

*Encabezamiento*

INDICADORES GEORREFERENCIADOS DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL EN HUMEDALES A ESCALA REGIONAL: DESARROLLO DE UN ESQUEMA CONCEPTUAL Y PROTOCOLO PARA SU OBTENCIÓN EN EL DELTA DEL PARANÁ.

INSTITUCION BENEFICIARIA: Instituto de Investigaciones e Ingeniería Ambiental (3iA), Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).

INVESTIGADOR RESPONSABLE: Dra. Patricia Kandus, +54 11 4580-7264 /65 o 4580-7300 ext: 106, e-mail: [pkandus@unsam.edu.ar](mailto:pkandus@unsam.edu.ar)

**Palabras clave:** *indicadores georreferenciados de sustentabilidad ambiental, humedales, región del Delta del Río Paraná, integración teledetección- datos de campo.*

## INDICADORES GEORREFERENCIADOS DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL EN HUMEDALES A ESCALA REGIONAL: DESARROLLO DE UN ESQUEMA CONCEPTUAL Y PROTOCOLO PARA SU OBTENCIÓN EN EL DELTA DEL PARANÁ.

### 1. PLANTEO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

La sustentabilidad es un estado según el cual las necesidades presentes de la población local son satisfechas sin comprometer la capacidad para cubrir las necesidades de generaciones o poblaciones futuras, en ese u en otros lugares [1]. La sustentabilidad ambiental a su vez, es una propiedad de las actividades humanas que hace referencia a su capacidad de mantener las propiedades estructurales y funcionales que tienen naturalmente los ecosistemas, de forma tal que sostengan a largo plazo los bienes y servicios que los mismos ofrecen a la sociedad.

Los indicadores de sustentabilidad ambiental (**ISA**) dan cuenta del estado de los ecosistemas (sus propiedades estructurales y funcionales) y sus procesos de cambio en relación al desarrollo de las actividades humanas.

La idea de usar indicadores ambientales que den cuenta del estado y evalúen los procesos de cambio que ocurren en los ecosistemas como producto de las actividades humanas, surge a fines de la década del 80 como herramienta para evaluar la salud de los ecosistemas y el manejo de los recursos naturales [2]. Ya en 1988 la *Environmental Protection Agency* (EPA) recomendaba la implementación de un programa para el monitoreo del estado y tendencias de cambio de las condiciones ecológicas y el desarrollo de métodos innovadores para anticipar el surgimiento de problemas ambientales. Desde entonces y hasta la actualidad, se han desarrollado un gran número de indicadores, aplicados a diferentes criterios y sobre variados ecosistemas y, considerando diversas actividades humanas a diferentes escalas [3] [4].

En Argentina, la SAyDS coordina el Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible (SIDSA) a través de una Red de Indicadores de Desarrollo Sostenible que en su cuarta edición del 2009 [5] presenta la expresión espacial de 68 indicadores de sustentabilidad para todo el país sobre la base de las metas del *Millenium Ecosystem Assessment* (2005) [1] y de la ESALC-CEPAL [6]. El marco conceptual para el desarrollo e implementación de estos indicadores tiene en cuenta 4 dimensiones: social, económica, institucional y ambiental. En esta última dimensión se reconocen indicadores de desarrollo y de sustentabilidad<sup>1</sup>. El INTA [7] por su parte, en los últimos años también considera la implementación de indicadores de calidad ambiental para el manejo sustentable de los agroecosistemas, pero a escalas de mayor detalle (regional, cuencas, predios), tratando de rescatar también indicadores que operan a múltiples escalas.

Los **ISA** 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 y de la sustentabilidad de las actividades que allí se desarrollan [8], [9]. En el caso de los humedales<sup>2</sup>, se considera crítico evaluar esta sustentabilidad ambiental a través criterios eco-hidrogeomórficos, los cuales actúan como condicionantes primarios en la provisión de bienes y servicios ecológicos [10, 11, 12]. El *Millenium Ecosystem Assessment* [1] 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.

