

Encabezamiento

HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL EN ECOSISTEMAS DE HUMEDAL DE LA REGION DEL DELTA DEL RIO PARANA.

INSTITUCION BENEFICIARIA: Universidad de Buenos Aires, FCEyN.

INVESTIGADOR RESPONSABLE: Dra. Patricia Kandus, T.E: 4576-3349, 4576-3300, Int. 212, e-mail: pato@ege.fcen.uba.ar

Palabras clave: *humedales, Región del delta del Río Paraná, indicadores, clasificación funcional, inventario, bienes y servicios ecológicos, cambio climático*

Contenido

TITULO: HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL EN ECOSISTEMAS DE HUMEDAL DE LA REGION DEL DELTA DEL RIO PARANA.

Planteo del Problema y Objetivo General

En la Argentina, hasta hace pocas décadas, la mayoría de los humedales estaban relativamente libres de los impactos derivados de las actividades humanas y por lo tanto conservaban su extensión, estructura y funciones originales. Estos ecosistemas proveen numerosos bienes y servicios a la comunidad debido a su elevada biodiversidad y sus funciones ecológicas particulares tales como almacenaje de agua, depuración de aguas, fijación de carbono en la vegetación y suelo, caza y pesca, forraje natural y amortiguación de inundaciones entre otros [1],[2], [3]. Sin embargo, durante los últimos años esta tendencia ha comenzado a revertirse.

En la región del Delta del Paraná:

- Los altos rendimientos alcanzados en la producción de granos llevaron a una expansión significativa de la frontera agrícola¹ y un reemplazo de pasturas por cultivos. En consecuencia se produjo el desplazamiento de una importante fracción de la actividad ganadera hacia sitios considerados marginales para la producción, como en el caso de los humedales fluviales de esta región. La elevada productividad natural de estos ambientes sumado a un prolongado período de aguas bajas que predominó en los últimos 7 años, condujo a que se pasara de un sistema de ganadería extensiva estacional a uno de tipo intensivo y permanente [4].
- La instalación de frigoríficos transformó las pesquerías de sábalo de una modalidad artesanal y estacional a una industrial y permanente para exportación [5].
- La radicación de foresto-industrias (aglomerados y pasta papel) concentró la producción maderera, que en su modalidad más intensiva implica el drenaje del humedal y su posterior “pampanización”, permitiendo el ingreso también de la ganadería.

Este proceso de cambio se sustenta erróneamente no sólo en una visión de oferta ilimitada y homogénea de recursos naturales sino también en una percepción estática de los humedales. El urgente intento de rescate de ganado en islas como consecuencia de la inminente crecida del Paraná debida al evento de variabilidad climática interanual conocido como el ENSO, ilustran claramente las graves consecuencias de la falta de previsión basada en esa falsa perspectiva², y la demanda sectorial al estado de obras de infraestructura, como caminos o puentes, que pueden sumar efectos negativos.

El incremento en las lluvias y caudales de los cursos de la cuenca del Plata observados en los últimos 30 años [6],[7] son muy probablemente una manifestación del cambio climático a nivel regional y agregan una significativa componente adicional a la crisis de sustentabilidad que evidencian las modalidades productivas actuales en esta región [8].

La falta de percepción del deterioro en la capacidad productiva de los humedales contrasta con la experiencia recogida en otras zonas del mundo. En los países desarrollados de zonas templadas la superficie de los humedales se redujo a una pequeña fracción de su abundancia original. Consecuentemente, las normativas ambientales actualmente promulgadas tienden a revertir este proceso y a recuperar los bienes y servicios ecológicos perdidos [9].

Resulta indispensable, entonces, que nuestra sociedad replantee su percepción sobre los humedales y logre valorar los servicios ecológicos que estos ecosistemas brindan con relación a los modos de producción actuales [10], metas hacia las que está enfocado nuestro aporte.

Como objetivo general el presente proyecto, entonces, se propone la elaboración y aplicación de **herramientas** para la evaluación de la **integridad ecológica**³ de los humedales de la región del Delta del Río Paraná, de la **sustentabilidad ambiental** de las modalidades productivas actuales y de la **vulnerabilidad** del sistema en el marco de los escenarios futuros de cambio climático.

¹ El avance de la frontera agropecuaria que se ha dado principalmente en la region centro norte del país, ha sido muy acelerada en los últimos años y estuvo acompañada de un cambio en la importancia relativa de los distintos cultivos con un predominio actual de la soja [11] y de un cambio en las técnicas de laboreo (de la siembra tradicional a siembra directa).

² (http://www.lanacion.com.ar/Archivo/nota.asp?nota_id=890626, accedido 13/03/2007)

³ El término integridad se refiere a la capacidad de soportar y mantener una comunidad de organismos balanceada, integrada y adaptativa con una composición de especies, diversidad y funcionalidad comparable a lo que sería un ambiente natural de la región [12], [13].

Se plantea en este contexto, desarrollar y validar protocolos de inventario y monitoreo de humedales que puedan ser incorporados para el cumplimiento de compromisos internacionales, esquemas de eco certificación, producción ambientalmente sustentable y estudios de impacto ambiental en humedales [14]. En consecuencia, los resultados esperados contribuirán a la valoración y planificación del uso sustentable de los ecosistemas de humedal en el marco de programas de adaptación y/o mitigación frente a los cambios ambientales pronosticados.

Objetivos Específicos

Dentro de este marco se plantean los siguientes objetivos específicos que se llevarán a cabo en la región del Delta del Río Paraná:

- Implementar una clasificación funcional de los tipos de humedal presentes en la región del delta del Paraná bajo un enfoque hidrogeomórfico [15].
- Identificar condiciones de referencia del estado de integridad de los ecosistemas de humedal en la región.
- Proveer indicadores a diferentes escalas espaciales de integridad de los ecosistemas de humedal.
- Explorar la sustentabilidad⁴ ambiental de las modalidades productivas actuales en términos de la calidad de oferta de bienes y servicios ecológicos y su vulnerabilidad frente a eventos de variabilidad climática interanual y al cambio climático pronosticado.

Hipótesis de trabajo

H1. La extensión y permanencia de los humedales fluviales así como los servicios ecológicos que estos proveen dependen del aporte de agua superficial (por lluvias o por descarga de los cursos de agua) así como también de las características del régimen hidrológico (frecuencia, intensidad y duración de inundación, entre otros). Por otra parte, la diversidad de humedales funcionalmente diferentes dentro de la región responde a la heterogeneidad hidrogeomórfica existente.

H2. Los humedales que presentan condiciones de integridad ecológica proveen el máximo número posible de bienes y servicios a la sociedad.

H3. Las modalidades productivas ambientalmente sustentables son las que permiten el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas de humedal y se acoplan a su variabilidad interanual y sus procesos de cambio. Esta sustentabilidad ambiental se evalúa a través de la provisión de bienes y servicios ecológicos de los humedales involucrados.

H4. Las modalidades productivas actuales no son ambientalmente sustentables en los escenarios pronosticados en la cuenca del Plata como consecuencia del cambio climático.

RELEVANCIA DEL PROBLEMA Y ORIGINALIDAD DE LOS APORTES

El término humedal involucra una amplia gama de ambientes incluyendo, entre otros, bosques fluviales, pajonales y marismas. No hay acuerdo en una definición universal [17] pero el término se utiliza en general para denominar a aquellos sistemas que permanecen en condiciones de inundación o por lo menos con su suelo saturado con agua durante considerables períodos de tiempo. Estos sitios presentan suelos con señales de hidromorfismo y vegetación y fauna adaptadas tanto al exceso de agua como a la alternancia de situaciones de exceso y déficit. La estructura y dinámica de los humedales difieren de las de los ambientes acuáticos y terrestres y no representan necesariamente ecotonos entre estos dos extremos. Las propiedades de los humedales están condicionadas por el régimen hidrológico que puede actuar al mismo tiempo como factor limitante y como estimulador de la riqueza y diversidad de especies, dependiendo de las características del hidropérido, de la energía de los flujos de agua y, eventualmente, de la disponibilidad de nutrientes. Estos factores en conjunto determinan cambios de estado en las condiciones en que se desarrollan los humedales [19], [15].

⁴ Se asume en este texto que la sustentabilidad ambiental es una medida de la probabilidad de que un uso particular de la tierra permanezca en forma apropiada ecológicamente para una localidad por un período de tiempo significativo (adaptado de [16]). Se entiende por " apropiada ecológicamente" que mantenga la funcionalidad del sistema.

Una de las características sobresalientes del continente sudamericano, a diferencia de los demás, es la enorme superficie que ocupan los humedales, con más de un millón de kilómetros cuadrados [20]. La mayoría de los grandes humedales en el continente conforman *macrosistemas* de expresión subregional o transregional asociados a las planicies de inundación de los grandes ríos como el Orinoco, el Amazonas y el Paraná [20]. En la Argentina, cerca del 23% del territorio corresponde a humedales o al menos incluye ecosistemas de este tipo [21], los cuales abarcan una amplia variedad de tipos [22], [23], [24]. Dentro de estos se destacan por su magnitud, importancia socioeconómica y biodiversidad, los sistemas fluviales asociados a la cuenca del Paraná-Paraguay [18], [26], [27], [28].

El valor de los humedales

Existe un amplio y creciente consenso a nivel mundial en que los humedales, a pesar de que solo representan el 5% de la superficie terrestre, son ecosistemas de importancia crítica debido a los beneficios económicos, sociales y ambientales que proveen. Costanza et al. [30] estimaron, por ejemplo, que el valor total global de los servicios provistos por las áreas costeras y los humedales ascienden a 15,5 trillones de dólares por año, que corresponden al 46% del total de servicios que se estima proveen los ecosistemas del planeta.

El *Millenium Ecosystem Assessment* [31] plantea en su evaluación de ecosistemas acuáticos y humedales, que la degradación y pérdida de estos ecosistemas y de las especies que los habitan ocurre de manera más rápida que la de los ecosistemas terrestres ya que no se suelen usar esquemas de producción sustentable adecuados a los mismos. En consecuencia, en el marco actual de usos del espacio y de cambio climático se espera una reducción de los servicios de estos ecosistemas debido a pérdida de resiliencia impuesta por los usos no sustentables. Esto puede ser crucial a corto plazo dado que la demanda de agua, uno de los principales recursos de los humedales, se incrementará en el futuro y se prevé una escasez de la misma. Los humedales juegan un papel primordial como reservorios de agua. Por ejemplo, los turbales que solo ocupan una superficie equivalente al 3% de la superficie terrestre son el reservorio del 10% del volumen total de agua dulce del planeta.

