y vegetales no alimenticios y construcción. (cueros, pieles, plumas, plantas y peces ornamentales, mascotas, etc.).</i> <i>Productos farmacológicos y etnobiológicos (para etnomedicina, con fines religiosos, rituales, etc.)</i>

En el primer caso, todo emprendimiento que implique la transformación del humedal a un sistema de tipo terrestre como los endicamientos, elimina esta capacidad. Por su parte, el trazado de terraplenes modifica los flujos superficiales, cambiando las tasas y patrones de depósito de sedimentos y erosión. En cambio, la eliminación de la cubierta de juncuales o su reemplazo por plantas de menor altura o más volubles, determina la pérdida de capacidad de desaceleración de los flujos de agua, documentada en diferentes trabajos científicos (Järvelä, 2002).

Desde el punto de vista biogeoquímico, los bajos del interior de las islas del delta funcionan como verdaderos captosres no solo de sedimentos permitiendo mantener mejores niveles de transparencia de las aguas, sino también como trampas de sustancias contaminantes y nutrientes. El sustrato de estos ambientes es definitivamente un almacenaje de carbono que depende del mantenimiento de las condiciones hidrológicas y de planes de fuego racionales que eviten su emisión a la atmósfera o su pérdida hacia el sistema acuático adyacente. Esta trampa de nutrientes y carbono es la que garantiza la elevada productividad vegetal de los humedales y por lo tanto también influye en la capacidad de carga para usos ganaderos.

Finalmente dentro de las funciones ecológicas de los juncuales y pirizales rescatamos entre otras aquellas relacionadas con la oferta de hábitat para diferentes especies de fauna silvestre valiosas para economías locales o con interés turístico y de caza deportiva.

Cualquier alteración que modifique en forma crítica el régimen hidrológico (entendido como pulsos de inundación y seca) así como de los regímenes de disturbio tales como el fuego o la herbivoría pueden modificar o inhibir completamente las funciones ecosistémicas de estos humedales y en consecuencia, disminuir o suprimir la provisión de sus bienes y servicios.

## **El fuego. Parte del ecosistema y elemento de manejo.**

El fuego así como el pastoreo constituyen dos tipos de disturbios estrechamente vinculados a la historia evolutiva, la organización y la dinámica de los pastizales y de muchos humedales. Un disturbio es un evento que altera la estructura de una población, comunidad o ecosistema, generando cambios en el ambiente y para algunos autores involucran la pérdida de biomasa desde el sistema. Ejemplos clásicos son el fuego, las inundaciones, la herbivoría. La respuesta de la vegetación frente al disturbio está condicionada por la estrategia de vida de las especies presentes así como de las características del disturbio: frecuencia, intensidad y área afectada.

Los pastizales proclives a incendios periódicos o estacionales, ya sean espontáneos o provocados por el hombre, reciben el nombre de pirogénicos. La dinámica de los pastizales frente al fuego es variable.

Así, por ejemplo en pastizales húmedos y altos de América del Norte, las quemadas invernales promueven la abundancia de las especies dominantes con crecimiento en forma de grandes matas, en tanto que el pajonal de *Paspaleum* sp. de la Pampa Deprimida puede ser completamente reemplazado por una matriz de pastos cortos (Lattera y Vignolo, 1998).

La forma en que las comunidades vegetales responden al fuego varía según el momento en que ocurre el disturbio, en relación con la fenología de la especie dominante y los ciclos de vida de aquellas especies con potencial para invadir el área quemada.

Además de las características de las especies, las escalas espaciales y temporales son factores importantes en el proceso de desarrollo (o sucesión). Por ejemplo, la presencia de carreteras cerca de la comunidad, la irregularidad de los bordes entre áreas no quemadas y quemadas y el clima post fuego influyen en las características del proceso de sucesión del ecosistema post disturbio.

La primera consecuencia evidente del fuego es la remoción de la biomasa vegetal, especialmente de tejidos muertos y en algunos casos por la afectación y/o la muerte de individuos vivos (Tabla 4). En



forma inmediata, el fuego cambia el perfil lumínico del ecosistema. La formación de cenizas y tejido quemado, provoca una caída marcada en el coeficiente de reflexión (albedo). Esto lleva a que la superficie del suelo se comporte como un cuerpo negro, lo que resulta en una mayor absorción de la radiación solar durante el día y mayores pérdidas de irradiación nocturnas.

Muchas plantas nativas son capaces de sobrevivir después del fuego o, recubrir el suelo rápidamente por macollaje o rebrote, a partir de las yemas de los rizomas o los estolones. Otras plantas pueden germinar a partir de semillas almacenadas en el suelo o en la planta, o restablecerse en el área por recolonización desde áreas vecinas.

Los fuegos que ocurren muy frecuentemente (sobre la normal frecuencia) en algunos casos pueden favorecer la invasión de malezas y eliminar las especies nativas por acortamiento de su ciclo de vida e inhibición en la producción de semillas. En otros casos puede llevar a la lignificación del sistema (incremento de la cobertura de plantas leñosas).

Intensidades mayores de fuego, por otra parte, pueden facilitar la liberación de semillas rápidamente al suelo lo que podría incrementar el ritmo de germinación. Sin embargo, este ritmo puede verse afectado en forma negativa por una extrema sequía o temperaturas elevadas.

Finalmente se producen consecuencias sobre el suelo, concentrando sus efectos en los primeros centímetros donde existe mayor cantidad de material orgánico que actúa como combustible. Principalmente, los nutrientes orgánicos son los más afectados, el Carbono orgánico del suelo (COS) y el N disminuyen considerablemente producto de que las elevadas temperaturas queman los residuos vegetales y la materia orgánica liberando grandes cantidades de estos elementos en forma de gases a la atmósfera. Si los incendios son muy intensos, las concentraciones de P y K se incrementan dada la acumulación de cenizas en superficie, afectando también al pH y la conductividad eléctrica del suelo.

**Tabla 4** ventajas y desventajas del fuego en los ecosistemas de humedal

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden liberarse semillas y la germinación de algunas especies</li> <li>• Estimular el desarrollo de nuevos tallos, raíces y rizomas de pastos y cyperáceas</li> <li>• Favorece el reciclado de nutrientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de biodiversidad animal</li> <li>• Disrupción de las tramas tróficas</li> <li>• pérdida de semillas como consecuencia de un tiempo inapropiado del fuego</li> <li>• Degradación o pérdida de suelo orgánicos</li> <li>• Incremento de predación de semillas por insectos y aves</li> <li>• Cambios en la composición y estructura de la vegetación</li> <li>• Exposición de raíces y rizomas</li> <li>• Pérdida de vegetación resultando en una disminución del biofiltro de entrada de los flujos superficiales del agua</li> <li>• Mayor erosión del suelo e incremento de la turbidez del agua</li> <li>• Incremento de la invasión de las malezas</li> <li>• Incremento de la temperatura como resultado de la pérdida de la vegetación y sombreado.</li> </ul>

La actividad microbiológica del suelo manifiesta un rápido aumento inmediatamente después de la quema, como resultado del incremento en el pH y el suministro de cationes y fósforo. Lo que favorece durante un corto tiempo a la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, como la materia orgánica disminuye considerablemente así como el sustrato de las poblaciones microbianas, su actividad se reduce. También al momento de la quema mueren muchos microorganismos que favorecen la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de los nutrientes para las plantas afectando la fertilidad edáfica.

En los humedales el efecto del fuego sobre la vegetación y el suelo depende de su patrón de ocurrencia (frecuencia e intensidad), del momento del año en que ocurre y de las condiciones hidrológicas en el mismo. Es decir, el efecto de las quemadas no será el mismo si estas ocurren, por ejemplo, a fines de verano o a fines del invierno. En el primer caso, se esperaría que los fuegos alcancen una mayor intensidad producto de la oferta de combustible, como biomasa acumulada, y la situación de déficit hídrico del suelo. En el segundo caso, en cambio, la condición de saturación de agua de los suelos induciría a que los fuegos afecten principalmente a la biomasa aérea verde y seca; en este caso los rizomas y el almacenaje de carbono y nutrientes del suelo, que en algunos humedales suelen ser significativos, se verían menos afectados.

La fauna silvestre se ve particularmente afectada por los incendios ya sea en forma directa (quema o asfixia) o por destrucción y/o degradación de sus hábitats para nidificación, alimentación o refugio. En el caso de los humedales, hay antecedentes en varias regiones del mundo sobre el impacto del fuego sobre especies de fauna. El efecto del fuego afectará diferencialmente a distintos grupos de animales en función de la época del año. Así, los fuegos en primavera podrían afectar a muchas aves que nidifican en esa estación mientras que las cenizas pueden afectar a los peces al cubrir la superficie de los cuerpos de agua, particularmente si esto se da en la época reproductiva de los mismos. Otro impacto importante es sobre la fauna del suelo, en particular si los fuegos alcanzan una alta intensidad con lo cual se puede llegar a quemar las capas superiores del suelo. En la Argentina, por ejemplo, durante la quema de bañados en la provincia de Corrientes se pudo observar numerosos ejemplares de reptiles y anfibios muertos, en muchos casos no por la quema directa sino por acción del calor. Durante los incendios que tuvieron lugar en 2008 en la región del Delta del Paraná se pudieron constatar ejemplares muertos de distintas especies como lobitos de río y carpinchos. Un caso particular fue la muerte de varios ejemplares de ciervo de los pantanos como consecuencia de la dispersión del fuego desde los pajonales hacia forestaciones comerciales en las cuales estos animales se refugiaban. Este ha sido un hecho particularmente drástico debido al estatus de conservación de esta especie, considerada en peligro de extinción en nuestro país y monumento natural provincial de la Pcia. de Bs As.

En la región del delta las inundaciones y los fuegos son disturbios naturales a los cuales los componentes de los ecosistemas están adaptados. El pastoreo por ganado doméstico, en cambio, constituye un disturbio introducido al sistema desde principios del siglo pasado e intensificado durante las últimas décadas. A pesar de la importancia ecológica y socio-económica que reviste el área, hay carencia significativa de información acerca de los efectos y consecuencias de la intensificación y/o disrupción de estos disturbios.