Un gran número de indicadores han sido aplicados para evaluar la salud de los ecosistemas y la sustentabilidad de las actividades humanas bajo enfoques o problemas particulares. Sin embargo, la forma en que se realizan las acciones humanas y la variabilidad intrínseca en que los ecosistemas responden, hace que los indicadores no se

<sup>1</sup> En el texto del SIDSA se usa el término sostenibilidad en lugar de sustentabilidad, que aquí se toman como sinónimos.

<sup>2</sup> El término humedal involucra una amplia gama de ambientes incluyendo, entre otros, bosques fluviales, pajonales y marismas. En general se utiliza 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 [13]. 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 entonces, 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 [14].

puedan aplicar en forma indiscriminada sin un análisis específico y una consideración teórica adecuada. En el país, existe tradición para el desarrollo de indicadores económicos y sociales pero es reciente el trabajo sobre indicadores ambientales en ecosistemas terrestres y acuáticos, y casi no hay referencia para los humedales. La obtención y aplicación de indicadores de sustentabilidad ambiental que den cuenta a escala regional de la pérdida o degradación de los humedales constituye una necesidad concreta de Argentina.

En el país, cerca del 23% del territorio incluye humedales [15], los cuales abarcan una amplia variedad de tipos [16], [10]. Dentro de estos se destacan los sistemas fluviales asociados a la cuenca del Paraná-Paraguay y, en particular, el Delta del Paraná (**DRP**) por su magnitud, la biodiversidad que alberga, y los bienes y servicios ecosistémicos que provee [17], [12], [18]. Este macrosistema<sup>3</sup> ocupa cerca de 17000 km<sup>2</sup> a lo largo de los últimos 300 kilómetros del Río 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 reciente<sup>4</sup> y el régimen hidrológico diferenciado<sup>5</sup>, permiten definir a esta región como un extenso macromosaico de humedales [20] que presenta un patrón de biodiversidad mucho más rico que el esperable para estas latitudes.

A lo largo de esta región, se desarrollan diversas actividades productivas: agrosilvo-pastoriles (forestación, ganadería, apicultura), extracción de recursos naturales (pesca recreativa y comercial) y turismo, entre otras. 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. La vecindad con el principal cordón industrial de Argentina, con la ciudad más populosa (Buenos Aires) y con la “productiva y pujante” región pampeana, sumado a su difícil acceso y tránsito, a la falta de políticas sustentables y de planificación regional así como probablemente el desconocimiento de alternativas productivas, opacaron su desarrollo. El salto desde el olvido a un protagonismo basado en la extracción desmedida de los recursos (ganadería y pesca), en el reemplazo masivo de las coberturas vegetales originales y regulación de agua (endicamientos agrícolas y urbanos), 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 o a los escenarios ambientales futuros en la región como consecuencia del cambio climático.

El presente proyecto apunta entonces, a contribuir con la elaboración y aplicación de herramientas y productos derivados de la integración de observaciones satelitales y datos de campo a escala regional, para la evaluación de la sustentabilidad ambiental de las modalidades productivas tradicionales actuales, y de la vulnerabilidad del sistema en el marco de los escenarios de usos de la tierra y el cambio climático en la región del Delta del Río Paraná.

En este marco, se propone como objetivo general

**Desarrollar un esquema conceptual y un protocolo de implementación de indicadores georreferenciados de sustentabilidad ambiental (ISAg) en humedales, basados en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos a escala regional, a partir de la integración de observaciones satelitales y datos de campo.**

Se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Proponer indicadores georreferenciados de la sustentabilidad ambiental (**ISAg**) de las actividades tradicionales en los humedales del **DRP** a escala regional, derivados de la integración de observaciones satelitales y datos de campo
- Desarrollar e implementar protocolos y metodologías para la obtención de los indicadores de sustentabilidad ambiental en humedales con su correspondiente marco conceptual.
- Proveer contenidos al observatorio ambiental del PIECAS-DP bajo la modalidad de mapas e infografías sobre los indicadores de sustentabilidad ambiental.