Según el documento mencionado, las decisiones que directa o indirectamente influyen sobre los humedales deberían considerar el rango completo de los beneficios que estos proveen y deben negociar un compromiso entre los usos actuales y futuros de los mismos. Dentro de esta negociación de compromisos hay varios que son de importancia clave, por ejemplo, producción agropecuaria y mantenimiento de la calidad del agua y del suelo, usos del suelo y agua y mantenimiento de la biodiversidad, y modificaciones debidas a obras de infraestructura y mantenimiento de la circulación de agua.

Durante la VIII Conferencia de las Partes Contratadas de la Convención sobre Humedales (Ramsar, 1971) llevada a cabo en Valencia en 2002 se aprobó la resolución VIII.34 sobre Agricultura, humedales y manejo del agua. En la misma se reconoce que los humedales juegan el papel de importante en la sostenibilidad de las actividades agropecuarias (e.g., protección ante inundaciones y tormentas, contribución al mantenimiento de acuíferos necesarios para la irrigación, hábitat de especies que conforman importantes recursos para las comunidades locales). Sin embargo, agregan que el incremento en la demanda de agua y superficie para la agricultura es uno de los principales problemas que llevan a la pérdida y degradación de humedales debido al drenaje de los mismos y del impacto sobre la cantidad y calidad de agua. La resolución plantea en consecuencia la necesidad de lograr un balance mutuamente beneficioso entre agricultura y conservación y uso sostenible de los humedales. Plantea, a su vez, que se deben minimizar los efectos adversos de las prácticas agropecuarias sobre la salud de los ecosistemas teniendo en cuenta el principio precautorio⁵.

El incremento de la población mundial sumada a la producción de biocombustibles implicará una mayor producción agropecuaria por lo que se espera a su vez, una mayor demanda por agua en el futuro. Los escenarios de cambio climático plantean, a su vez, un pronóstico adverso para muchos humedales. Una mayor temperatura y una mayor evapotranspiración alterarían los regímenes hidrológicos de tal manera que se espera que los humedales dulceacuícolas reciban una mayor presión para su uso como tierras agrícolas [32] o para la extracción de agua potable. La pregunta que surge entonces es si los humedales pueden en estas condiciones ser conservados si la demanda por agua para la agricultura y otros usos no disminuya o incluso aumente [33].

⁵ La Declaración de Río sobre Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas (1992) define el principio precautorio: “Cuando haya amenazas de daños serios o irreversibles, la falta de plena certeza científica no debe usarse como razón para posponer medidas efectivas en costos que eviten la degradación ambiental”.

La región del Delta del Paraná como caso de estudio

La región del delta del Paraná es un *macrosistema* de humedales que ocupa cerca de 17000km² a lo largo de los últimos 300 kilómetros del Río Paraná (Figura 1). Este río drena una superficie de 2.310.000 km² y es considerado por su extensión, tamaño de su cuenca y caudal, el segundo en importancia de Sudamérica y el cuarto en el mundo. A su vez, éste es el único de los grandes ríos del mundo que circula desde latitudes tropicales hasta una zona templada, donde confluye junto al río Uruguay en el río De la Plata y su estuario.

En este marco, la región del Delta del Paraná constituye, una compleja planicie inundable ubicada en una posición estratégica y con características ecológicas únicas. El régimen climático diferenciado, producto del efecto modulador de las grandes masas de agua presentes, la diversidad de paisajes derivados de procesos geomorfológicos actuales y del pasado reciente⁶ y el régimen hidrológico diferenciado⁷ permiten definir a esta región como un extenso *macromosaico de humedales* (sensu Malvárez [34]) que presenta un patrón de biodiversidad mucho más rico que el esperable para estas latitudes.



Figura 2. La cuenca del Paraná en Argentina durante el Niño 1982-83. Imagen NOAA AVHRR

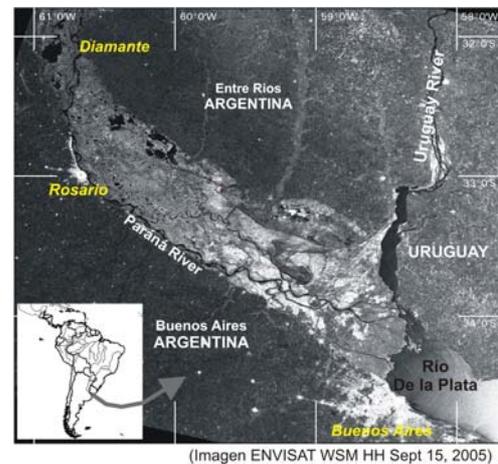
Sin embargo, y más allá de algún período floreciente, la riqueza de sus recursos ha contrastado con la marginalidad de su historia socioeconómica, sobre todo en las últimas décadas. Su vecindad con el principal cordón industrial de Argentina, con la ciudad más populosa (Buenos Aires) y con la región pampeana, la más “*productiva y pujante del país*” sumado a su difícil acceso y tránsito, a la falta de políticas sustentables y de planificación regional y, probablemente, al desconocimiento de sus alternativas productivas, opacaron su desarrollo. El salto desde el olvido a un protagonismo basado en la extracción desmedida de los recursos (como la pesca), en el reemplazo masivo de las coberturas vegetales originales y regulación de agua (ej. por forestaciones con salicáceas) o como sumidero para la ganadería al ser desplazada por la agricultura, no parecen ser un

destino de desarrollo sustentable para esta región, máxime en el contexto de la carencia de previsión frente a eventos climáticos interanuales (Figura 2) o a los escenarios ambientales futuros en la región como consecuencia del cambio climático [6].

El aporte de esta propuesta

Este proyecto apunta a aportar herramientas para la gestión de humedales en tres aspectos técnicos cuyo desarrollo en forma integrada es original en nuestro país y que consideramos esenciales para la gestión: el desarrollo de sistemas de **clasificación e inventario** de humedales, la provisión de **indicadores para el monitoreo de humedales**⁸ en términos de los bienes y servicios que estos proveen y, finalmente, el desarrollo de diagnósticos en el marco de los **escenarios** regionales derivados de los cambios pronosticados en el clima. El trabajo se realizará para la región del Delta del Paraná, pero sin duda, los resultados serán de incumbencia para establecer estrategias de manejo y la conservación de los humedales de toda la cuenca.

La importancia de los inventarios de humedales como instrumentos esenciales para conformar políticas y otras medidas destinadas a alcanzar su conservación y su uso racional ha sido ampliamente reconocida⁹.



(Imagen ENVISAT WSM HH Sept 15, 2005)

Figura 1. Región del Delta del Río Paraná. HH.

destino de desarrollo sustentable para esta región, máxime en el contexto de la carencia de previsión frente a eventos climáticos interanuales (Figura 2) o a los escenarios ambientales futuros en la región como consecuencia del cambio climático [6].

⁶ 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.

⁷ Las precipitaciones locales, el régimen estacional de los ríos Paraná y Uruguay y las mareas lunares y eólicas del Río de la Plata se combinan afectando de manera diferencial distintos sectores de la región.

⁸ Evaluación de sustentabilidad de actividades y de integridad de los ecosistemas

⁹ Ya en la primera reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención Ramsar sobre los Humedales (COP1, Cagliari, 1980) se recaló la necesidad de que las políticas nacionales de humedales debían basarse en un inventario de los mismos y de sus recursos de amplitud nacional (Recomendación 1.5). En las COPs posteriores se ha reiterado este reconocimiento del valor de dichos inventarios, entre otros lugares en el Anexo de la Recomendación 2.3 (COP2, Groningen, 1984), la Recomendación 4.6 (COP4, Montreux, 1990), la Resolución 5.3 (COP5, Kushiro, 1993) y la Resolución VI.12 (COP6, Brisbane, 1996).

Estos constituyen la base para cuantificar los recursos de humedales, evaluar su situación y generar pautas para su uso y para efectuar evaluaciones de riesgos y de vulnerabilidad ante distintos escenarios. En la Argentina se realizaron algunos esfuerzos valiosos que han aportado a la elaboración de inventarios con diferente grado de profundidad y cobertura [22], [38]. En el año 2002 se desarrolló en Buenos Aires el Taller "Bases Ecológicas para la Clasificación e Inventario de Humedales en Argentina", donde participaron profesionales tanto las áreas de investigación como las de gestión trayendo experiencias de la mayor parte de los tipos de humedales del país [24]. Esta reunión constituyó un hito en el sentido de que fue el primer encuentro en el cual se teorizó sobre el marco conceptual y los requerimientos técnicos necesarios para que una clasificación y un inventario de los humedales en el país fueran de real utilidad para la generación de pautas de manejo y conservación. De las recomendaciones compiladas durante el Taller surgió el consenso de los científicos y administradores de que cualquier sistema de clasificación a ser adoptado debe ser desarrollado teniendo en cuenta un enfoque funcional y su posible integración con otras clasificaciones preexistentes que se utilizan en la actualidad (ej. [14], [39]). Pero de ninguna manera debiera importarse modelos preestablecidos sin una evaluación crítica de su aplicabilidad frente a la realidad de nuestro país. A las preguntas tradicionales (que tipos hay, donde se localizan y cual es su abundancia)¹⁰, se deben sumar preguntas sobre cómo funcionan los humedales y cómo los cambios ambientales o las acciones humanas afectan sus condiciones [15], [40]. Esto responde al tipo de información que se necesita actualmente para la gestión, en la que los tomadores de decisiones son enfrentados con opciones de conservación, restauración y evaluación de impactos.