En términos generales los fuegos provocan una pérdida de la complejidad estructural y funcional de los ecosistemas y en el caso de los humedales fluviales, estos quedan además expuestos a un mayor riesgo de erosión y pueden registrar una disminución sustancial de la calidad del agua. Sin embargo, en sistemas como el delta del Paraná al efecto del fuego se suman el pastoreo y los pulsos de inundación-sequía. En consecuencia, muchas veces resulta difícil adjudicar los efectos evidentes en el paisaje a una única causa.

Lo que no cabe duda es que como consecuencia de prácticas irresponsables relacionadas a disturbios se afectan en forma sustancial la oferta de bienes y servicios ecosistémicos. El fuego practicado según un plan de manejo adecuado a las características ecológicas de cada ecosistema puede actuar favoreciendo la biodiversidad y evitando que se acumule en exceso material combustible en el suelo (pasto seco, turba) que podría producir incendios no controlables.

Sin embargo, el fuego como suma de prácticas individuales, sin una planificación regional (en espacio y tiempo) y sin el conocimiento de la dinámica natural del sistema y de las condiciones climáticas e

hidrológicas imperantes, puede resultar en la pérdida irreversible de los bienes y servicios que el ecosistema provee a la sociedad.

## Enfoque y desarrollo de este trabajo.

### Desarrollo general

Se utilizó un enfoque ecosistémico-paisajístico, que involucra dos escalas de análisis una de paisaje y otra local. Esto implica una mirada integradora de los distintos factores bióticos y abióticos en distintos niveles de organización.

Se analizaron imágenes satelitales ópticas Landsat 5 Thematic Mapper del área durante el período 2008-2009. Se clasificaron 2 escenas (Path/Row: 226/83). La primera (23/11/2008) corresponde a situaciones de quema y la segunda a recuperación (02/05/2009). Estas imágenes fueron clasificadas mediante procedimientos de clasificación no supervisada usando el algoritmo ISODATA. Se obtuvieron mapas de coberturas para ambas fechas.

Se realizaron muestreos de vegetación y suelos a escala de paisaje, tratando de cubrir el espectro de situaciones de quema presentes en la zona. Los muestreos se realizaron en noviembre y en junio en forma consistente con las imágenes utilizadas. En forma simultánea se realizó a escala local una experiencia de medición en parcelas de registro permanentes, localizadas frente al Municipio de Baradero desde septiembre de 2008 hasta la actualidad. En las mismas se analizó la recuperación de una comunidad de juncos luego de la quema con y sin acción del ganado vacuno.

### Análisis a escala local

A escala local se analizó la evolución de una comunidad de juncos, dominado por *Schoenoplectus californicus*, con y sin acción del ganado vacuno luego de la quema. El trabajo se realizó en un campo privado de una isla próxima a la ciudad de Bardero.

Se consideraron los siguientes tratamientos: quemado intenso (QI=con el sustrato y raíces también incinerados), quemado moderado (QM= quemado sólo la biomasa aérea) y no quemado (NQ). Los tratamientos FI y FM se realizaron en una clausura permanente de 80 x 80 m subdividida en compartimientos adyacentes para cada clase, en tanto que para el NQ se construyó un clausura apartada de 40 x 40 m (Figura 13)

En cada una de las áreas correspondientes a los distintos tratamientos, se establecieron cinco parcelas de 0,5x2 m. En cada parcela con una frecuencia aproximada de 30 días se determinó la cobertura de las especies, la broza y el suelo desnudo mediante el método de interceptación puntual, con una aguja cada 10 cm. En este informe sólo se presentan

Se tomaron muestras de suelos de los tratamientos NQ y QI, 8 de cada sitio. En cada uno se extrajeron las muestras en los intervalos de profundidad de: 0-5, 5-10 y 10-25 cm. En los mismos sitios se extrajeron 5 muestras por intervalo con cilindros de 8,2 cm para estimar la densidad aparente



**Figura 13.** Esquema del diseño experimental a escala local. QI: clausura en quemada intenso; QM clausura en quemado moderado; QIP: quemado intenso pastoreado; QMP: quemado moderado pastoreado. NQ: clausura no quemada NQP: área no quemada pastoreada

(Campbell y Henshall, 1991). Las muestras colectadas en el campo fueron secadas en estufa a 105°C durante 72 h las utilizadas para realizar densidad aparente y a 60°C durante 48 h aquellas que se enviaron a hacer análisis químicos.

Las muestras se enviaron para su análisis al laboratorio de CONICET- LANAIS N-15 dependiente de la Universidad Nacional del Sur, donde fueron molidas y tamizadas a 2 mm. El pH del suelo fue determinado por el método potenciométrico, conductividad eléctrica, Carbono Orgánico determinado por combustión seca en un analizador automático de carbono Marca LECO (CARBON DETERMINATOR Modelo CR12), Nitrógeno total por el método semimicro Kjeldahl (Bremner, 1996) y Fósforo Total por espectrometría de emisión por plasma inducido previa digestión húmeda de la muestra con ácidos nítrico/perclórico (Sparks, 1996).

#### Análisis a escala de paisaje

Se realizaron transectas (2 en San Pedro, 2 en Baradero y 1 en Zárate) hacia el interior de las islas y se tomaron datos de vegetación y propiedades del suelo.

En el estudio regional se trazaron transectas que incluyeron áreas con diferentes comunidades vegetales en su mayoría dominadas por Juncos (*Schoenolectus giganteus*) y Piri (*Cyperus giganteus*) y en menor medida Carrizales (*Panicum elephantipes* o canutillo). Los sitios involucraron áreas intensamente quemadas, áreas con incendios de intensidad media y áreas no quemadas (no quemado - $n=5$ -, quema intermedia - $n=7$ - y quema intensa - $n=11$ -).

A lo largo de una transecta, en cada sitio elegido se estimó la intensidad de quema (en noviembre) y, tanto en noviembre como en junio, se estimó el porcentaje de cobertura total y se realizaron además 5 censos en parcelas de 1m<sup>2</sup>. En cada parcela se registró la cobertura total, las especies presentes y el porcentaje de cobertura de cada una de ellas.

A su vez, en cada uno de los sitios se tomaron muestras de suelo de las siguientes profundidades: 0-10 cm; 10-20 cm.; 20-35 cm.; 35-50 cm. Las propiedades analizadas son las mismas que se detallaron en los estudios a escala local. Con el fin de comparar las mismas profundidades entre los tratamientos se tomó a la masa mineral del suelo con un trazador que se conservó más allá del efecto de los incendios, permitiendo corregir la pérdida de volumen del suelo.

## Resultados

### Análisis a escala local.

En esta sección se presentan los resultados correspondientes al seguimiento de la vegetación en parcelas permanentes representativas de áreas de juncal quemados y no quemados y bajo presión y sin presión de pastoreo vacuno. Se desarrolló en la zona de islas frente a Baradero.

En la figura 14 se observan los cambios de cobertura por parte de las especies vegetales, ocurridos a lo largo del tiempo en las sucesivas visitas. Se observa que en las parcelas no quemadas, (NQ) el junco (*S. californicus*) se mantuvo como la especie dominante de la comunidad, mostrando los mayores valores de cobertura con una altura promedio de 2.5m (Figura 14a). Esta especie sin embargo presentó una alta proporción de materia seca en pie, en algunos casos mayor al 50 %, indicando que si bien la parcela no fue quemada es probable que haya percibido el efecto indirecto de los incendios circundantes, en cuanto a su exposición a altas temperaturas. Las especies acompañantes registradas son las lagunillas (*Alternanthera reiniki* y *A. philoxeroides*) y el porotillo (*Vigna luteola*). Estas especies alcanzaron los mayores valores de cobertura en la primera visita y disminuyeron en las siguientes fechas de muestreo. El porcentaje de broza se incrementó a partir del mes enero y permaneció constante hasta Marzo. La comunidad presentó valores de riqueza bajos.

La figura 14b corresponde al análisis de las áreas quemadas en forma intensa no clausuradas, o sea, sometidas a ganadería posteriormente a los incendios (QFC=quemado fuera de clausura). Se observa que el primer muestreo realizado se caracterizó por un alto porcentaje de cobertura de materia orgánica quemada y de suelo desnudo. En las siguientes fechas comenzó a crecer en forma sostenida *S. californicus* junto con *A. reiniki* (presentando un hábito rastrero) y camalotes (*Eichornia* sp.), estas dos últimas con baja cobertura. En el período analizado se incrementa la riqueza específica hasta alcanzar su máximo valor (siete) en la última fecha analizada. En esta fecha es conspicua la presencia de *A. reiniki* aunque con bajos valores de cobertura y el porcentaje de suelo desnudo permanece elevado respecto al valor de cobertura vegetal. La figura 14c, en cambio corresponde a una situación de quema semejante a la anterior pero clausurada (fuera de la acción de ganado vacuno). Aquí se observa en todas las fechas igual que en el caso anterior una alta proporción de suelo desnudo. En el primer muestreo la cantidad de cenizas sobre el suelo fue alta y ya se registró un rebrote importante de *S. californicus* cuya presencia resultó conspicua en todos muestreos. Otras especies, si bien presentes, presentan un bajo valor de cobertura siendo *A. reiniki* la que presenta los mayores valores. La riqueza específica fue baja en esta situación durante el período analizado.

Las mayores diferencias de cobertura en las parcelas quemadas y no quemadas se deberían al efecto del pastoreo en especial sobre *S. californicus* y *A. reiniki* que es una especie forrajera que coloniza exitosamente el suelo luego del fuego.