<sup>3</sup> Una de las características sobresalientes del continente sudamericano, es la enorme superficie que ocupan los humedales, con más de un millón de kilómetros cuadrados [19]. 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.

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> 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.

## Hipótesis de trabajo

**H1.** La sustentabilidad ambiental es una propiedad de las actividades productivas que se puede estimar a través de indicadores que den cuenta de los aspectos estructurales y funcionales involucrados en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos.

**H2.** Las modalidades productivas ambientalmente sustentables son las que permiten el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas y se acoplan a su variabilidad interanual y a sus procesos de cambio.

**H3.** La señal registrada por sensores remotos es capaz de captar aspectos estructurales-funcionales relacionados a la provisión de bienes y servicios ecosistémicos.

## 2. RELEVANCIA DEL PROBLEMA Y ORIGINALIDAD DE LOS APORTES

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 [21], [22]. Sin embargo, durante los últimos años esta tendencia ha comenzado a revertirse. En el caso del Delta del Río Paraná (**DRP**) se observa que:

- Los altos rendimientos alcanzados en la producción de granos llevaron a una expansión significativa de la frontera agrícola<sup>6</sup> 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 sumada a un prolongado período de aguas bajas que predominó en los últimos años, condujo a que se pasara de un sistema de ganadería extensiva estacional a uno de tipo intensivo y permanente [23].
- La instalación de frigoríficos transformó las pesquerías de sábalo de una modalidad artesanal y estacional a una industrial y permanente para exportación [24]. A partir de 1998, la reducción en intensidad de los pulsos anuales de crecida, sumado al aumento de la pesca de sábalo para exportación, (88% de la pesca dirigida a estos fines), así como probablemente también el trazado de la conexión Rosario Victoria (que segmenta la planicie de inundación y corta sus flujos naturales) han generado una situación de alerta, caracterizada por un visible y brusco aumento de las capturas coherente con una reducción en la talla media y la abertura de mallas.
- 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. En los últimos tiempos este modelo ha llevado a intentos de agricultura intensiva y en otra escala ha promovido emprendimientos inmobiliarios.
- La operación de un gran número de represas en la Alta Cuenca del Paraná (Brasil), las cuales poseen una importante capacidad de reducir y modificar los pulsos de inundación en la cuenca media y baja por retención de agua durante períodos de escasas precipitaciones.
- Alteración del drenaje y escurrimiento debido a obras hidrotécnicas (hidrovías, terraplenes viales y polderizaciones agrícolas e inmobiliarias)



Figura 1. La cuenca del Paraná en Argentina durante el Niño 1982-83. Imagen NOAA AVHRR

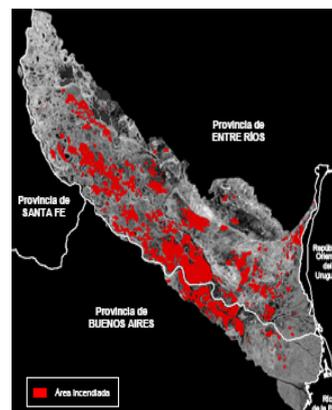


Figura 2. Áreas quemadas hasta mayo de 2008 en el Delta del Río Paraná. Fuente: [128].

<sup>6</sup> El avance de la frontera agropecuaria que se ha dado principalmente en la región 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 y de un cambio en las técnicas de laboreo (de la siembra tradicional a siembra directa).

Este proceso de cambio se sustenta no sólo en una visión de oferta ilimitada y homogénea de recursos naturales sino también en una percepción estática de los humedales. La ocurrencia de inundaciones significativas debidas al evento de variabilidad climática interanual conocido como el ENSO (2007-2010) alternando con períodos de marcada sequía y aguas bajas han sido escenario de mortandad masiva de ganado e incendios descontrolados y muestran las graves consecuencias de la falta de previsión basada en esa falsa perspectiva<sup>7</sup> (Figuras 1 y 2).