Los indicadores ecológicos (IE) son medidas discretas y en lo posible sencillas de parámetros ambientales biogeofísicos o combinaciones de los mismos que caracterizan el estado de integridad de los ecosistemas o de la sustentabilidad de las actividades que allí se desarrollan [42], [43], [44], [45], [46]. En el contexto de una clasificación-inventario, estos indicadores constituyen una herramienta de evaluación-monitoreo de los ecosistemas identificados. En el país, existe una mayor tradición para el desarrollo de indicadores económicos y sociales y muy recientemente se ha comenzado a trabajar sobre indicadores ambientales en ecosistemas terrestres o acuáticos, pero hay muy pocos que hacen referencia a los humedales [47], [48]. Inicialmente, los IE son desarrollados por científicos, expresados en lenguaje técnico y se concentran en aspectos de los ecosistemas que los investigadores consideran útiles para comprender las condiciones ecológicas o la sustentabilidad de las actividades que allí se desarrollan. Sin embargo, para que los resultados alcanzados por los científicos puedan ser incorporados en la toma de decisiones políticas sobre el ambiente se debe considerar en forma simultánea la valoración de los ecosistemas (en este caso de humedal) por parte de la sociedad en su conjunto [49]. A raíz de esto es que en este proyecto se conceptualizarán los indicadores no sólo en términos de los parámetros a medir sino también en cuanto a los bienes y servicios para la sociedad a los que hacen referencia.

Por último, frente a la certeza de la ocurrencia del cambio climático [7], y sus efectos en el sector sur del continente [6], se torna inminente complementar los escenarios que se proponen en términos de diferentes desarrollos socioeconómicos y tecnológicos [51] y a diferentes horizontes temporales con información acerca de las modificaciones posibles en la oferta de bienes y servicios de los ecosistemas. En este caso de este proyecto y en el marco del Programa Nacional de Escenarios Climáticos de Argentina desarrollado por la Unidad de Cambio Climático-SayDS¹¹, analizar los cambios potenciales en la expresión espacial y estado de los humedales en la cuenca del Paraná será una herramienta poderosa para llevar a cabo estudios sobre la vulnerabilidad de los sistemas fluviales, humanos y naturales, frente al cambio climático y sobre capacidad de los sistemas para adaptarse a esos cambios así como la posibilidad de buscar alternativas para la mitigación de los efectos adversos.

¹⁰ Estas preguntas, por ejemplo, han sido el marco de referencia del US Fish and Wildlife Service cuando inició el Inventario Nacional de Humedales de EEUU a principios de los '70 [50].

¹¹ http://www2.medioambiente.gov.ar/cambio_climatico/programas/escenarios/default.htm

RESULTADOS PRELIMINARES Y APORTES DEL GRUPO AL ESTUDIO DEL PROBLEMA EN CUESTIÓN

El éxito para alcanzar las metas descansa en la experiencia del grupo responsable y de colaboradores en el estudio de esta región y sobre diferentes aspectos de la problemática de humedales y de grandes ríos, sobre la valoración de recursos naturales y los forzantes ambientales destacados en el punto anterior. Los integrantes del grupo responsable del presente proyecto en su mayoría forman parte del Grupo de Investigaciones sobre Ecología de Humedales (GIEH) del Laboratorio de Ecología Regional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (Dra. Patricia Kandus y Dr. Rubén Quintana); la MsC Haydee Karszenbaum pertenece al Grupo de Teledetección (GT) del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, FCEyN-UBA) – CONICET y el Dr. Claudio Baigún es investigador del INTECH- Conicet. Estos investigadores han desarrollado una vasta labor en diferentes temáticas que se abordan en este proyecto relacionadas a los humedales y el estudio de sistemas fluviales. Ver publicaciones en CV de investigadores involucrados.

El GIEH, ha trabajado por más de 15 años en el estudio de diferentes aspectos ecológicos de la región del Delta del Paraná y en la problemática de los humedales en el país, desde su conformación bajo la dirección de la recientemente fallecida Dra. A.I. Malvárez. Los resultados obtenidos durante estos años dan lugar a la formulación de las hipótesis y objetivos del presente proyecto. Malvárez (1997) [34] propuso por primera vez una regionalización ecológica de la región del delta basada en criterios geomorfológicos (patrones de paisaje) e hidrológicos. Este trabajo fue pionero y esclarecedor, a pesar de la escasa disponibilidad de material aerofotográfico y satelital (solo disponía de unas pocas imágenes en papel y antiguas fotografías aéreas), las dificultades de acceso a bases de datos (hidrométricos y meteorológicos) y la poca información de campo que se contaba hasta ese momento. El trabajo que se propone aquí constituye una profundización de aquel planteo, con particular énfasis en la producción de resultados operativos para la gestión de políticas ambientales y la toma de decisiones.

Por otra parte, en los últimos años se han hecho también valiosos aportes al conocimiento en términos de la identificación de unidades de paisaje de la región del delta y la distribución de especies y comunidades de plantas y su relación con variables ambientales. Se realizaron diversos aportes al conocimiento de la dinámica de la vegetación y procesos de sucesión involucrados en la formación de islas, la relación hábitat-fauna para distintas especies o grupo de especies de fauna silvestre y los efectos de las actividades productivas sobre los patrones forrajeros de herbívoros (ganadería) o la selección y uso de hábitat (ganadería y forestación).

Bajo un enfoque funcional fueron estudiadas en particular las comunidades de pajonales de *Scirpus giganteus* y juncales de *Schoenoplectus californicus* que dominan vastas superficies de la región y más del 50 % del Bajo Delta. Estas comunidades son muy importantes por ser una parte sustancial del hábitat de especies de fauna como coipos y carpinchos y un refugio especial para el ciervo de los pantanos. Es significativa la alta capacidad de fijación de carbono que llega a valores en comunidades de *S. californicus* de hasta $1999,41 + 211,97 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, y de hasta $1819,29 + 244,48 \text{ g m}^{-2}$ en comunidades de *S. giganteus*. Se encontró también una importante relación entre la productividad y la tasa de circulación y de aporte de sedimentos así como también que la mayor parte de la materia orgánica producida, queda almacenada en el compartimiento suelo en sistemas no disturbados. En sitios donde los pajonales fueron reemplazados por plantaciones forestales, se observó que la acumulación de materia orgánica en los pajonales es diez veces mayor que en las forestaciones debido a los procesos de oxidación que acompañan el drenaje de los humedales producen la liberación de enormes cantidades de carbono a la atmósfera.

Con respecto a la fauna silvestre, se realizaron estudios sobre varias especies emblemáticas de la región, tanto desde el punto de vista ecológico como económico. Entre las investigaciones ecológicas realizadas con estas especies se destacan los estudios de uso de hábitat realizados a distintas escalas espaciales y temporales, estudios de uso del espacio, patrones de actividad, evaluaciones de densidad y de otros parámetros poblacionales básicos y aplicación de modelos para evaluar la sustentabilidad de la caza. Las relaciones (particularmente tróficas) con ganado doméstico constituyeron otro punto de atención dado el potencial de varias de ellas (carpincho, coipo, vizcacha y ñandúes) como recurso natural renovable y los conflictos que surgen entre sus poblaciones y las actividades pecuarias tradicionales. También se ha analizado como la actividad forestal y las obras de infraestructura para el manejo del agua asociados ha influido en la selección y uso de hábitat de otras especies (lobito de río, pava de monte, carpincho) y de las comunidades de aves y anfibios y el papel de los parches de ambientes antropizados (forestaciones, bosques secundarios, áreas parquizadas) en la aptitud de hábitat de las mismas. También se ha analizado el efecto de

otros disturbios de origen natural como las inundaciones de carácter extremo sobre la fauna silvestre del delta.

Diversos son los aportes realizados en cuanto al conocimiento del área de estudio a partir de datos satelitales ópticos y de radar de apertura sintética y en cuanto al desarrollo de herramientas para optimizar el proceso de extracción de información en áreas de humedal a partir de estos datos. Integrantes del grupo produjeron los primeros mapas de ambientes y vegetación de la zona del Bajo Delta del Paraná entrerriano y bonaerense (alrededor de 5000 km²) a partir de la clasificación digital de series de tiempo de imágenes Landsat. Se produjo el primer mapa de productividad de las comunidades de pajonal sometidos a mareas. Para realizar esto, el grupo de teledetección GT-IAFE desarrolló un exhaustivo protocolo de pre-procesamiento y calibración de imágenes satelitales de la serie Landsat (Landsat TM y ETM+) que permitió la elaboración y validación de un modelo empírico que permite estimar con buena precisión, la productividad primaria neta de *S. giganteus* mediante imágenes de índice verde normalizado (NDVI). Se produjo también el primer mapa de dinámica hídrica de los humedales a partir de índices verdes y más recientemente también se demostró la potencialidad del uso de series de tiempo largas de imágenes de índices verdes de baja resolución espacial para el estudio de la dinámica de macrosistemas de humedal y la influencia de los eventos de variabilidad climática.

En los últimos años, el GT-IAFE desarrolló una intensa tarea tendiente a la calibración de la señal de radares de apertura sintética y la comprensión de los mecanismos de interacción señal-superficie integrando observaciones de sistemas RADARSAT, ERS2 y ENVISAT con predicciones realizadas a partir de modelos electromagnéticos sobre propiedades biofísicas de los humedales como recuperación de la vegetación post-incendios y la medición de la cantidad de agua bajo la cubierta vegetal con métodos multipolarimétricos.

El equipo de trabajo posee una amplia experiencia en muestreos de peces en humedales de diverso tipo y regiones. En el caso de la cuenca del Paraná, se han realizado campañas de pesca experimental en el valle aluvial de Paraná como parte de la diagnosis de los recursos pesqueros de la región. También se han desarrollado muestreos exhaustivos en la cuenca del Pilcomayo como parte de la evaluación de la biodiversidad y distribución de peces en el PN. Pilcomayo, utilizándose diversos artes como copos, red de arrastre, pesca eléctrica, enmalladoras, y que son similares a los que se proponen para el presente proyecto. En humedales pampeanos, por otra parte, se han realizado muestreos con múltiples artes dirigidos a evaluar el potencial pesquero de explotación de diversas especies. El grupo acredita también experiencia en evaluaciones de pesquerías comerciales en el área del Paraná medio y de pesquerías deportivas en humedales pampeanos y en valoración económica de los servicios recreativos como instrumentos para la gestión ambiental sostenible y en el desarrollo de indicadores, índices y parámetros para el desarrollo sostenible de humedales costeros (Reserva de Biosfera Mar Chiquito y sitio RAMSAR Bahía de Samborombón).