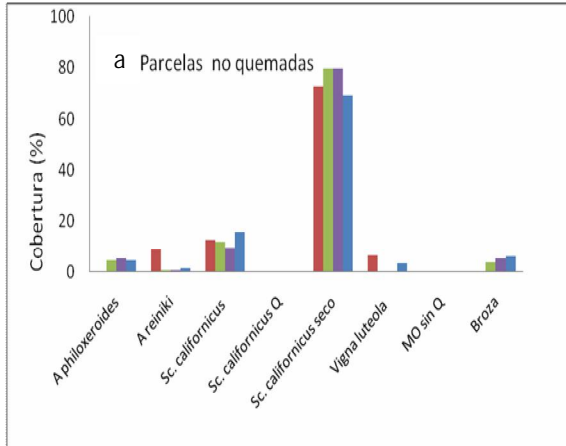
En la figura 14d y 14e se muestran los resultados de los análisis en parcelas moderadamente quemadas (MQ) con y sin influencia de ganado vacuno (MQFC y MQC). A diferencia de los casos anteriores, en las zonas quemadas en forma moderada se registra en general una mayor riqueza de especies. Dentro de la clausura, *S. californicus*, al igual que *A. reiniki*, presentaron una mayor cobertura que en el tratamiento fuera de la clausura. Esta última a su vez, inicia la colonización con hábitos rastreros pero, en las parcelas bajo clausura, adquiere posición erecta en la medida que pasa el tiempo y el junco se desarrolla. La riqueza se incrementa desde 2 en la primera fecha hasta 5 en la última. La materia orgánica quemada disminuye durante el período de estudio en tanto que la broza se incrementa. El porcentaje de suelo desnudo es menor que en el ambiente intensamente quemado para misma fecha.

En todos los tratamientos se observa que *S. californicus* incrementa su cobertura en el lapso de tiempo estudiado, debido a su potente desarrollo vegetativo. Por otra parte, especies acompañantes como *A. reiniki* es una colonizadora eficiente del suelo desnudo post quema, adoptando hábitos rastreros que la llevan a cubrir rápidamente la superficie. Una vez que el junco incrementa su altura, las especies rastreras se tornan erectas para poder competir por la luz. Cabe señalar, que durante el desarrollo de la comunidad que el junco incrementa su cobertura en tanto que disminuye el porcentaje de suelo desnudo y aumenta el de broza.

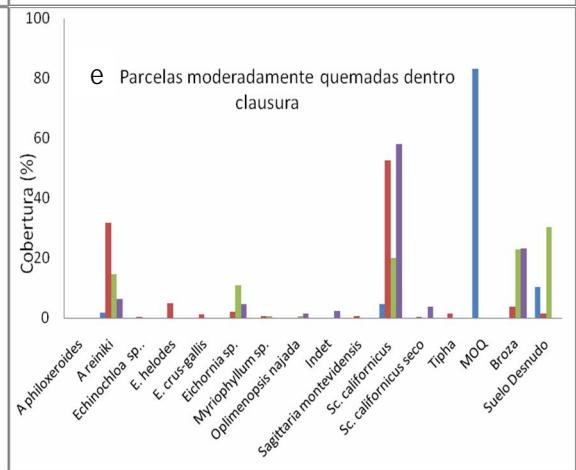
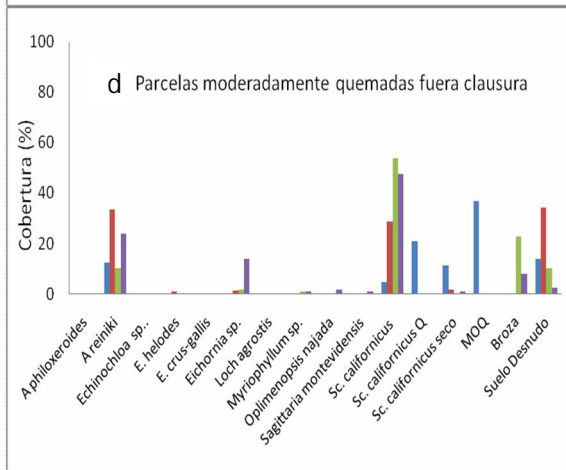
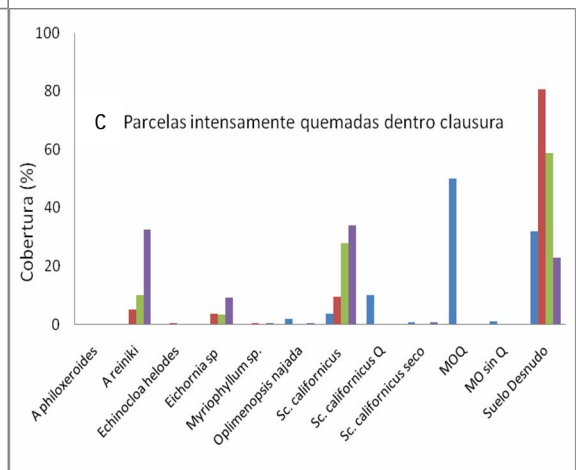
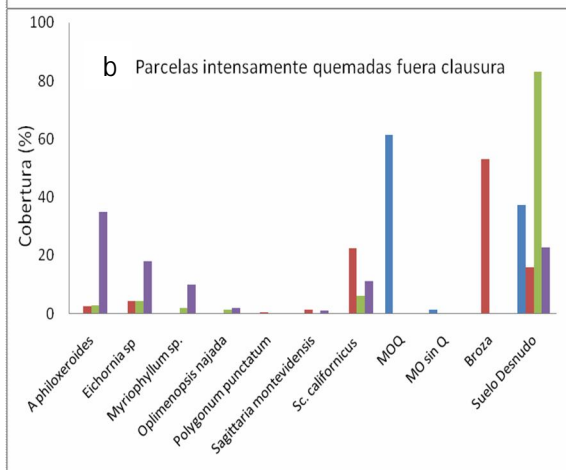
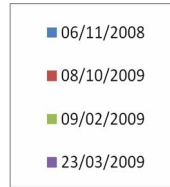
En el caso de los suelos, todas las variables analizadas muestran alteraciones en los ambientes quemados. Las concentraciones de carbono total (Ct) y Nitrógeno total (Nt) disminuyen en profundidad, con reducciones significativas entre las situaciones de quemado y no quemado en los primeros 10 cm de suelo y hasta los 20 cm (Figura 15a y b). En profundidad no existen diferencias significativas entre los tratamientos, marcando un límite del efecto del fuego sobre el suelo.

Si bien no hay diferencias significativas en los valores de pH y conductividad eléctrica, los niveles aumentaron en las situaciones quemadas en los primeros 10 cm de suelo (Figura 15c y d) como consecuencia de la concentración de cenizas en superficie. En el caso del Fósforo extractable, se registró un aumento sustancial en los valores de las porciones superficiales, debido principalmente a la concentración de cenizas en superficie donde las formas del fósforo pasan a ser las de mayor disponibilidad para las plantas.





**Figura14:** Evolución de la cobetura total en los distintos tratamientos . *A. phylloxeroïdes* : *Althermantera phylloxeroïdes* ; *A. reiniki*: *Althermantera reiniki*; MOQ: materia orgánica quemada en pie, MO sin Q: materia orgánica no quemada en pie no identificable a nivel específico



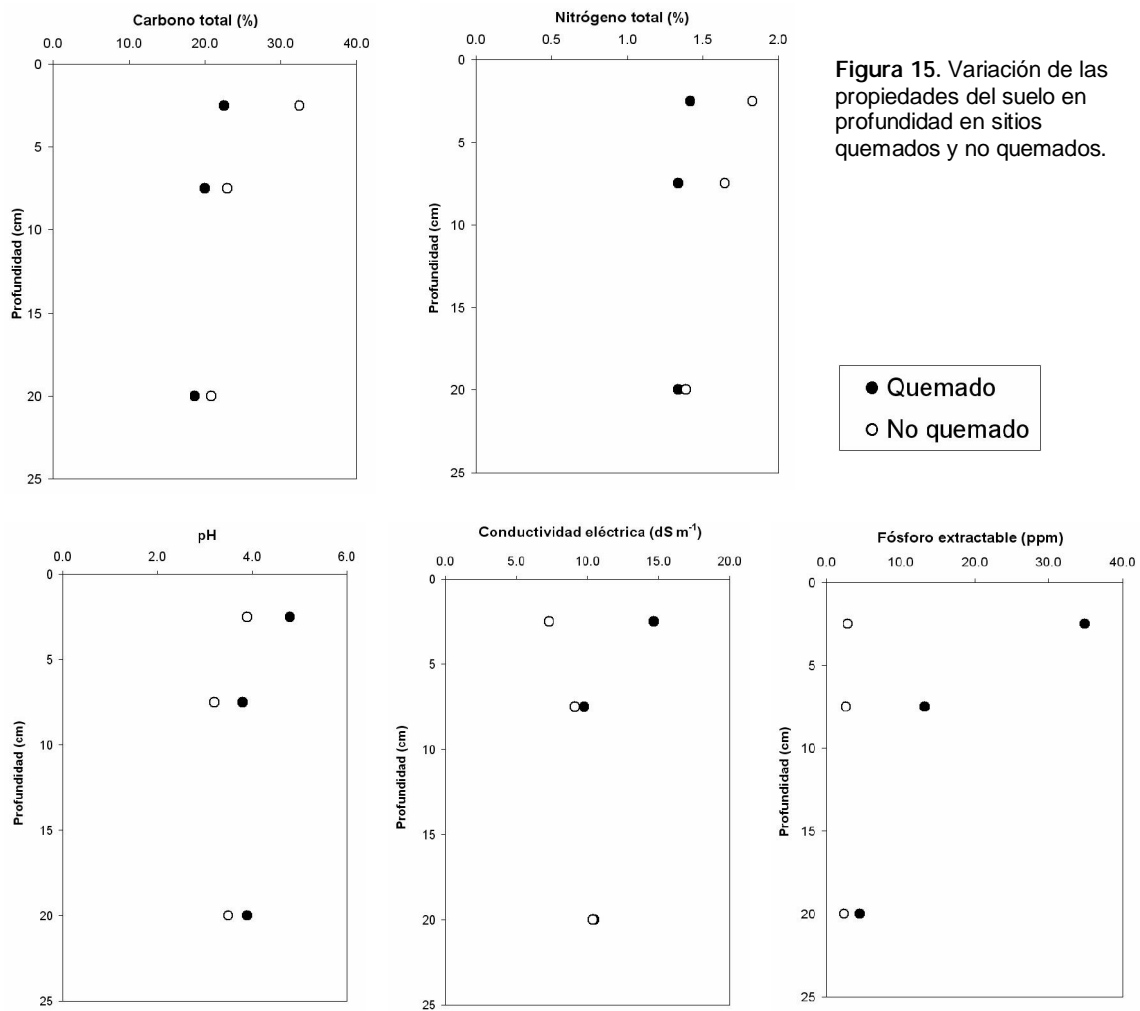


Figura 15. Variación de las propiedades del suelo en profundidad en sitios quemados y no quemados.