Por otra parte, la agudización de eventos extremos (lluvias y sequias) observados en los últimos años [25][26], son 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 [27].

Frente a esta situación en mayo de 2008 la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) lanza el *Plan Integral Estratégico para la Conservación y Aprovechamiento Sostenible en el Delta del Paraná* (PIECAS-DP), en cumplimiento de sus responsabilidades primarias y de acuerdos ambientales internacionales de los que forma parte nuestro país<sup>8</sup>. Los objetivos de este plan involucran diferentes aspectos sobre la conservación de las funciones y de la biodiversidad de la región del Delta, así como la promoción de un desarrollo sostenible de las actividades productivas.

El PIECAS-DP se enmarca como área piloto para lograr un ordenamiento territorial a escala regional dentro del proyecto *Ordenamiento pesquero y conservación de la biodiversidad de los humedales fluviales en los ríos Paraná y Paraguay, Argentina*, presentado recientemente por la SAyDS para su financiamiento por el Fondo Mundial para el Ambiente (Global Environmental Facility, GEF) [28].

El proyecto prevé aportes originales en términos de la producción de Indicadores de sustentabilidad ambiental (ISA) con expresión espacial y de un marco lógico conceptual que permita su comprensión y aplicación dentro del PIECAS-DP.

#### Observaciones de sensores remotos y su aprovechamiento para la obtención de ISA.

La disponibilidad de observaciones satelitales en forma regular de la superficie terrestre constituye una herramienta indiscutible al momento de analizar eventos o procesos que ocurren en el espacio geográfico. Sin embargo, en tanto que se busca estimar los parámetros y variables de estado de ecosistemas, los sistemas satelitales miden magnitudes físicas asociadas con la radiación reflejada, retrodispersada o emitida por la superficie terrestre (ej. reflectancia en superficie, coeficiente de retrodispersión, temperatura de brillo respectivamente) y no siempre es trivial su asociación.

De todos modos, cuando la relación entre la señal registrada por los sensores remotos puede ser vinculada con componentes geo-biofísicos, que den cuenta de aspectos estructurales y aún funcionales de los ecosistemas, la teledetección se transforma en una llave para la espacialización de indicadores y el monitoreo regional. Esto es particularmente importante en regiones con falta de redes de información y difícil acceso.

Existe una importante oferta de datos satelitales a nivel mundial, y en particular el plan espacial argentino incluye satélites tanto ópticos como de microondas. Ya operativo se encuentra el satélite SAC-C (lanzado en el año 2000), que adquiere imágenes en el rango óptico del espectro electromagnético, de resolución espacial media. Previsto en el futuro cercano está el lanzamiento de satélites con sensores en el rango de las microondas, en el marco del SIASGE (Sistema Italo Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias): COSMO SKYMED banda X (Italia) y SAOCOM banda L (Argentina).

En las longitudes de onda del visible y los infrarrojos reflectivos existe amplia documentación sobre la capacidad que tienen los sensores para obtener mapas de vegetación en humedales e identificar sus procesos de cambio [29], [30], [31]. En este caso, diferentes aspectos bioquímicos (presencia de pigmentos en las hojas) y estructurales que van desde la anatomía del parénquima de las hojas, el área foliar, la biomasa vegetal, las características del sustrato (composición mineral y orgánica, grado de saturación con agua) hasta la configuración de los ecosistemas en el paisaje afectan la señal medida. A su vez, la existencia y disponibilidad de largas series de tiempo de datos satelitales ópticos de resolución media (Landsat TM) y aquellos de baja resolución espacial y alta cobertura regional (NOAA-AVHRR, Terra MODIS) posibilita el estudio de ciclos interanuales y el análisis de la dinámica de cambios de los ecosistemas [32], [33], [34], [35].