El grupo de colaboradores fue convocado a participar en el proyecto, considerando su experiencia profesional en el área de estudio y la temática de humedales así como también cubriendo el espectro de temas abordados a fin de conformar un equipo interdisciplinario.

Colaborador	Profesión / Institución	Área de incumbencia en el proyecto
Dr. Mark Brinson	Ecólogo humedales / University of East Carolina, EEUU	Clasificación funcional/ enfoque hidrogeomórfico / indicadores
MSc Priscilla G. Minotti	Ecóloga / Univ. CAECE	Sistemas de Información Geográfica
Dr. Edgardo Latruvesse	Geólogo / CONICET/ UNLP	Enfoque hidrogeomorfológico
Dra. Alba Puig	Bióloga / Museo Argentino de Ciencias Naturales	Indicadores calidad de agua
Dra. Inés Camilloni	Ciencias de la Atmósfera/ FCEN-UBA	Cambio Climático
Lic. Guillermo G. Volpato	Economista/UMDP	Valoración económica de bienes y servicios
Dra. Nora Madanes*	Bióloga / FCEN-UBA	Indicadores de vegetación
Lic. Ricardo Vicari	Biólogo / FCEN-UBA	Indicadores de Vegetación / productividad / cambio climático
Ing Agr. Marcos Angelini*	Ing. Agr. / Inst. Suelos INTA Castelar	Indicadores en Suelos
Ing. Agr. Máximo Gauto Acosta*	Ing. Agr. Jefe de Operaciones /FB Forestal S.A	Modelos de uso forestal
Lic. Roberto Bó	Biólogo / FCEN-UBA	Indicadores de Fauna
Lic. Mercedes Salvia	Bióloga / IAFE-CONICET	Vegetación / teledetección

Los asteriscos (*) indican tres personas que no pudieron ser ingresadas al sistema debido a los inconvenientes técnicos. Las mismas serían incorporadas al alta del proyecto.

Desde hace mas de 5 años existe una relación estrecha de colaboración con Mark Brinson, quien desarrolló la clasificación funcional de humedales sobre la base de patrones hidrogeomórficos (HGM Classification) y constituye un verdadero referente en temas de Ecología de humedales. Edgardo Latruvesse es hidrogeólogo y ha regresado recientemente al país luego de varios años de investigación en Brasil y tiene destacada trayectoria en el estudio de los grandes ríos sudamericanos. Priscilla Minotti es especialista en ecoinformática, formada como Bióloga en la Universidad de Buenos Aires y con posgrado en Tecnologías Geográficas de la Oregon State University (EEUU). Es Profesora Asociada de Universidad CAECE, Buenos Aires, responsable de la cátedras Técnicas de Análisis Espacial (Gestión Ambiental) y Biogeografía (Biología). Se desempeña como consultor independiente en temas de investigación, desarrollo y asesoramiento sobre sistemas de Información Geográfica, teledetección, minería de datos geográficos, diseño e integración de grandes bases de datos espaciales y almacenes de datos geográficos para evaluaciones ambientales en la cuenca del Plata y, en particular, en humedales del Delta del Paraná. Alba Puig es limnóloga, jefa del área ecología del Museo Argentino de Ciencias Naturales y tiene una importante experiencia el estudio de calidad de agua s en la región de la Cuenca del Plata. Inés Camilloni, con reconocida trayectoria en la temática de cambio climático en la cuenca del Plata, es un componente esencial en lo referente a la expresión regional en el área de estudio de los escenarios pronosticados en el marco del cambio climático. Ricardo Vicari, por su parte, participa desde el año 1994 del Grupo Argentino de Expertos en el Inventario Nacional de Emisiones y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero, es especialista en el estudio de patrones de fijación de carbono por vegetación y ha realizado diversos estudios de mitigación de los efectos de las emisiones de metano por los residuos depositados en rellenos sanitarios y evaluaciones de impacto ambiental de los mismos.

Guillermo Volpato, es economista especializado en economía ecológica y tiene una vasta experiencia en valoración económica y en el desarrollo de indicadores, índices y parámetros para el desarrollo sostenible de humedales.

Finalmente, Nora Madanes tiene una vasta experiencia en aspectos estructurales y funcionales de la vegetación de humedales y Roberto Bó es especialista en fauna silvestre en humedales. Este último, junto con la Dirección de Fauna Silvestre de la Secretaría de Ambiente y Desarrollos Sustentable de la Nación, realiza estudios ecológicos básicos y desarrollo de metodologías para evaluar el estado de poblaciones de especies de interés económico a fin de contribuir a su manejo sustentable.

Los siguientes contactos dan fe del interés de diversas instituciones/empresas en el desarrollo del presente proyecto.

Institución	Contacto	Datos
Secretaría de Ambiente y Desarrollos Sustentable de la Nación Jefatura de Gabinete de Ministros Grupo de Trabajo de Recursos Acuáticos	Lic. Oscar Padín	☎: (54) (11) 4348-8557 ✉: opadin@ambiente.gov.ar
Papel Prensa S.A.	Ing. Jorge Scarpa <i>Gerencia Forestal</i> Ing. Juan. M. Garcia Conde <i>Las Carabelas</i>	Bartolomé Mitre 739 - 1036 Buenos Aires ☎: (0054-11) 4328-1516/18/19 - 4328-1582/83 ✉: jscarpa@papelprensa.com ✉: jmgconde@papelprensa.com
Wetlands International	Daniel Blanco <i>South America Programme Leader</i>	25 de Mayo 758 10 I (1002) Buenos Aires ☎: ++54 11 4312 0932 ✉: deblanco@wamani.apc.org
INTA Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná	Ing. Agr. Gerardo Mujica <i>Director</i>	Río Paraná de la Palmas y Canal Laurentino Comas - 4ta. Sección de Islas - Campana (2804) Argentina ☎: 03489-460075/76
Parques Nacionales	Lic. Paula Cicchero <i>Directora Delegación Regional NEA</i>	Tres Fronteras 183 (3370) Puerto Iguazú, Misiones ☎: (03757) 422906 / 421984 ✉: drnea@apn.gov.ar
Instituta Nacional del Agua	Dra. Dora Goniadzki	AU Ezeiza Cañuelas Tramo Jorge Newbery - km. 1.620 Ezeiza / Pcia. de Buenos Aires / Argentina ☎: (54 11) 4480-4500 int. 2341/2415 ✉: alerta@ina.gov.ar
Secretaría de Recursos Naturales de Entre Ríos	Ing. Roque Fernández	☎: 0343-156985106 ✉: roque_fz@yahoo.com.ar
Fundación PROTEGER	Julieta Peteán, <i>Presidenta</i> Jorge Cappato, <i>Director General</i>	☎: 54-342-4558520 ✉: rios.proteger@arnet.com.ar / comunicacion@proteger.org.ar Sitio Web: www.proteger.org.ar
Comité MAB Argentino Jefatura de Gabinete de Ministros Subsecretaría de Planificación y Política Ambiental	Secretario Permanente: Dr. Alfredo Reca	☎: (54) (11) 4348-8399 ✉: areca@ambiente.gov.ar

CONSTRUCCION DE LA HIPOTESIS y JUSTIFICACION GENERAL DE LA METODOLOGIA DE TRABAJO

El eje del presente proyecto se desarrolla en torno a la provisión de herramientas para la gestión de humedales que permitan evaluar la integridad de los ecosistemas y la sustentabilidad ambiental de las actividades humanas en estos ecosistemas en el marco del actual desarrollo económico y bajo los escenarios propuestos de cambio climático para la Cuenca del Plata. Estas herramientas permiten transferir conocimientos científico-tecnológicos a los distintos actores e interesados del Delta.

Las herramientas de gestión incluyen en primer término una clasificación de ambientes de humedal. Dada la dependencia que los aspectos estructurales y funcionales de los ecosistemas de humedal tienen con el régimen hidrológico la clasificación se realizará bajo un enfoque hidrogeomórfico (Hipótesis 1). La implementación de esta herramienta permitirá generar mapas e inventarios de ambientes y de uso en la región. En segundo lugar se proveerán indicadores de integridad ecológica y de sustentabilidad ambiental. Un indicador es un descriptor que hace claramente perceptible una tendencia o un fenómeno que no es inmediatamente ni fácilmente identificable [52]. Estos indicadores ambientales son medidas simples derivadas a partir de parámetros de los ecosistemas y sus combinaciones en índices, parámetros espectrales derivados de imágenes satelitales e índices de paisaje estimados a partir de mapas. Los indicadores hacen operativos los conceptos de integridad y sustentabilidad puesto que en ellos intervienen magnitudes mensurables que permiten definir acciones concretas para corregir errores o desviaciones del objetivo deseado (Hipótesis 2 y 3).

En tercer lugar se promueve la formulación de escenarios esperables bajo los efectos de las variaciones en el régimen hidrológico pronosticados a raíz de los cambios climáticos, que permitan evaluar las pérdidas o ganancias de bienes y servicios que ofrecen los ecosistemas de humedal de la región del Delta del Río Paraná (Hipótesis 4).

Desde el punto de vista práctico, este proyecto involucra un esfuerzo importante de toma de datos a campo, considerando diferentes escalas (regional/paisaje/detalle) en forma integrada con el uso de herramientas de teledetección, SIG¹² y datos geográficos almacenados en un *data warehouse*¹³ espacial. En este contexto el desarrollo metodológico del proyecto se apoya en un enfoque integrador e interdisciplinario (sensu Holling 1998 [53]). En cuanto a su filosofía, se parte de la existencia de múltiples vías de conocimiento con características exploratorias que pueden converger. La región bajo estudio es percibida como un sistema complejo donde se establecen múltiples interacciones biofísicas a diferentes escalas (que a su vez interactúan). Los factores causales de los procesos y cambios que ocurren en el sistema son múltiples y sólo separables en forma parcial. El enfoque tiene hipótesis múltiples que compiten y donde la incertidumbre se incorpora como parte del sistema [54], [55]. Este tipo de aproximación constituye un marco de referencia para que el desarrollo subsiguiente de preguntas a mayor detalle (bajo un enfoque analítico-experimental) puedan adquirir relevancia a escala regional.