### Análisis a escala de paisaje

Durante la recorrida a campo realizada durante noviembre de 2008 a escala de paisaje se registraron y caracterizaron áreas afectadas por los incendios en forma moderada y áreas intensamente quemadas.

Las áreas **no quemadas** correspondieron a albardones a lo largo de los cursos de agua y a algunas zonas endicadas. Fueron excepcionales las áreas de juncal/pirizal que no mostraban efecto de los incendios.

Las áreas quemadas en forma intensa presentaron su biomasa vegetal aérea totalmente incinerada, al igual que la biomasa subterránea presente en las capas más superficiales de suelo. El suelo afectado por el fuego muestra un color pardo brillante en superficie y estructura de pequeñas láminas, producto de partículas de arcillas expuestas a altas temperaturas. En algunos casos se evidencia pérdida de volumen, con un estrato de cenizas en superficie o inundadas. De hecho en algunos casos los rizomas se encontraban carbonizados, suspendidos sobre el suelo. En otros casos, los rizomas quedan en una suerte de pedestales sobre-elevados varios centímetros con respecto al resto del suelo. Dependiendo de la distancia temporal con el/los eventos de incendios y de la posición topográfica dentro de la isla (lo cual determina en parte las condiciones hidrológicas), se observan rebrotes de diferentes alturas de la comunidad vegetal dominante (ver anexo fotográfico).

En las áreas quemadas en forma moderada, se pueden identificar dos situaciones. 1) La biomasa aérea de las plantas adultas fue quemada en la base volteando la vegetación, pero sin afectarla totalmente. En algunos casos algo del mantillo pudo haberse quemado, lo cual se evidencia por la presencia de cenizas en superficie. 2) En el caso de que el suelo se encontrara saturado con agua, la biomasa aérea fue totalmente quemada pero el fuego no afectó al suelo ni a la biomasa subterránea (ver anexo fotográfico).

En el mapa de la figura 16 se observan las clases de coberturas del suelo identificadas mediante la clasificación de la imagen satelital Landsat 5 TM del 23/11/2008. Este mapa resultó consistente con los resultados obtenidos a campo. Del total del área analizada (109.401,3 ha), el 32,27 % no fue afectada directamente por los incendios, correspondiendo a áreas de albardón a lo largo de los cursos de agua y a algunas zonas endicadas (ex Celulosa S. A. y Alto Paraná) (tabla 5). Todo el resto de la superficie corresponde a áreas quemadas parcial o totalmente. Dentro de las primeras se identificaron en el mapa áreas anegadas y no anegadas al momento de la adquisición de la imagen y la visita a campo.

En la tabla 5 se describen las clases temáticas de la figura 16 en términos de la cobertura media por especie, cobertura total y riqueza (número de especies diferentes registradas en el lugar).

Los censos ratifican que los sitios no quemados suelen estar dominados por junco (*S. californicus*) o por pirí (*C. giganteus*). Estas son las especies más conspicuas, de mayor altura y si bien su cobertura media está entre el 21 y 28%, el resto de las especies presentes tienen un menor porte y mucha menor cobertura. Los ambientes quemados en forma



*Alternanthera* spp. Lagunilla

moderada y que se presentaban anegados, mostraron menor cobertura total pero el mayor valor de

riqueza de especies; en cambio, en los sitios donde el sustrato se encontraba seco, la cobertura total resultó algo menor pero representada en forma dominante por la lagunilla (*Alternanthera* spp.). Esta especie se mostró con hábitos rastreros, cubriendo amplias superficies. Los ambientes totalmente quemados presentaron la menor cobertura total.

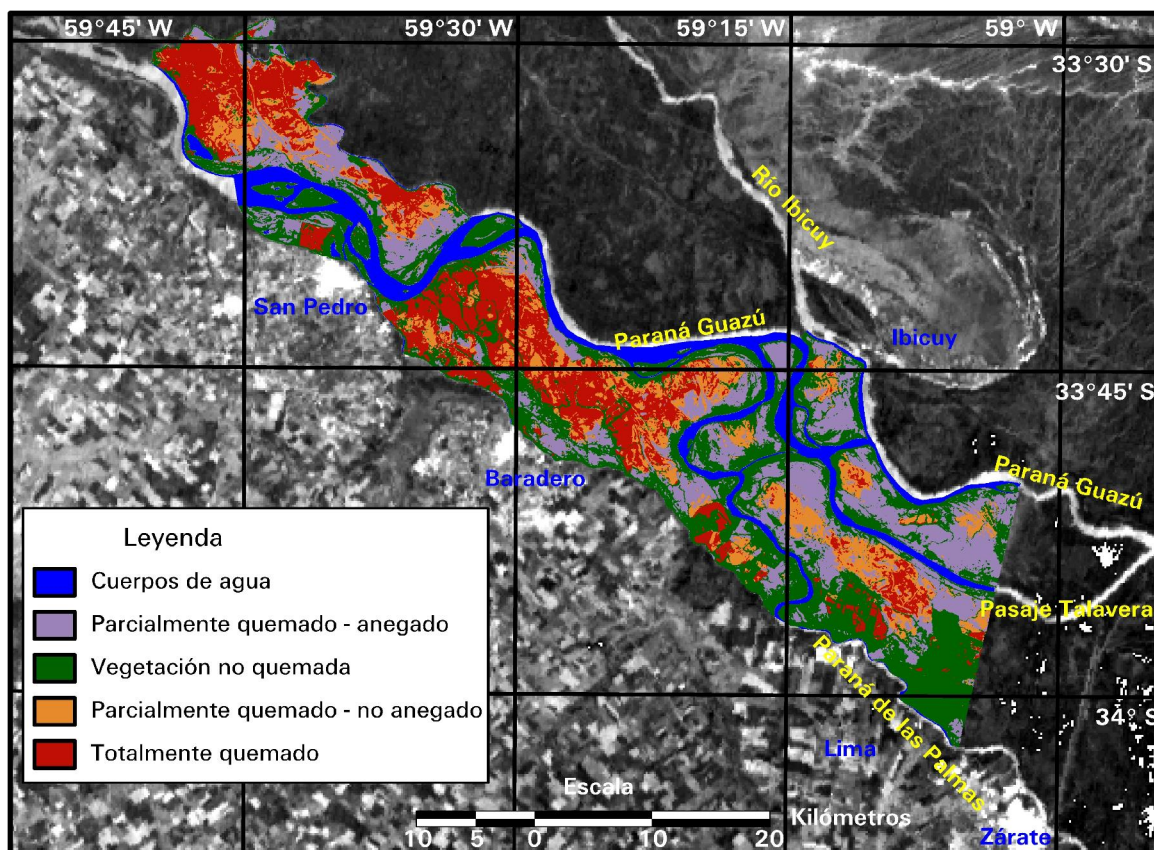


Figura 16. Mapa de la situación ambiental del área de estudio al 23/11/2008.

Tabla 5: Superficie encontrada con distintas intensidades de quema y condiciones hidrológicas.

	Hectáreas	%
Cuerpos de agua	13072.14	11.95
Vegetación no quemada	35300.97	32.27
Parcialmente quemado – anegado	23802.75	21.76
Parcialmente quemado – no anegado	14792.04	13.52
Totalmente quemado	22433.4	20.51
TOTAL	109401.3	100

Tabla 6: Cobertura media de las especies por cada clase de quema en el mapa de la Figura 14. Se señala la cobertura total y la riqueza en cada situación.

Especie	No quemado	Quemado moderado / anegado	Quemado moderado / no anegado	Totalmente quemado
<i>Cyperus giganteus</i> Vahl (Pirí)	28.10	10.38		1.98
<i>Schoenoplectus californicus</i> (CA Meyer) Sojád (Junco)	21.20	3.11	1.50	0.73
<i>Polygonum hispidum</i> Kunt	7.85	1.29		0.28
<i>Alternanthera spp.</i> (1)(Lagunilla)	5.30	5.94	24.00	2.48
<i>Echinocloa helodes</i> (Hackel) Parodi	0.25	3.81		0.15
<i>Cissus palmata</i> (L.) Nicolson et C:E: Jarves (uva del diablo)	0.10	0.05		
<i>Polygonum meissnerianum</i> Cham & Schldt.	0.05	0.08		
<i>Myrcia micrantha</i> Kunt (guaco, bejuco)	0.10	0.06		
<i>Polygonum hidropiperoides</i> Mitch		0.01		
<i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth (Porotillo)	5.90	0.16		
<i>Pontederia cordata</i> L.	0.10			
<i>Senecio bonariensis</i> Hook. & Arn. (Margarita del bañado o de los campos)	0.001			
<i>Polygonum stelligerum</i> Cham. (Catay amargo)	0.10	0.04		
<i>Zizaniopsis bonariensis</i> (Balansa et Poitr.) Speg. (Espadaña)		0.05	0.20	0.03
<i>Echinodorus grandiflorus</i> (Cham.&Schldt.) Micheli (Cucharero)		0.03		
<i>Carex</i> sp. L.		0.08		
<i>Panicum grumosum</i> Ness (Paja mansa)		0.25		
<i>Mimosa vellosiella</i> Herter.		0.01		
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam. (redondita de agua, paraguaita)		0.03		
<i>Tripogandra elongata</i> (G. F. W. Mey.) Wood. (Santa Rosa)	0.10			
<i>Tradescantia anagallidea</i> Seub. (Estrellita)	3.75	0.94		
<i>Laborosa integrifolia</i> Lam. (Flor de sapo)				0.08
<b>Cobertura total</b>	<b>76.25</b>	<b>31.13</b>	<b>26.75</b>	<b>5.50</b>
<b>Riqueza específica</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
(1) <i>Involucra A. philoxeroides</i> y <i>A. reinniki</i>				

Durante la recorrida a campo realizada durante mayo de 2009 a escala de paisaje se visitaron los mismos sitios que en noviembre de 2008.

En términos generales, desde el punto de vista de la vegetación, se observó una recuperación de la cobertura vegetal, con mayor o menor vigor, en más del 96% del área afectada por los incendios (Figura 17).

La tabla 7 muestra que casi el 25% del área de estudio presentó juncuales densos, y casi el 30% juncuales abiertos. El 3% del área presentó suelo desnudo, mientras que el área correspondiente a cuerpos de agua abiertos se mantuvo casi constantes (de 11.95% en noviembre de 2008 a 12.27% en mayo).

En la tabla 8 se describen las clases temáticas de la figura 17 relevadas a campo, en términos de la cobertura media por especie, cobertura total y riqueza (número de especies diferentes registradas en el lugar). De esta tabla surge que los valores de cobertura de los juncuales y pirzales alcanzan los valores semejantes a los estimados en los sitios no afectados por los incendios en la visita al campo durante el mes de noviembre (Tabla 5). Vale la pena recordar que tanto el junco (*Schoenoplectus californicus*) como el pirí (*Cyperus giganteus*) son las especies dominantes de estas comunidades, en forma individual o a veces conjunta. Sin embargo, lo que se destaca en la tabla 6 es el aumento significativo del número de especies presentes o riqueza específica, registrando 30 especies en los juncuales más desarrollados o densos y 20 en los de menor desarrollo.

A pesar de la resiliencia, el fuego modifica las relaciones entre especies y cambios en la dominancia de especies como consecuencia de respuestas específicas (Suding, 2001; Laterra et al., 2003). En general se ha observado que en los estadios tempranos de la sucesión post-fuego tanto la diversidad como el incremento de la biomasa incrementan en tanto que en estadios posteriores, la diversidad disminuye. Se podría decir que en la primer etapa hay baja competencia por recursos, en la segunda se incrementa siendo la competencia progresivamente más importante.

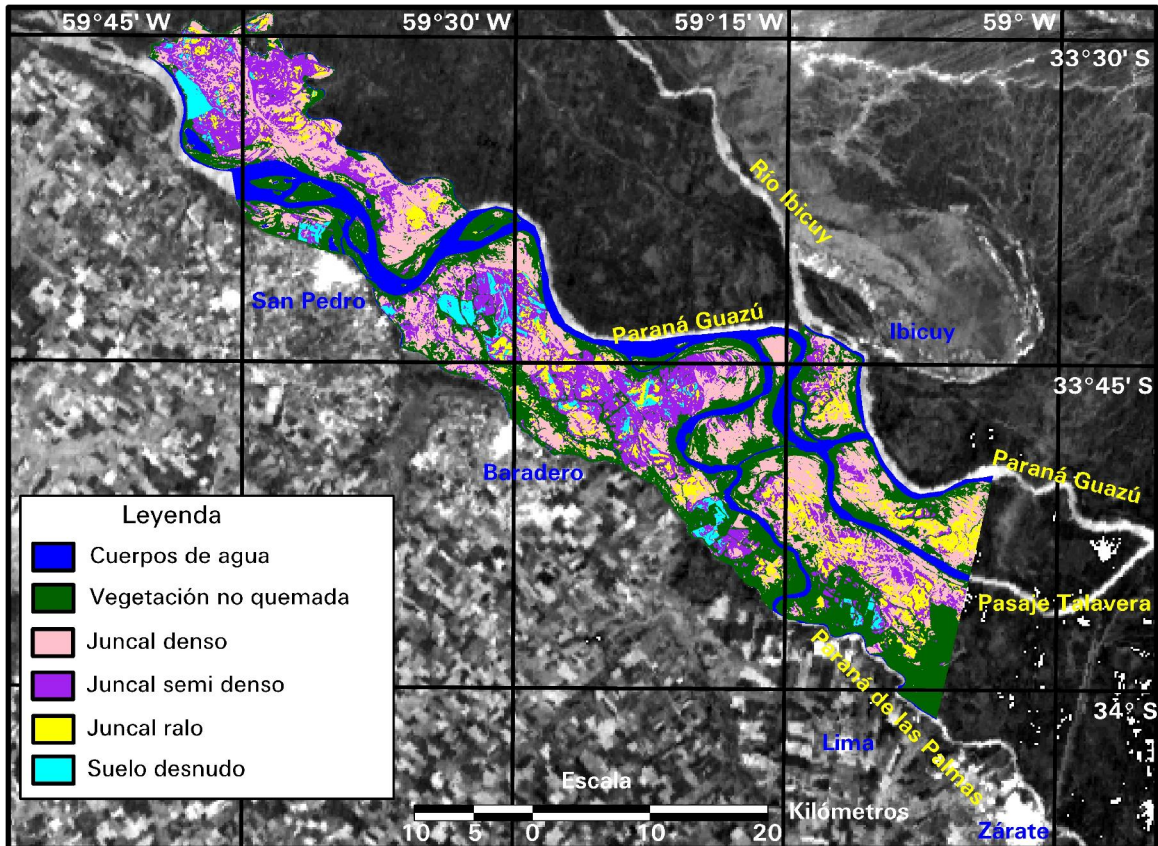


Figura 17. Mapa de la situación ambiental del área de estudio al 02/05/2009.

Tabla 7: Superficie encontrada con distintas coberturas.

	Hectáreas	%
Cuerpos de agua	13425.39	12.27
Vegetación no quemada	35300.97	32.27
Juncal denso	27065.79	24.74
Juncal semi-denso	21681.72	19.82
Juncal ralo	8577.63	7.84
Suelo desnudo	3349.8	3.06
<b>TOTAL</b>	<b>109401.3</b>	<b>100</b>

**Tabla 8:** resumen de la cobertura mediana por especie por clase de vegetación

Especie	Juncal/pirizal desarrollado	Juncal/pirizal semi desarrollado
<i>Schoenoplectus callifornicus</i> (CA Meyer) Sojád (Junco)	28,36	12,87
<i>Cyperus giganteus</i> Vahl (Pirí)	20,04	1,00
<i>Alternanthera spp.</i> (1) (Lagunilla)	0,42	0,03
<i>Myrcia micrantha</i> Kunt (guaco, bejuco)	0,00*	
<i>Aeschynomene montevidensis</i> Vogel	0,00*	
<i>Panicum grumosum</i> Ness (Paja mansa)	7,83	
<i>Polygonum stelligerum</i> Cham. (Catay amargo)	0,06	
<i>Polygonum hispidum</i> Kunt	0,64	1,50
<i>Carex sp L.</i>	0,00*	
<i>Polygonum punctatum</i> Elliot	0,10	7,67
<i>Pontederia cordata L.</i>	0,01	
<i>Cissus palmata</i> (L.) Nicolson et C:E: Jarves (uva del diablo)	0,04	
<i>Typha sp L.</i> (Totora)	0,76	
<i>Aspilia siphoides</i> (Hook. & Arn.) Benth.	0,07	
<i>Sesbania punicea</i> (Cav.) Benth (Seibillo, Acacia mansa)	0,00*	
<i>Scirpus giganteus</i> Kunth (Paja brava, Cortadera)		1,83
<i>Azolla filiculoides</i> Lam (Helechito de agua)		0,03
<i>Gramineas varias</i>	24,81	
<b>Cobertura Total</b>	<b>76,375</b>	<b>31,9</b>
<b>Riqueza específica (2)</b>	<b>30</b>	<b>20</b>
<b>Altura media junco/pirí</b>	<b>1,8 metros</b>	<b>1,5 metros</b>
<i>(1) Involucra A. philoxeroides y A. reinniki. (2) se incluyen especies que se encontraron presentes en muy baja cobertura. * &lt;0,001</i>		

**Tabla 9:** Porcentaje de cada intensidad de quema que se convirtió en cada tipo de cobertura encontrada en el relevamiento realizado en junio 2009.

	Cuerpos de agua	Suelo desnudo	Juncal/Pirizal ralo	Juncal/Pirizal semi-denso	Juncal/Pirizal denso	TOTAL
Parcialmente quemado – anegado	2,48	0,20	16,45	14,63	66,24	100
Parcialmente quemado – no anegado	0,02	1,67	16,72	41,08	40,51	100
Totalmente quemado	0,02	13,61	9,52	53,94	22,91	100

En la tabla 9 puede observarse, entonces, que las coberturas encontradas en el relevamiento de junio de 2009 están relacionadas con la intensidad de quema registrada en el relevamiento de noviembre de 2008. Se observa que en la mayor parte del área que se quemó totalmente, el juncal se desarrolló sólo parcialmente (juncal semi-denso), mientras que en los casos en que la quema no fue tan severa los juncales alcanzaron un mayor desarrollo.

Es interesante en este punto, analizar cuál fue la respuesta o recuperación de las zonas con distinta intensidad de quema. Para esto, se realizó una combinación de los mapas mostrados en las figuras 16 y 17, y se registro la cantidad de hectáreas (y el porcentaje correspondiente) de cada intensidad de quema que luego de pasado el verano, se convirtió a cada una de las clases de recuperación encontradas en el relevamiento de junio (tabla 9).

Al mismo tiempo se observa a partir del análisis de las imágenes satelitales que las áreas que se encontraron con el sustrato seco, aunque sufrieron una intensidad parcial de quema, presentaron una recuperación variable de la vegetación en junio de 2009, 41.08% de la superficie densidad de juncal

media y 40.51% densidad alta. En cambio, en aquellas áreas donde la intensidad de la quema fue parcial, pero su sustrato se encontró anegado o saturado, la mayor parte del área se convirtió en un juncal denso (66.24%). Dado que los días previos al relevamiento de noviembre de 2008 se había producido una sudestada, es correcto asumir que las áreas que en dicho momento se encontraban anegadas son aquellas que en términos generales tienen una mejor provisión de agua desde los cursos de agua aledaños, lo que en una época de tan pocas precipitaciones como el período estudiado para este informe, es la mayor fuente del recurso agua.

Esto se debería a que la exposición a incendios intensos y con el sustrato seco (no saturado con agua) lleva a una importante quema de los rizomas, que son responsables del crecimiento y expansión vegetativa de los juncales y pirizales y garantizan su rápida recuperación luego de un disturbio como estos. En las visitas al campo se observó que estos órganos, quedaron expuestos y en muchos casos calcinados por el fuego, dejando grandes manchones del área sin elementos vegetales que pudieran comenzar con la recuperación de la vegetación. En las zonas donde se evidenciaron quemaduras de intensidades intermedias, los rizomas habrían mantenido al menos parcialmente su integridad estructural y funcional, facilitando la recuperación de la comunidad.