Figura 2. Provisión de herramientas para la gestión de humedales

¹² Un **Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS**, en su acrónimo inglés) es una colección organizada de *hardware*, *software*, datos geográficos, métodos y usuarios, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión

¹³ *Data warehouse* o **almacén de datos** es una colección de datos orientada para el análisis en un dominio particular, integrado, no volátil y que varía en el tiempo, que ayuda a la toma de decisiones de una empresa u organización. Un *data warehouse* espacial tiene como particularidad el contener datos agregados con distinto nivel de detalle geográfico que pueden analizarse y visualizarse espacialmente a través de mapas.

TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACION Y MÉTODOS (máx. 9 pág.)

A fin de cumplimentar con los objetivos propuestos se plantea el siguiente esquema metodológico.

1. Clasificación y Zonificación de Humedales.

1.1 Esquema de clasificación. Se elaborará una clasificación funcional que permita el inventario de los humedales presentes en el área de estudio a diferentes escalas espaciales: regional, paisaje y local. Para esto se utilizará el enfoque *hidrogeomórfico* propuesto por [15] que clasifica y delimita humedales funcionalmente homogéneos en términos del emplazamiento geomorfológico, el origen del aporte del agua y las características del hidrociclo. Se incorporarán también conceptos relacionados a la función FITRAS [56] [57]. Se cuenta con gran cantidad de información provenientes de trabajos previos a campo; material cartográfico y fotográfico; bases de datos meteorológicos y de datos hidrométricos de la altura de los ríos en diferentes puntos; el banco de datos satelitales disponible en el laboratorio de Ecología Regional y en el IAFE (Tabla 1 a y b); la recopilación de material bibliográfico de la zona y estudios sobre la aplicación de enfoques similares en otros lugares. Por otra parte se prevé la utilización de productos derivados del procesamiento de datos del sistema MODIS a bordo del satélite *Terra* y que son de público acceso (<http://edcdaac.usgs.gov/modis/dataproducts.asp>) junto con la adquisición de datos actualizados en el marco de los proyectos y convenios en curso.

Tabla 1a Datos Ópticos

Sensor	Path / Row	Resolución espacial metros	Cantidad de imágenes y fechas ya disponibles
Landsat 5 TM	225 /84	Multiespectral: 30	30 imágenes desde 1997 al 2004
Landsat 7 ETM+	225 y /84	Multiespectral: 30 Pancromática: 15	26 imágenes desde 1999 al 2003
SACC -MMRS	225 /226	175m	10 imágenes entre 2003 y 2007

Tabla 1b Datos de Radar

Sensor	Polarización	Cantidad de imágenes y fechas
ERS-2 SAR	VV	15 imágenes 2003-2005
ENVISAT – ASAR ENVISAT Wide Scan Mode (WSM)	HH, VV	4 imágenes 2004
ENVISAT – ASAR estándar	HH, VV (dual-pol)	10 imágenes 2004-2005
RADARSAT	HH	7 imágenes 1998-99-2000

1.2. Inventario cartográfico de clases funcionales de humedales y de uso del suelo. Se pondrán a punto técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales ópticas y de radar para identificar y cartografiar los ambientes/cobertura de humedal según la clasificación desarrollada en el punto anterior, mediante procedimientos de tipo cuantitativo, estandarizables y repetibles. Se elaborarán mapas de uso utilizando técnicas mixtas de interpretación visual y clasificación digital a partir de datos satelitales, junto con recorridos de campo, entrevistas a informantes clave y datos del censo agropecuario 2002.

Resultados esperados:

Un sistema de clasificación funcional de humedales

Un protocolo de clasificación digital de humedales a partir de datos satelitales.

Mapas de ambientes /cobertura del terreno multiescala

Mapas de uso multiescala

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) que incluye imágenes satelitales y cartografía temática

Estatificación espaciotemporal regional para el diseño de muestreo a campo.

2. Indicadores a diferentes escalas espaciales del estado de integridad de los ecosistemas de humedal y análisis de la sustentabilidad ambiental de las modalidades productivas.

2.1. Medición de parámetros.

Para evaluar la integridad ecológica y la sustentabilidad ambiental es necesario contar con parámetros físicos químicos y biológicos del medio que reflejen adecuadamente el estado de los ecosistemas.

La extensión, heterogeneidad espacial y variabilidad hidrológica del Delta del Paraná definen un diseño de muestreo anidado en espacio y tiempo a fin de cubrir de manera representativa su situación. Para lograrlo se necesita utilizar las herramientas cartográficas elaboradas en el punto 1.

A partir de la superposición de las zonificaciones funcionales y de uso, se generará un mapa hipótesis de condiciones de integridad ecológica. Este mapa servirá como base para un diseño de muestreo regional de carácter extensivo. En función del conocimiento de los especialistas de grupo y de la revisión bibliográfica se propone la medición de un conjunto de parámetros de componentes de los ecosistemas: vegetación, ictiofauna, fauna silvestre, suelo y agua que permiten generar una variedad de indicadores ecológico-ambientales.

Para poder determinar el rango de sensibilidad de dichos indicadores es necesario contar con información de mayor detalle que permita contrastar situaciones de uso reducido o inexistente frente a otras de uso intensivo para las modalidades productivas preponderantes en la región: forestación, ganadería y pesca. Esta etapa requiere de un muestreo intensivo, a escala espacial de detalle (local) y extendida en el tiempo con relevamientos periódicos a lo largo de 2 años.

En ambos casos (regional y de detalle), el relevamiento de datos a campo incluirá la posición con un Geoposicionador Satelital (GPS) a fin de incorporar la base de datos de parámetros en el marco de un Sistema de Información Geográfico (SIG) y generar nuevos indicadores integrando distintas escalas de análisis para poblar el *datawarehouse* espacial.

2.1.1.Muestreo regional. Los parámetros bióticos estarán referidos a la vegetación, la fauna silvestre, los peces y la comunidad planctónica (fito y zooplanton). Los parámetros físicos y geoquímicos estarán referidos al suelo y al agua.

- Vegetación. En cada punto de relevamiento se realizarán censos completos de las plantas en parcelas, identificando especies por estratos y midiendo sus valores de abundancia. Se realizarán mediciones estructurales específicas indicadores de aspectos del hábitat de la fauna (densidad de leñosas, diámetro a la altura del pecho, altura, etc.). Se recolectaran individuos para la confección de un herbario de referencia, se determinaran taxonómicamente las especies de plantas y se confeccionará la lista florística.
- Agua. Se registrarán mediante sonda limnológica parámetros básicos in situ, como pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura del agua, requeridos para la caracterización general de las condiciones del ambiente acuático mediante criterios y escalas definidos (ej: SEPA, 1991). Se prevé la toma y la preservación de muestras conforme a normas (APHA, 1992) para el posterior análisis en laboratorio de nutrientes (amonio, nitratos, ortofosfatos), materia orgánica, macroiones, así como algún otro parámetro químico a definir posteriormente. Los análisis serían realizados mediante servicios de terceros.
- Plancton. Las muestras cuantitativas de fitoplancton (200 ml) se fijarán con solución de Lugol y se concentrarán en el laboratorio por sedimentación. Las submuestras de 1 ml se contarán en cámara de Sedgwick-Rafter bajo microscopio. Las muestras cuantitativas de zooplanton se tomarán mediante el equipo de succión y se filtrarán 100 l de agua por red (48 μ m de abertura de poro) y se fijarán con formalina. Las submuestras (5 ml) se contarán en cámara de Bogorov bajo microscopio estereoscópico.
- Ictiofauna. Los datos necesarios provendrán de: 1) encuestas a pobladores y pescadores, con el fin de establecer las especies capturadas, épocas, abundancias relativas, tallas frecuentes y máximas y percepción del estado del recurso; 2) pescas experimentales mediante batería de redes enmalladoras y trampas y redes de arrastre para determinar la abundancia relativa, estructura de tallas y parámetros biológicos; 3) pescas cualitativas para determinar presencia/ausencia de especies empleando artes de pesca adicionales (copos, redes de arrastre, atarrayas, trampas, agalleras y cañas en pesca diurna y nocturna) que cubran la variedad de microhábitats acuáticos, y 4) muestreos semicuantitativo de larvas con redes para ictioplancton y juveniles con copos a fin de establecer la existencia de áreas de cría.
- Fauna silvestre. Se obtendrá información básica sobre la ecología, el estado de situación y las modalidades e intensidad de uso de las especies más representativas de mamíferos, aves, reptiles y anfibios mediante: 1) información obtenida en investigaciones anteriores en el área; 2) entrevistas a informantes clave como pobladores con varios años de residencia en la zona [71] y talleres participativos y 3) muestreos específicos de presencia, abundancia relativa y patrón de uso de hábitat

de especies mediante observaciones directas (individuos) e indirectas (signos o indicios) a lo largo de transectas o mediante método de captura y recaptura múltiple bajo condiciones de bioseguridad. Para las entrevistas se aplicarán diseños y metodologías ya desarrollados y probados y para los talleres participativos se seguirán los lineamientos sugeridos por Torgler [77].

- **Suelo.** Se extraerán muestras del perfil de suelos utilizando barrenos y muestreadores de turba. Se describirán parámetros del suelo a campo (color, estructura, compactación) y se prevé la realización de análisis en laboratorio de pH en pasta, Carbono Orgánico (método de Walkley-Black), Nitrógeno Total (método Kjeldahl), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Bases Extraíbles (Na, K, Ca y Mg), porcentaje de fracciones de arena, limo y arcilla (textura) así como algún otro específico a definir como aquellos con relación a su aptitud de habitat para fauna. Los análisis serían realizados por el servicio de laboratorio de suelos del INTA Castelar (incluidos en el presupuesto como servicios de terceros).
- **Parámetros espectrales.** A partir de los datos provenientes de sistemas satelitales se extraerán valores de reflectancia espectral en superficie, temperaturas, índices espectrales (índices verdes, albedo) que serán asociados a los parámetros biofísicos obtenidos a campo y en análisis de laboratorio. Se desarrollarán y/o implementarán metodologías de procesamiento digital para análisis de series de tiempo tales como detección de cambio (análisis de series de tiempo -series de Fourier, Autocorrelación-; análisis de cambios de vectores, álgebra de imágenes, entre otros) y procedimientos de clasificación digital (paramétricos y no paramétricos multi-criterios).
- **Parámetros de paisaje.** A partir de los componentes de la zonificación del punto 1 se calcularán diversas métricas contextuales de la estructura espacial del paisaje [79], [80]: índices de heterogeneidad, fragmentación, textura, contagio, lacunaridad.