De forma consistente con las estimaciones realizadas en la escala local en las clausuras, los diferentes parámetros de los suelos en juncales/pirizales evidencian cambios derivados de los incendios ocurridos. En general esos cambios resultan significativos en la porción superficial del suelo, en tanto que en profundidad el efecto de los incendios disminuye. La tabla 10 muestra los valores estimados para los parámetros medidos.

Las concentraciones de carbono total (Ct) disminuyen en profundidad, con diferencias significativas entre las situaciones de quemado y no quemado en los primeros 10 cm de suelo, donde el sustrato es orgánico con alto grado de mantillo y raíces. En este sentido se estimó un 66 % de pérdida de Ct en la quema intensa respecto al no quemado (Figura 18). En profundidad no existen diferencias significativas entre las condiciones de quema aunque entre los 10 y 20 cm de suelo el carbono de las zonas quemadas es menor que aquellas no quemadas (Figura 19).

Los niveles de nitrógeno total (Nt) disminuyen en superficie como efecto de las diferentes intensidades de quema (Figura 20), al igual que en el carbono el efecto de la quema es mayor en los primeros 10 cm de suelo y disminuye en profundidad hasta los 20 cm (Figura 21).

Los valores de pH y conductividad eléctrica no mostraron diferencias significativas entre las diversas situaciones analizadas (Tabla 10). Sin embargo, en ambas variables los niveles aumentaron en las situaciones quemadas en los primeros 10 cm de suelo (Figura 22).

En cuanto a la densidad aparente del suelo (Figura 23), no se observan diferencias significativas hasta los 15 cm (donde si se observan diferencias para C y N) entre los sitios con quemaduras intensas y aquellos que no se quemaron. Sin embargo, la densidad aparente del mantillo/broza de los sitios no quemados es mucho más baja que la del suelo por ser residuos orgánicos, presentando un espesor medio de 27cm. Esta porción fue consumida por el fuego en la mayor parte del área.

Tabla 10. Niveles (medias  $\pm$  error est. de las medias) de los diferentes parámetros medidos a diferentes profundidades de suelos en juncales/pirizales con diferentes intensidades de quema.

	Profundidad	Ct	Nt	P	pH	CE
	cm	%		ppm		dS/m
<b><u>No quemado</u></b>	0 a 10	29,10 $\pm$ 5,24 <sup>a</sup>	1,74 $\pm$ 0,31a	39,47 $\pm$ 5,48a	4,90 $\pm$ 0,04a	1,28 $\pm$ 0,11a
	10 a 20	26,53 $\pm$ 6,26a	1,56 $\pm$ 0,32a	25,02 $\pm$ 9,38a	4,60 $\pm$ 0,21a	1,50 $\pm$ 0,32a
	20 a 40	11,32 $\pm$ 3,12a	0,89 $\pm$ 0,21a	5,27 $\pm$ 0,23a	4,50 $\pm$ 0,06a	1,80 $\pm$ 0,41a
<b><u>Quema Intermedia</u></b>	0 a 10	18,39 $\pm$ 3,87ab	1,26 $\pm$ 0,20ab	37,4 $\pm$ 10,85a	5,10 $\pm$ 0,21a	1,34 $\pm$ 0,24a
	10 a 20	16,46 $\pm$ 3,35a	1,17 $\pm$ 0,19a	19,81 $\pm$ 5,92a	4,87 $\pm$ 0,10a	1,71 $\pm$ 0,20a
	20 a 40	10,99 $\pm$ 2,71a	0,84 $\pm$ 0,15a	5,68 $\pm$ 1,91a	4,86 $\pm$ 0,18a	1,41 $\pm$ 0,27a
<b><u>Quema intensa</u></b>	0 a 10	9,86 $\pm$ 1,95b	0,80 $\pm$ 0,13b	20,43 $\pm$ 4,57 a	5,53 $\pm$ 0,18a	2,20 $\pm$ 0,41a
	10 a 20	16,87 $\pm$ 2,07a	1,09 $\pm$ 0,09a	30,46 $\pm$ 5,27a	4,81 $\pm$ 0,15a	2,46 $\pm$ 0,29a
	20 a 40	9,11 $\pm$ 1,64a	0,70 $\pm$ 0,10a	7,47 $\pm$ 1,66a	4,58 $\pm$ 0,20a	1,95 $\pm$ 0,17a

Medias en la columna seguidas de letra(s) iguales indican la no significancia estadística entre intensidades de quema (LSD,  $p < 0.05$ ).

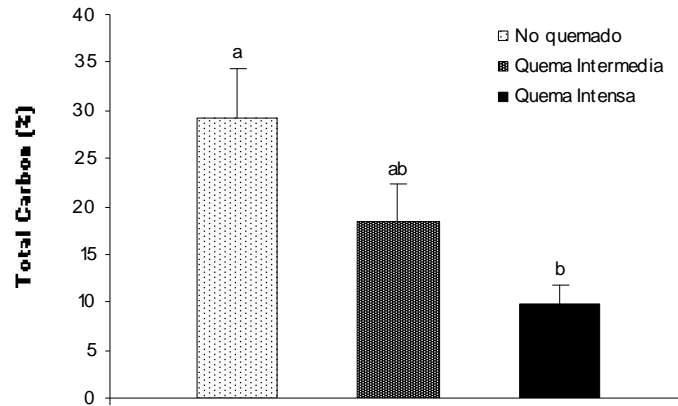


Figura 18. Efecto de los incendios sobre la concentración de Carbono total en los primeros 10 cm de suelo (NQ -n= 5-, QIm. -n= 7- y QIt. -n= 11-). Letras distintas indican diferencias significativas (LSD,  $p \leq 0.05$ ).

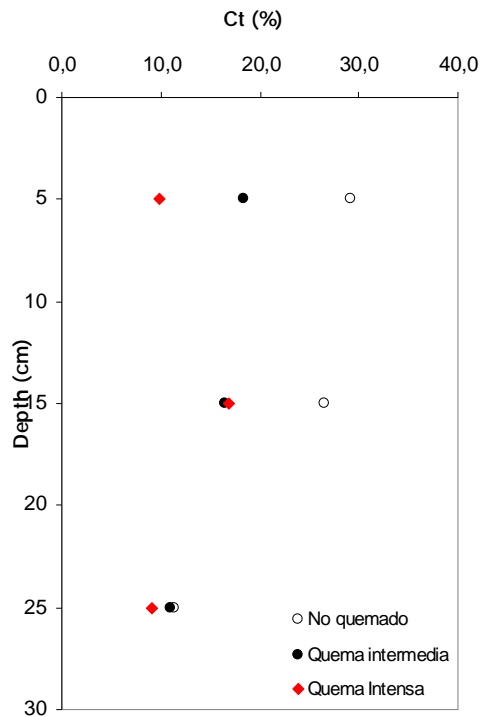


Figura 19. Variaciones en profundidad de Carbono total del suelo para las tres intensidades de incendios.



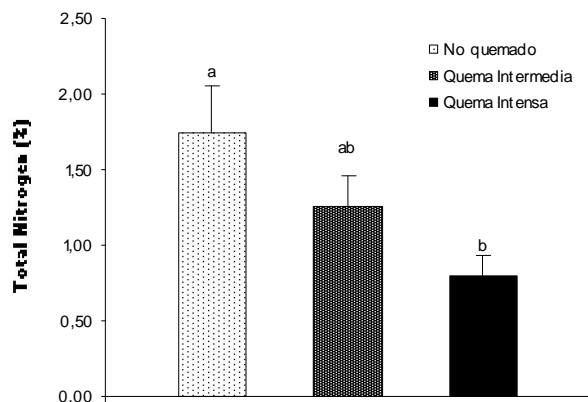


Figura 20. Efecto de las intensidades de incendios sobre la concentración de Nitrógeno total en los primeros 10 cm de suelo (NQ -n= 5-, QIm. -n= 7- y QIt. -n= 11-), letras diferentes indican diferencias significativas (LSD,  $p \leq 0.05$ ).

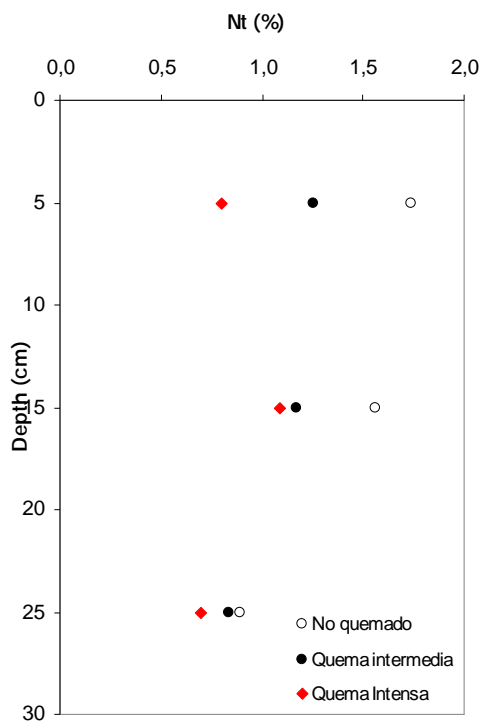


Figura 21. Variaciones en profundidad de Nt del suelo para los tres niveles de incendios.