2.1.2. Muestreo de detalle. Se seleccionarán sitios representativos de las situaciones propuestas y accesibles en cuanto al traslado, costo y seguridad de los participantes y equipos. Como lugares de trabajo probable se plantean la zona de islas frente a las localidades de Victoria y Villa Constitución para el seguimiento de los usos ganadero y pesquero y para el forestal los establecimientos "Las Animas" o "Las Carabelas" pertenecientes a la empresa Papel Prensa S.A. Se definirán parcelas permanentes en ambientes con y sin uso, donde además de los parámetros descritos para el muestreo regional se incluirán los siguientes:

- **Vegetación.** Estructura, biomasa y productividad de la vegetación de acuerdo a métodos estándar y específicos para humedales ya desarrollados [82] y calidad de forraje.
- **Vida Silvestre:** patrones de riqueza y abundancia de especies y patrones forrajeros de herbívoros domésticos y silvestres [83] [84]
- **Suelo:** variaciones en la textura, compactación, contenido de materia orgánica, nitrógeno, pH y salinidad hasta 1m de profundidad.
- **Sedimentos:** granulometría, contenido de materia orgánica, profundidad de sedimentos no consolidados.
- **Calidad de agua:** concentración de agroquímicos (por ej. componentes activos de glifosato, mirex, fungicidas) e hidrocarburos totales.
- **Morfología del drenaje:** tipo de drenaje (natural o artificial) forma, tamaño, profundidad, tipo de conectividad, presencia y tipo de barreras al flujo de las aguas, procesos erosivos en nacientes, bocas y márgenes.
- **Funcionalidad del drenaje:** flujos de entrada y salida de agua en la boca de zanjas, canales, arroyos y/o conexiones entre lagunas o cuerpos de agua interiores de los establecimientos y el sistema colector principal del drenaje (arroyo, riacho o río).

En los sitios de uso forestal intensivo, tanto las áreas elevadas (albardones) forestadas principalmente con álamos como los ambientes de bajo (pajonales) forestados con sauces, han sido profundamente modificados en su estructura y funcionamiento, alterando la dinámica del agua y el ciclo del carbono [85]. Este hecho, además de producir cambios profundos en la biodiversidad, puede contribuir al aumento de las emisiones globales de carbono a la atmósfera a través de un proceso de oxidación bioquímica y su consecuente efecto sobre el cambio climático. El efecto de la ganadería sobre la vegetación y el suelo ha sido ampliamente estudiado en otras regiones del país [86]. El ganado doméstico también puede afectar a otras especies de herbívoros silvestres ya sea en forma directa (competencia por forraje) o indirecta, por interferencia en el uso de los hábitats. Se desconoce el efecto de actividades de pesca intensiva actuales sobre los demás componentes del ecosistema de humedal, aunque se sabe que dicha actividad modifica la estructura de la

vegetación hidrófita y la circulación del agua como consecuencia de las tareas de abertura de accesos, preparación de canchas de pesca y establecimiento de corrales. Tampoco se ha estudiado en la región los efectos ecológicos del complejo Rosario-Victoria ni de los canales y pasos establecidos para el acceso de pescadores y ganado a las distintas islas.

2.1.3. Servidores de datos y data warehouse espacial. Los datos generados y recopilados durante todo el proyecto se organizarán en las siguientes bases específicas de datos de tipo primario:

- a) Datos geográficos estructurados espacialmente con fuentes originales y procesadas (ej. imágenes satelitales).
- b) Datos espaciales con la interpretación ecológica funcional, los usos del suelo y modalidades productivas actuales y los escenarios de cambio climático.
- c) Datos de mediciones de parámetros.
- d) Datos con información referencial, donde se almacenarán las listas de especies de la región con sus niveles sistemáticos completos, clasificaciones varias en grupos funcionales, firmas espectrales de las coberturas vegetales y referencias bibliográficas.

Estas bases de datos constituirán el llamado *datamart* o repositorio de las fuentes de datos. A partir de dichas fuentes se generará una base de datos dedicada para la exploración y análisis de información, el datawarehouse del proyecto, donde se almacenarán de manera integrada los parámetros ambientales transformados en *indicadores candidatos*. Estos se guardarán con distintos niveles de resumen y agregación tanto temporal como espacial y temática a fin de facilitar la interacción con software estadístico y de análisis y visualización espacial (SIG). Para el diseño del mismo se empleará el enfoque de modelización dimensional [87], que ha resultado adecuado en otros proyectos de investigación basados en colecciones [88]. El grupo de trabajo ya dispone de gran cantidad de datos e información generada que permitirán trabajar durante el primer año en el desarrollo y puesta a punto del prototipo, así como de software de procesamiento de imágenes (ERDAS Imagine 8.5) y de análisis espacial (ArcView 3.2 con las extensiones Image Analysis, Spatial, 3D y Network Analyst). Para la implementación inicial se trabajará con la versión de MS SQL Server disponible para la FCEyN según convenio con Microsoft complementadas con aplicaciones de software libre. En función de las capacidades de administración y mantenimiento que se desarrollen en el grupo se planteará, llegado el caso, la necesidad de migración a una aplicación de software totalmente comercial.

2.2. Identificación de indicadores de integridad ecológica y sus condiciones de referencia.

Como indicadores candidatos de integridad ecológica se utilizarán los parámetros descriptos en el punto anterior o combinados en índices. Estos indicadores deben ser aptos para implementar procedimientos locales o regionales de monitoreo ambiental. Para ello se seleccionarán aquellos indicadores candidatos que muestren mayor sensibilidad a las situaciones consideradas.

Se formularán modelos descriptivos y explicativos de la relación entre indicadores y condiciones ambientales como diversos métodos de análisis cuali y cuantitativo, con referencia espacial explícita y sin ella, tales como análisis de correlación canónica, árboles de decisión y redes neuronales [90], [91]. El diseño de muestreo multiescala a emplear permitirá realizar el análisis preliminar de la sensibilidad de los indicadores ya que se tiene controlada:

- La variabilidad geográfica espacial debida a las características funcionales de los humedales y a los tipos y modalidades de uso y extremos de intensidad de uso.
- La variabilidad temporal con intervalos de muestreo temporal más próximos y parámetros más costosos de mayor poder informativo, obtenidos en los estudios de detalle.

Los parámetros de vegetación muestreados a campo permiten informar acerca del estado del ecosistema, su capacidad de fijación de carbono, de filtrado, de fijación de sedimentos, de amortiguación de inundaciones y oleaje y de la oferta de hábitat para fauna silvestre y de cantidad y calidad de forraje para ésta y el ganado doméstico. Además, la riqueza, diversidad y dominancia de especies o grupos funcionales particulares son emergentes directos de las condiciones ambientales locales. A partir de los datos de campo de presencia y abundancia de especies en cada censo y las condiciones ambientales las plantas se clasificarán de forma de obtener el listado de indicadores en términos de: *Especies indicadoras* de las variaciones del régimen hidrológico y de la topografía local y regional [92]; *Grupos funcionales* en términos por ejemplo del tipo fotosintético : C3, C4 y facultativas C3-C4 [92], el tipo biológico y el origen (nativa-exótica) INBIAR,

<http://www.uns.edu.ar/inbiar/>). Las especies fotosintéticas C4 que sean dominantes serán sometidas a análisis de laboratorio mediante técnicas inmunoquímicas y dataciones de $\delta C^{13}/12$; *Índices de calidad florística* como los descriptos por [93], e índices de conservación.

La determinación de parámetros físicos y químicos del agua permite caracterizar las condiciones de los ambientes acuáticos, informar sobre el estado de calidad del agua y verificar, para determinados parámetros, el cumplimiento de niveles guía establecidos. El cálculo de índices empíricos locales de calidad del agua, como el ICA desarrollado para el Río de la Plata [94] que refleja contaminación orgánica, provee una visión más sintética. Estos índices son adaptables, pudiendo calcularse con todos o parte de los parámetros que incluyen o modificarse el peso de los mismos en la construcción del índice, de acuerdo al objetivo o las características de la región. El análisis de atributos de las comunidades biológicas procura evaluar los sistemas acuáticos por medio de bioindicadores, complementando la evaluación de los indicadores e índices físico-químicos. Fitoplancton, zooplancton, bentos y peces, se diferencian en su forma de responder a los impactos, su grado de sensibilidad así como sus tiempos de respuesta y de recuperación. El muestreo del plancton contribuirá a la evaluación de la integridad de los ecosistemas acuáticos, ya que por su posición en la base de las redes alimentarias acuáticas y su capacidad de responder en forma rápida, es considerado un promisorio indicador de cambios en las características ecológicas de los humedales (Ramsar, 1999). Determinados atributos de la comunidad planctónica (abundancia de fitoplancton, microzooplancton y macrozooplancton, diversidad algal, etc.) se propusieron como potenciales indicadores de integridad ecológica del ambiente acuático [95]. Se considerarán atributos como densidades absolutas, proporciones entre grupos, presencia de organismos sensibles o dominancia de especies tolerantes a la contaminación.

El muestreo de la fauna de peces permite informar sobre el estado de los recursos pesqueros y sobre la integridad biótica de los ecosistemas acuáticos. Para determinar el estado de los recursos pesqueros se utilizarán indicadores de estructura de tallas [96] Para evaluar la condición de las comunidades de peces se emplearán los índices de integridad biótica IBI [97] basadas en gremios tróficos, modificados para ríos neotropicales, índices de comparación abundancia/biomasa, ABC, junto con índices derivados de la abundancia relativa y riqueza de especies agrupadas en gremios reproductivos, de tolerancia y de migración.