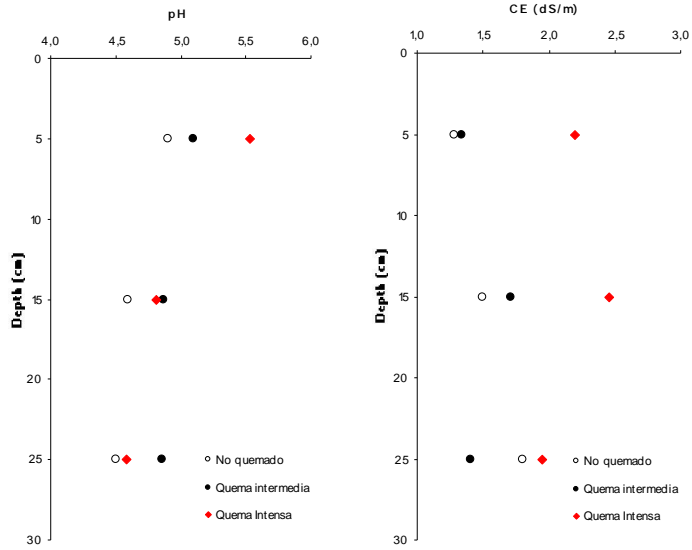


Figura 22. Variaciones en profundidad del pH y la conductividad eléctrica (CE) del suelo para los tres niveles de incendio.

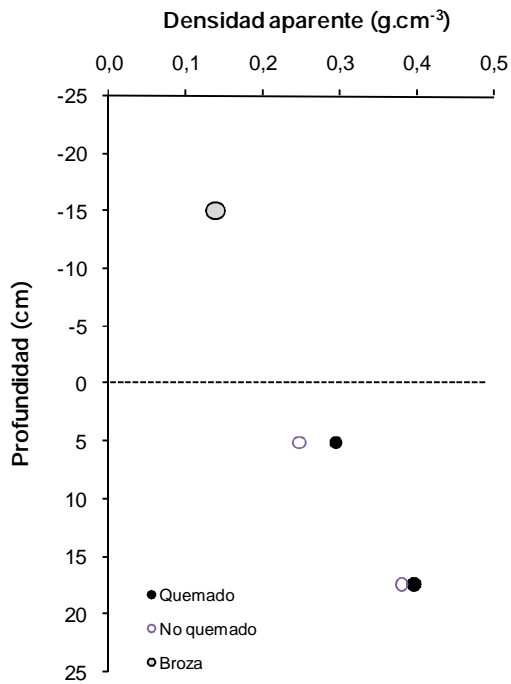


Figura 23. Densidad aparente.

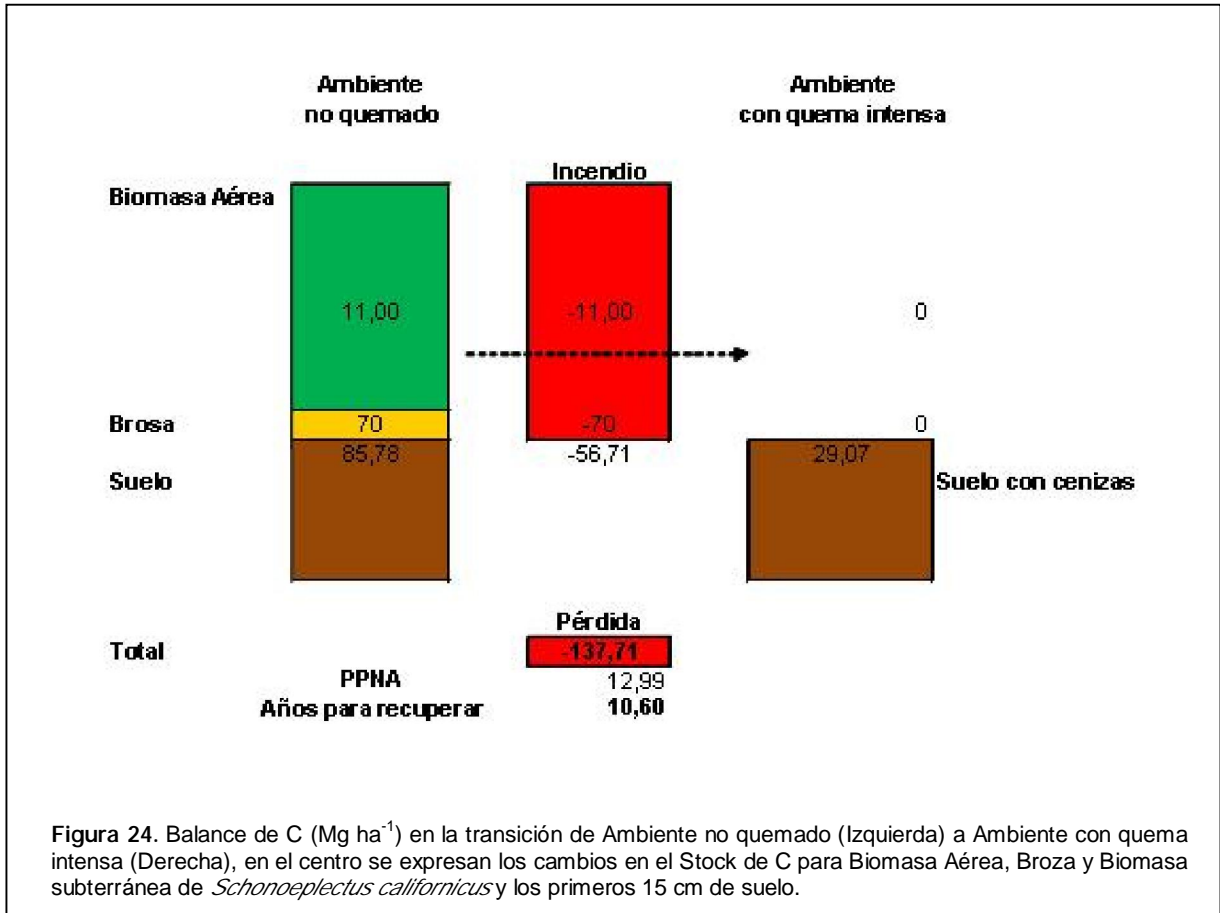


Figura 24. Balance de C ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) en la transición de Ambiente no quemado (Izquierda) a Ambiente con quema intensa (Derecha), en el centro se expresan los cambios en el Stock de C para Biomasa Aérea, Broza y Biomasa subterránea de *Schonoeplectus californicus* y los primeros 15 cm de suelo.

## Consideraciones finales

Los incendios constituyen un disturbio en las comunidades de juncal (*Schoenoplectus californicus*) y de pirizal (*Cyperus giganteus*). El carácter de disturbio se debe a que estos son fenómenos que extraen biomasa del ecosistema mediante la destrucción de los tejidos. Si bien las quemaduras constituyen un elemento que el hombre ha usado históricamente para el manejo de estos ambientes, los incendios probablemente, no son un fenómeno ajeno a la dinámica natural de estos ecosistemas. Esto se debe dos atributos estrechamente vinculados: a las características morfológicas y fisiológicas de las plantas dominantes y a la estructura y dinámica de las comunidades. Estas presentan una abundante biomasa seca en pie, que constituye una oferta de material combustible fácilmente inflamable.

Frente al incendio, las comunidades de juncal y pirizal presentan una marcada resiliencia. Desde el punto de vista de la ecología se interpreta como una gran capacidad para recuperar en forma relativamente rápida la biomasa fotosintética perdida. Esto se debería a la eficiente reproducción vegetativa que presentan estas plantas y que se evidencia en los resultados presentados.

En este marco consideramos que, no es el incendio en si mismo un factor de riesgo para estos ecosistemas sino la forma discrecional en que el hombre puede usar este disturbio como herramienta de manejo. La multiplicidad de focos en un corto período de tiempo, en el contexto de una sequía como la que se estableció durante el año 2008, resultó en incendios que por su masividad y falta de control, ponen en riesgo a los pobladores y según los resultados de nuestro trabajo, aumentan en forma importante la vulnerabilidad de estos ecosistemas y ponen en riesgo su recuperación.

En la zona estudiada de las islas del Delta del Paraná, el fuego afectó en forma significativa las capas superficiales de los suelos; las cuales se caracterizan por su elevado contenido de materia orgánica y por estar en contacto con gran cantidad de estructuras vegetales de escaso grado de descomposición. Los incendios en condiciones de seca, generan pérdida de Carbono y Nitrógeno de los suelos, dado que emiten grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera. Se estimó que volver a almacenar el dióxido emitido por los incendios, dada la productividad de los juncales en estos sitios, demora aproximadamente unos 11 años, si no hay alteraciones. A su vez, los cambios en pH y conductividad eléctrica del suelo también se corresponden a las alteraciones producidas por incendios intensos, generando cambios importantes por ejemplo, la invasión potencial de especies exóticas. En estas condiciones, las capas superficiales quedan reducidas a cenizas y el suelo queda expuesto al riesgo de erosión de las capas superficiales por lluvias y crecientes fluviales o repuntes mareales.

Dado que se trata de un humedal, esto no solo afecta a las condiciones edáficas sino también puede inducir en forma inmediata a un deterioro de la calidad del agua circundante, por ejemplo por el incremento en la entrada de sólidos. Esto último no fue estudiado para este informe y sería útil abordarlo en el futuro.

Por otra parte, los sitios, que en noviembre-2008 mostraban evidencias de una “quema intensa”, presentaron en la visita de mayo-2009 una menor recuperación con respecto a los sitios que presentaban una “quema moderada”; probablemente por el mayor deterioro en los tejidos responsables de la reproducción vegetativa. Los sitios quemados donde se registraron mejores condiciones de oferta hídrica presentaron mejor recuperación de la vegetación en la segunda visita.

El ganado introducido en forma inmediatamente posterior a las quemaduras, dificultaría la recuperación de la vegetación y además, debido al pisoteo de cenizas, aumentaría la vulnerabilidad del sistema.

Cabe destacar que la pérdida de cobertura de los juncales y pirizales implica que, hasta su recuperación, se produzca una disminución de la rugosidad del sistema frente a las inundaciones. En

consecuencia se pierde, al menos en forma temporaria, una de las principales funciones de impacto regional de los humedales, que es la regulación hidrológica a través de su capacidad de amortiguación de excedentes hídricos durante los eventos de inundaciones.