Para el caso de los datos espectrales, se parte de la hipótesis de que los datos físicos generados a partir de sistemas satelitales ópticos y de radar de apertura sintética son sensibles a las modificaciones de los parámetros biofísicos de las comunidades (atributos estructurales como índice de área foliar o tipos biológicos, tipo y condición del sustrato, entre otros). Los valores de reflectancia e índices derivados serán asociados a los parámetros biofísicos obtenidos a campo y en análisis de laboratorio. A su vez, el análisis de las series temporales de datos satelitales, tanto ópticos como de radar, permitirá evaluar su utilidad para monitorear los patrones de cambio de las comunidades vegetales a través del registro de variaciones de sus parámetros biofísicos.

Resultados esperados.

Un conjunto de indicadores y sus valores de referencia que den cuenta de la integridad de los ecosistemas de humedal.

Bases de datos estructuradas espacialmente de parámetros biológicos, geoquímicos y físicos y de datos con distinto nivel de procesamiento fácilmente accesibles, en formatos estandarizados.

Protocolos para generación de diseños de muestreo multiescala y multiparámetro y de medición a campo.

Protocolos para ingreso, preprocesamiento e intercambio de datos.

Protocolos para cálculo y selección de indicadores de integridad ecológica en humedales.

2.3. Indicadores de sustentabilidad ambiental de las modalidades productivas actuales.

Se evaluarán los indicadores candidatos (punto 2.1.3) en términos de la oferta y la calidad de bienes y servicios del humedal a la sociedad. Estos serán usados para explorar la sustentabilidad de las modalidades productivas actuales.

Se seguirá principalmente el esquema propuesto por [98]. Como cada humedal es relativamente único en espacio y tiempo, dichos autores recomiendan que los datos sobre sus valores sean obtenidos a través de investigación original y que también las distintas partes interesadas de la región participen del proceso de recolección y verificación de los datos. En este proyecto se trabajara de manera combinada en talleres donde

participaran tanto investigadores de distintas disciplinas, como productores, economistas, funcionarios públicos y representantes de ONGs, metodología que ha dado buenos resultados en otros humedales de la Cuenca del Plata [99].

Sucintamente, el esquema metodológico consistirá en identificar en primer termino el encuadre de la normativa legal ambiental para el área del proyecto; en segundo lugar se identificarán a los actores involucrados, que en este caso particular, muchos ya se encuentran colaborando con el GIEH; en tercer lugar se listará de manera exhaustiva los bienes y servicios que brindan los humedales y se seleccionarán aquellos a valorar, cuantificando en cada unidad espacial la capacidad de proveer cada servicio de manera sostenible a partir del análisis de estado de integridad ecológica. Por último, se obtendrá la valoración total que esta compuesta tanto por valores ecológicos como económicos y socio-culturales. Aunque los valores ecológicos son indicadores directos de la sustentabilidad ambiental, no se espera que guarden relación directa con los económicos o los socio-culturales, ya que al no estar internalizados por los distintos actores, no son considerados de manera efectiva a la hora de las decisiones.

Resultados esperados.

Un conjunto de indicadores y sus valores de referencia que den cuenta de la sustentabilidad de las modalidades productivas actuales.

Un conjunto de indicadores de valoración ecológica, económica y socio-cultural de los humedales de la región.

Puesta a punto de métodos participativos de valoración de humedales.

Reglas de asociación entre los indicadores de integridad ecológica, los bienes y servicios y los distintos tipos de valoraciones.

Mapas de conflictos ambientales.

3. Exploración de la vulnerabilidad de las modalidades productivas frente a escenarios de cambio climático.

En este punto se plantea analizar la vulnerabilidad de los ecosistemas en términos de efectos sobre su estructura y función y las consecuencias sobre la sustentabilidad de las modalidades productivas actuales como resultado de los cambios de las temperaturas y el régimen hidrológico pronosticados en la región para las próximas décadas. Los escenarios de cambio en el delta se manifestarán, básicamente, como variaciones en la distribución geográfica, la abundancia o el estado de las clases de humedales.

Se partirá de los resultados obtenidos en los puntos 2.2 y 2.3 en el marco de los escenarios pronosticados por el IPCC a partir de consideraciones socioeconómicas y tecnológicas (A y B) y sus predicciones para la Cuenca del Plata. Se trabajará, a su vez, con la modalidad de taller con un grupo de colaboradores científicos especialistas en temas de cambio climático en la Cuenca del Plata.

Resultados esperados.

Un conjunto de escenarios (mapas) que den cuenta de la oferta de ecosistemas de humedal como resultado del cambio climático pronosticado.

Un diagnóstico de la vulnerabilidad de las modalidades productivas actuales en el marco de los escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC.

4. Publicación de resultados.

Se prevé la publicación de resultados referentes a la clasificación funcional de humedales e indicadores ecológicos en artículos en revistas científicas internacionales. Por otra parte se planea la elaboración de manuales para la transferencia de las herramientas elaboradas o implementadas en colaboración con el Grupo de Trabajo de Recursos Acuáticos de la Secretaría de Ambiente y Desarrollos Sustentable de la Nación y Wetlands International.

CRONOGRAMA DE TRABAJO (máx. 1 pág.)

Se presentará una tabla de doble entrada con las tareas desagregadas y los tiempos estimados que consumirán.

Tarea específica	Primer año			Segundo Año			Tercer Año		
	1er C	2do C	3er C	1er C	2do C	3er C	1er C	2do C	3er C
1. Clasificación y Zonificación de Humedales.									
1.1 Esquema de clasificación.	X	X							
1.2. Inventario cartográfico de clases funcionales de humedales y de uso del suelo.		X	X						
2. Indicadores a diferentes escalas espaciales del estado de integridad de los ecosistemas de humedal y análisis de la sustentabilidad ambiental de las modalidades productivas.									
2.1. Medición de parámetros.									
2.1.1. Muestreo regional.			X	X					
2.1.2. Muestreo de detalle.			X	X	X	X	X	X	
2.1.3. Servidores de datos y data warehouse espacial.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2.2. Identificación de indicadores de integridad ecológica y sus condiciones de referencia.					X	X	X	X	
2.3. Indicadores de sustentabilidad ambiental de las modalidades productivas actuales.					X	X	X	X	
3. Exploración de la vulnerabilidad de las modalidades productivas frente a escenarios de cambio climático.							X	X	
4. Publicación de resultados			X			X		X	X

Bibliografía citada

- 1.- Skinner, J. y Zalewski, S. 1995. Functions and values of Mediterranean wetlands, Conservation of Mediterranean Wetlands, MedWet. N° 2. Tour du Valat, Arles, France.
- 2.- Tindamanyire, T. 2003. Wetlands, water resources and agricultural productivity: an important synergy for biodiversity conservation. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 29: 39-46.
- 3.- Stolk, M. E., P. A. Verweij, M. Stuip, C. J. Baker y W. Oosterberg. 2006. Valoración Socioeconómica de los Humedales en América Latina y el Caribe. Wetlands International. Los Países Bajos.
- 4.- Pengue, W. 2001. Expansión de la soja en la Argentina. Globalización, Desarrollo Agropecuario e Ingeniería Genética: Un Modelo para armar. *Revista Biodiversidad* N° 29, Montevideo. Disponible en www.grain.org/sp/docs/t-pengue-sp.pdf.
- 5.- Baigún, C. y N. Oldani. 2006. La ictiofauna y los recursos pesqueros en el corredor Paraguay-Parana. En: la situación ambiental argentina 2005. Brown, A., U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corucera (eds.). Fundación Vida Silvestre: 144-147.
- 6.- Barros, V. R. Clarke y P. Silva Dias ed. 2006. El cambio climático en la cuenca del Plata / . Buenos Aires: CIMA-CONICET 2006
- 7.- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. IPCC WGI Fourth Assessment Report. 18pp.
- 8.- Codignotto, J. O. y R. A. Medina. 2005. Morfodinámica del delta del Río Paraná y su vinculación con el Cambio Climático. En Cabaleri N., Cingolani, C.A., Linares, E., López de Luchi, M.G., Osters, H.A. y Panarello, H.O. (eds.) Actas del XV Congreso Geológico Argentino (La Plata). CD-ROM, Artículo 215, 6 pp
- 9.- Brinson, M. y A.I. Malvárez. 2002. Temperate freshwater wetlands: types, status, and threats. *Environmental Conservation*, 29: 115-133.
- 10.- Levy M, S Babu, K Hamilton 2005. Ecosystem Conditions and Human Well-being. En: Millennium Ecosystem Assessment: Current State & Trends Assessment. R Hassan R Scholes y N Ash (Eds):. Island Press, USA. Cap 5.
- 11.- Paruelo, J., Guerschman, J. y S. Verón. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso de la tierra. *Ciencia Hoy*, 15: 14-23.
- 12.- Karr, J.R. y D.R. Dudley. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management* 5: 55-68.
- 13.- Karr, J.R. 1991. Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications* 1:66-84.
- 14.- Finlayson, C.M., Begg G.W., Howes J., Davies J., Tagi K. y Lowry J. 2002. A Manual for an Inventory of Asian Wetlands: Version 1.0. Wetlands International Global Series 10, Kuala Lumpur, Malaysia.
- 15.- Brinson, M. 1993a. A hydrogeomorphic classification for wetlands. U.S. Army Corps of Engineers, Technical Report WRP - DE - 4. Washington, DC. <http://el.erdc.usace.army.mil/wetlands/pdfs/wrpde4.pdf>
- 16.- Smith, A.J y Dumansky, J. 1995. A Framework for evaluating sustainable land management. *Canadian J. Soil Sci.*, 75: 401-406.
- 17.- Malvárez, A.I. 2004. Consideraciones preliminares sobre un sistema nacional de clasificación e inventario de humedales. En Documentos del Curso Taller Bases Ecológicas para la clasificación e inventario de humedales de Argentina. A.I. Malvárez y R. Bó compiladores. Buenos Aires.
- 18.- Neiff, J.J. y A.I. Malvárez 2004. Grandes Humedales fluviales. En Documentos del Curso Taller Bases Ecológicas para la clasificación e inventario de humedales de Argentina. A.I. Malvárez y R. Bó compiladores. Buenos Aires.
- 19.- Lugo, A. E., M. M. Brinson, y S. Brown. 1990. Synthesis and search for paradigms in wetlands. En: Forested wetlands. A. E. Lugo, M. M. Brinson, y S. Brown. (Eds). Elsevier, Amsterdam. 447-460.
- 20.- Neiff, J.J. 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26:167-180
- 21.- Kandus P., P. Minotti y A. I. Malvárez. 2007. La distribución de humedales en Argentina y su estimación a partir de la carta de suelos. *Acta Scientiarum*. En prensa.
- 22.- Canevari, P. D. Blanci, E. Bucher, G. Castro e I. Davidson. 1998. Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación. Wetlands International-Pub. Nro.46
- 23.- 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.
- 24.- Malvárez, A.I. y R. Bó. 2004. Documentos del Curso Taller Bases Ecológicas para la clasificación e inventario de humedales de Argentina. A.I. Malvárez y R. Bó compiladores. Buenos Aires.