La pérdida de cobertura vegetal involucra la pérdida temporal o permanente, y el deterioro de los hábitats para la fauna silvestre y peces, que suele en muchos casos ser soporte de economías familiares locales y actividad recreativa. Esta problemática debería profundizarse en trabajos futuros

En este marco, queremos mencionar la marcada proliferación de emprendimientos de endicamiento en las áreas estudiadas. Si los fuegos llevan a una pérdida temporal o parcial de las funciones ecológicas de los humedales, los diques determinan un cambio irreversible del humedal hacia una modalidad terrestre. O sea se pierde superficie de humedal y por ende se pierden los bienes y servicios que estos ecosistemas proporcionan a la sociedad y que son exclusivos de estos ecosistemas. Cabe entonces, convocar a los municipios y organismos de decisión a reflexionar acerca del concepto vertido en este informe sobre las funciones ecosistémicas y los beneficios en que se traducen (como bienes y servicios) su cuidado y conservación.

En ese sentido, es importante también llamar la atención sobre la aplicación del concepto de impactos acumulativos tanto para los incendios como para los endicamientos. Este concepto pone de manifiesto la pérdida de significado que pueden tener las evaluaciones de impacto ambiental puntuales y/o aisladas de un ordenamiento territorial en el marco de una planificación regional.

Para finalizar, queremos destacar que el presente informe abordó, en un lapso acotado de tiempo, algunos aspectos de las consecuencias de las quemas sobre los ecosistemas de juncales y pirizales del delta y los autores se toman la licencia de alertar sobre otros. Debido a esto, no consideramos a los resultados obtenidos como concluyentes, sino como exploratorios y que abren puertas a nuevas problemáticas a ser estudiadas. Es decir, los mismos brindan un primer panorama e información objetiva de los efectos que tienen las quemas sobre estos ecosistemas. Estudios en tiempos más prolongados, en áreas más extensas e involucrando otras comunidades vegetales serían útiles para validar las hipótesis que surgen de estos primeros trabajos.

## **Bibliografía citada**

- Baigún C.R.M., P.G. Minotti, A. Puig, P. Kandus, R. Quintana, R. Vicari, R. Bo, N.O. Oldani y J. Nestler. 2008. Resource use in the parana river delta (Argentina): Moving away from an ecohydrological approach? *Ecohidrology and Hydrobiology*. 8 (2-4): 77-94.
- Bonfils, C. 1962. Los suelos del Delta del Río Paraná. Factores generadores, clasificación y uso. *Revista Investigación Agrícola INTA* 16:257-270.
- Brinson M. y A.I. Malvárez. 2002. Temperate freshwater wetlands: types, status, and threats. *Environmental Conservation* 29 (2): 115-133.
- Carpenter S.R., H.A. Mooney, J. Agard, D. Capistrano, R.S. DeFries, S. Díaz, T. Dietz, A.K. Duraiappah, A. Oteng-Yeboah, H.M. Pereira, C. Perrings, W.V. Reid, J. Sarukhan, R.J. Scholes, y A. Whyte. 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment *PNAS* \_ vol. 106 (5): 1305-1312.
- Cavallotto J.L., F. Colombo y R.A. Violante. 2002. Evolución reciente de la llanura costera de Entre Ríos. *Actas del XV Congreso Geológico Argentino*. El Calafate, Argentina. Pp. 500-505.
- Constanza R., R. Darge., R. De Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton, y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital *Nature* Vol 387.
- de Groot, R.S. 1992. *Functions of Nature: Evaluation of nature in environmental planning, Management and Decision. Making*. Groningen: Wolters-Noordhoff. 315 pp.
- Iriondo M. y E. Scotta. 1979. The Evolution of the Paraná River Delta. *Proceedings of the 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary*. Sao Paulo, Brasil. Pp. 405-418.
- Järvelä, J. 2002. Flow resistance of flexible and stiff vegetation: a flume study with natural plants *Journal of Hydrology* 269 (2002) 44-54.
- Jones T.A. y J.M.R. Hughes. 1993. Wetland inventories and wetland loss studies: a European perspective. pp. 164-170. In: Moser, M., Prentice, R. C. & van Vessem, J. (eds), *Waterfowl and Wetland Conservation in the 1990s*. IWRB Special Publication No. 26 IWRB, Slimbridge, UK.
- Kandus, P. 1997. Análisis de patrones de vegetación a escala regional en el Bajo Delta del Río Paraná (Argentina). Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Kandus, P., A.I. Malvárez y N. Madanes. 2003. Study on the herbaceous plant communities in the Lower Delta islands of the Paraná River (Argentina). *Darwiniana*, 41(1-4): 1-16. Argentina. ISSN: 0011-6793.
- Kandus P., R. D. Quintana y R. Bó. 2006. "Patrones de paisaje y ambientes del Bajo Delta del Río Paraná. Mapa de Ambientes". 44 pp.
- Violante R.A., Cavallotto, J.L. y P. Kandus. 2008. Río de la Plata y Delta del Paraná. En: *Sitios de Interés Geológico de la República Argentina*, Servicio Geológico Minero Argentino, Tomo II: 461-475.
- Kandus P., P. Minotti y A. I. Malvárez. 2008. Distribution of wetlands in Argentina estimated from soil charts. *Acta Scientiarum*, 30 (4): 403-409. Brasil, ISSN 1415-6814.
- Kandus P., M. Salvia, F. Grings, J. Alvarez y H. Karszenbaum. 2008. Evaluación de zonas quemadas en el Delta del Río Paraná. Informe Técnico. CONAE.
- Kandus P. y A. I. Malvárez. 2002. Las Islas del Bajo Delta del Río Paraná. Una perspectiva desde la ecología. En: *El Río de la Plata como territorio*. Compilador: Arq.J. M. Bortagaray. ISBN: 950-29-0666-7. Ediciones infinito. Pp:77-94.
- Laterra P. 2003. Desde el Paspaleto: bases ecológicas para el manejo de pajonales húmedos con quemadas prescritas. Cap. 9, pp. 93-107. En: Kunst CR, Bravo S, Panigatti JL. (Ed.). *Fuego en los Ecosistemas Argentinos*. Ediciones INTA. Santiago del Estero. 332 pp.
- Laterra P., Vignolo, O. Hidalgo, O.N. Fernandez, M.A. Cauhepé y N.O. Maceira. 1998. Dinámica de pajonales de paja colorada (*Paspalum* spp.) manejados con fuego y pastoreo en la Pampa Deprimida Argentina. *Ecotrópicos* 11:41-149
- Loponte D. 2007. *Arqueología del humedal del Paraná inferior (Bajíos Ribereños meridionales)*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, La Plata, Argentina.
- Malvárez, A. I. 1997. Las comunidades vegetales del Delta del río Paraná. Su relación con factores ambientales y patrones de paisaje. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

- Malvárez, A.I. 1999. El Delta del Paraná como mosaico de humedales. En: Malvárez, A.I. (ed.) Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica, MAB-UNESCO/ORCYT, Montevideo, Uruguay: 35-53.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and water. Synthesis. 80pp. (<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>).
- Minotti, P.G., P. Kandus y S. Valli. 1988. Zonificación de patrones de paisaje en el Bajo Delta del Río Paraná. En: Condicionantes ambientales y bases para la formulación de alternativas productivas en la región del Delta del Río Paraná. Informe Subsidio UBACyT Nro.135. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Mitch W.J. y J.G. Gosselink. 2007. Wetlands. Fourth edition. John Wiley and sons, Inc.. New York, USA, 582 pp
- Mosser, M., Prentice, C. y Frazier, S., 1999. A global overview of wetland loss and degradation. (<http://www.ramsar.org>)
- Mujica F. 1979. Estudio ecológico y socioeconómico del Delta Entrerriano. Parte I. Ecología. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Paraná, Argentina.
- Pratolongo P. 2004. Patrones de producción primaria y su monitoreo por sensores remotos en pajones del Delta del Río Paraná. Tesis Doctotal. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Pratolongo P., P. Kandus y M. Brinson. 2008. Net aboveground primary production and biomass dynamics of *Schoenoplectus californicus* (Cyperaceae) marshes growing under different hydrological conditions. Darwiniana 46(2): 258-269.
- Roggeri H., 1995. Tropical Freshwater Wetlands. A Guide to Current Knowledge and Sustainable Management. Kluwer Academic Publishers 349 pp.
- Stamati M., J. Bono, M.G. Parmuchi, M. Salvia, M. Strada, C. Montenegro, P. Kandus y J. Menéndez. 2008. Evaluación de la superficie afectada por los incendios ocurridos en el Delta del río Paraná en abril de 2008. Reunión Argentina de Ecología.
- Viñals M.J. (Coord.). 2002. El patrimonio cultural de los humedales. Ministerio del Medio Ambiente, Serie Antropológica, Madrid. 263 p.
- Quintana R.D., R. Bó y F. Kalesnik. 2002. La vegetación y la fauna de la porción terminal de la cuenca del Plata. Consideraciones ecológicas y biogeográficas. En: El Río de la Plata como Territorio (J.M.Bortharagay, ed). Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UBA & Ediciones Infinito, Buenos Aires, Argentina. Pp. 99-124.
- Suding K.N. 2001. The effects of gap creation on competitive interactions: separating changes in overall intensity from relative rankings. Oikos 94: 219-227.

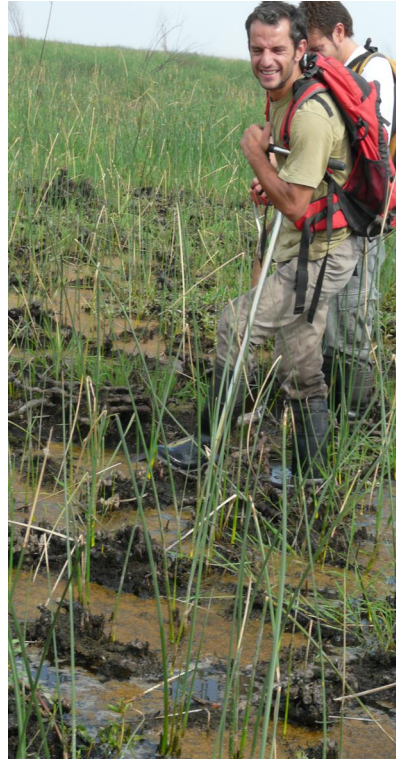
## Anexo Fotográfico

### Áreas quemadas en forma intensa.





Áreas quemadas en forma moderada con suelo anegado



Juncal parcialmente quemado y rebrotado. Matas en pedestales

## Áreas quemadas en forma moderada con suelo seco