- 26.- Bó, R. 2005. Situación ambiental de la ecorregión Delta e islas del Paraná. En A. Brown, U. Martinez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera eds. La situación ambiental argentina 2005. Fundación Vida Silvestre.
- 27.- Baigún C. y N.O.Oldani 2005. La ictiofauna y los recursos pesqueros. Ecorregión Delta e Islas del Paraná. En A. Brown, U. Martinez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera eds. La situación ambiental argentina 2005. Fundación Vida Silvestre.
- 28.- Peteán y Cappato 2005. Equidad y sustentabilidad mediante el manejo de los humedales: La iniciativa del corredor fluvial. Ecorregión Delta e Islas del Paraná. En A. Brown, U. Martinez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera eds. La situación ambiental argentina 2005. Fundación Vida Silvestre.
- 30.- Constanza, R., R. D'Árge., 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
- 31.- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and water. Synthesis. 80pp. (<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>).
- 32.- Hartig, E., Grozev, O. y Rosenzweig, C. 1997. Climate change, agriculture and wetlands in Eastern Europe: Vulnerability, adaptation and policy. *Climatic Change*, 36: 107-121.
- 33.- Gopal, B. 2003. Wetlands, agriculture and water resource management: the need for an integrated approach. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 29: 47-54.
- 34.- 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.
- 38.- Blanco y De la Balze. 2004. Los turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. *Wetlands International*. Pub. 19.
- 39.- Vives T, Frazier P., S., Suyatnon., J.C. Farinha, L.T. Costa, N., Hecker y E. Silva. 1996. Mediterranean Wetland Inventory: Database Manual. MedWet Publication; Wetlands International & ICN Publication, Slimbridge. 120 pp.
- 40.- Brinson 1993b. Brinson, M.M. 1993. Changes in the functioning of wetlands along environmental gradients. *Wetlands* 13:65-74.
- 42.- Rapport, D. J., H. A. Regier, y T. C. Hutchinson. 1985. Ecosystem behavior under stress. *American Naturalist* 125: 617-640.
- 43.- Shaeffer, D., E. E. Herricks, y H. W. Kerster. 1988. Ecosystem health. I. Measuring ecosystem health. *Environmental Management* 12:445-455.
- 44.- McKenzie, D. H., D. E. Hyatt, and V. J. McDonald, editors. 1992. Ecological indicators. Elsevier, New York, New York, USA.
- 45.- Brinson, M. M. y R. Rheinhardt. 1996. The role of reference wetlands in functional assessment and mitigation. *Ecological Applications* 6:69-76.
- 46.- Karr, J. R., y E. W. Chu. 1997. Biological monitoring and assessment: using multimetric indexes effectively. EPA 235-R97-001. University of Washington, Seattle, Washington, USA.
- 47.- Bertolotti, M., Bertoni, M., Volpato. G. 2005. La Valoración Económica del Humedal de Bahía Samborombón. *FACES*, 23.
- 48.- Volpato. G. 2004. Una aproximación a la Valoración del humedal de Bahía de Samborombón. *FACES*, 19.
- 49.- Jackson, L., J. Kurt, y W. Fisher, editors. 2000. Evaluation guidelines for ecological indicators. EPA/620/-99/005. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Research Triangle Park, North Carolina, USA.
- 50.- Cowardin, L. M. V. Carter, F. C. Golet, y E. T. LaRoe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Dep. Interior, Fish and Wildlife. Service. FWS/OBS - 79/31.
- 51.- Camillioni, I.A., Fonseca de Albuquerque Cavalcanti y T. Ambrizzi 2006. Escenarios Climáticos En Barros, V. R. Clarke y P. Silva Dias ed.. El cambio climático en la cuenca del Plata. Buenos Aires: CIMA-CONICET 2006
- 52.- Sarandon, S.J. 1999. Desarrollo y uso de indicadores de sustentabilidad. Seminario-Taller Evaluación de la sustentabilidad en Agroecosistemas. Montevideo.
- 53.- Holling, C.S. 1998. Two cultures of ecology. *Conservation Ecology* [online] 2(2): 4. Available from the Internet. URL: [HTTP://WWW.CONSECOL.ORG/VOL2/ISS2/ART4/](http://WWW.CONSECOL.ORG/VOL2/ISS2/ART4/)
- 54.- Brugnach, M. 2005. Process level sensitivity analysis for complex ecological models. *Ecological Modelling* 187: 99-120.
- 55.- Anastasio, P., Brugnach, M. , Chiew, F. , Filatova, M., Gray, B. , Holtz, G., Lindenschmidt, K.E., Marques, J.C., Pahl-Wostl, C, Pardal, M., Refsgaard, J. , Reichl, J. van der Keur, P. , van der Veen, A. y

- Verdelhos, T. 2006. Complexity and uncertainty and a new role for models. IEMSS 2006 Workshop 8 Position Paper, 1-3
- 56.- Neiff, J.J. 1990. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia* 15(6):424-441
- 57.- Neiff, J.J. M.Iriondo y R. carignan 1994. Large tropical south american wetlands: an overview. En: Link G.L. y Naiman (eds) *The Ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*. Proceedings book, Univ. of Washington pp.:156-165.
- 79.- Turner, S. R. O'Neill, W. Conley, M. Conley y H. Humphries, 1992. Pattern and Scale: Statistics for Landscape Ecology. En *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. Turner, M. y R. H. Gardner Eds. Cap. 2.
- 80.- O'Neill, R.V., J.R. Krummel, R. Gardner, G. Sugihara.1988. Indices of Landscape Pattern. *Landscape Ecology*. 1(3): 153-162.
- 82.- Pralongo, P., Vicari, R., Kandus, P. y Malvárez, I. (2005). A new method for evaluating net aboveground primary production (NAPP) of *Scirpus giganteus* (Kunth). *Wetlands USA* 25(1). 228:232. ISSN: 0277-5212
- 83.- Quintana R. D., Monge S. & A. I. Malvárez. 1998. "Feeding patterns of capybara *Hydrochaeris hydrochaeris* (Rodentia, HYDROCHAERIDAE) and cattle in the non-insular area of the Lower Delta of the Paraná River, Argentina". *Mammalia*, 62 (1) : 37-52. ISSN: 0025-1461
- 84.- Quintana R. D., S. Monge & A. I. Malvárez. 1994. "Feeding habits of capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris*) in afforestation areas of the Lower Delta of the Paraná River, Argentina". *Mammalia*, 58 (4): 569-580. ISSN: 0025-1461
85. Vicari, R., P. Kandus, P. Pralongo and M. Burghi. (2007). Carbon budget alteration due to landcover-landuse change in wetlands. The case of afforestation in the Lower Delta of the Paraná River (Argentina). *River Research*. En prensa ISSN: 1535-1459
- 86.- Sala, O.E., Oesterheld, M., León, R.J.C. y A. Soriano, 1986. Grazing effects upon plant community structure in subhumid grasslands of Argentina. *Vegetatio*, 67: 27-32.
- 87.- Kimball, R. 1998. *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit: Tools and Techniques for Designing, Developing, and Deploying Data Warehouses*. John Wiley & Sons, 771 p.
- 88.- Kimball, R., y Ross, M. 2002. *The Data Warehouse Toolkit: The Complete Guide to Dimensional Modeling*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, 436 p.
- 89.- Jayanthi T., Ananthanarayanan S. and Rajeswari S.2005 *Scientific Data Warehouse and Visualization Techniques*. En *Recent Advances in Information Technology, READIT-2005 Conference Papers*: 146-152.
- 90.- Jongman R.H., Ter Braak y Van Tongeren 1995 *Data análisis in community and landscape ecology*.Cambridge Univ. Press.
- 91.- Witten, I. H.y Frank, E. 2005. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*,. Second Edition , Morgan Kaufmann.
- 92.- Sage R.F., 2004. The evolution of C₄ photosynthesis. *New Phytol* 161, 341–370.
- 93.- Wilhelm, G.S. y D. Ladd. 1988. Natural area assessment in the Chicago region. Pp. 361-375. En *Transactions of the 53rd North American Wildlife & Natural Resources Conference*.
- 94.- Berón, L. 1984. Evaluación de la calidad de las aguas de los ríos de la Plata y Matanza-Riachuelo mediante la utilización de índices de calidad de agua. *Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental*. Ministerio de Salud y Acción Social, Argentina, 51 pp.
- 95.- Xu F.L., S.E. Jørgensen y S. Tao. 1999. Ecological indicators for assessing freshwater ecosystem health. *Ecol. Model.* 116: 77-106.
- 96 Baigún, C. y R. O. Anderson. 1994. The use of structural indices for the management of pejerrey (*Odontheistes bonariensis*, Atherinidae) in Argentine lakes. *Journal of North American Fisheries Management* 13: 600-608.
- 97 Karr, J.R. and D.R. Dudley. 1981.Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management* 5: 55-68.
- 98.- De Groot, R.S., Stuij, M.A.M., Finlayson, C.M. & Davidson, N. 2006. Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services, Ramsar Technical Report No. 3/CBD Technical Series No. 27. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland & Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada. ISBN 2-940073-31-7.
- 99.- Loiselle, S, Rossi, C. Sabio, G. y Canziani, G. 2001. The use of systems analysis methods in the sustainable management of wetlands.*Hydrobiologia* 458: 191–200