<sup>7</sup> [http://www.lanacion.com.ar/Archivo/nota.asp?nota\\_id=890626](http://www.lanacion.com.ar/Archivo/nota.asp?nota_id=890626), accedido 13/03/2007, <http://www.clarin.com/diario/2008/04/28/um/m-01661188.htm>, <http://www.clarin.com/diario/2008/04/28/um/m-01660954.htm>, <http://www.clarin.com/diario/2008/05/06/opinion/o-02402.htm>

<sup>8</sup> Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Convención Ramsar (Convención sobre los Humedales) y Programa MAB de la UNESCO

Por otra parte, en la porción de las microondas, los radares de apertura sintética (SAR) tienen características distintivas que les confieren un valor significativo en el caso de los humedales para monitorear y mapear los patrones de inundación [36], [37], [38], [39]. En distintos tipos de vegetación, (particularmente en las longitudes de onda más largas), la energía de microondas transmitida por el radar penetra en la vegetación e interacciona tanto con la misma como con el suelo o el agua debajo de ella dando cuenta del estado del humedal [37], [38].

Las características de natural fragmentación y alta variabilidad espacial y temporal de los humedales determinan que la extracción de información a partir de datos satelitales requiera el aporte de los diferentes sensores disponibles. Esto implica un esfuerzo sustancial de integración de escalas espaciales y temporales así como una conceptualización física clara y formal acerca de los mecanismos de interacción entre la energía electromagnética y el blanco que dan origen a la señal registrada por los sensores.

Uno de los aportes novedosos de este proyecto se basa justamente en el desarrollo de capacidades de integración de datos de campo y observaciones satelitales multiescala (espacial y temporal) y multisensor (óptico y microondas) para la derivación de indicadores que den cuenta del estado y procesos de cambio que ocurren en los ecosistemas del Delta, incorporando en forma explícita la heterogeneidad espacial y su variabilidad temporal.

#### El aporte de esta propuesta

El desarrollo de este proyecto y los productos propuestos constituyen aportes genuinos en el ámbito de la gestión de recursos naturales, mediante la **transferencia de herramientas originales** para su aplicación en áreas de macrosistemas de humedal, y en particular para el Delta del Paraná en el marco del PIECAS-DP. A su vez, en el ámbito académico, se trata de un **desarrollo conceptual original del marco lógico y de los protocolos** en cuanto a la obtención de **indicadores georreferenciados de sustentabilidad ambiental (ISAg)**, identificados en diferentes niveles emergentes de la interacción entre actividades humanas-ecosistemas.

Un aspecto distintivo de la propuesta es que la misma trata una problemática pocas veces considerada en los proyectos de investigación y planificación de gestión, que es evaluar la sustentabilidad en términos de bienes y servicios ecosistémicos incorporando las condiciones de cambio dinámico que poseen los humedales del DRP.

La provisión de **ISAg** en el marco de este proyecto involucra aspectos científico-técnicos cuyo desarrollo en forma integrada es original en nuestro país:

- La conceptualización de la sustentabilidad ambiental en humedales estimada en términos de la provisión de bienes y servicios ecológicos.
- La obtención de indicadores con expresión espacial y temporal explícita en humedales a partir del desarrollo e implementación de metodologías y protocolos de integración de observaciones satelitales y datos de campo.

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 conservación de los humedales de toda la Cuenca del Plata y en particular la ecorregión "Delta e Islas del Paraná".

Finalmente, frente a las intensas y sostenidas transformaciones que ocurren en las formas de producción y usos de la tierra y la certeza de la ocurrencia de un cambio climático y sus posibles efectos en la Cuenca del Plata [25], se torna inminente complementar los escenarios socioeconómicos y tecnológicos y a diferentes horizontes temporales, con indicadores ambientales que den cuenta de las modificaciones posibles en la oferta de bienes y servicios de los ecosistemas.

### **3. 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 ambiental de humedales y ríos.

Dentro del grupo responsable, la Dra. **P. Kandus**, es referente en ecología de humedales y teledetección. Hasta noviembre de 2008 perteneció al Grupo de Investigaciones en Ecología de Humedales de la FCEyN-UBA, fecha en que se al3iA/UNSAM donde organizó junto a la MSc P. Minotti el Laboratorio de Teledetección y Ecoinformática (LETyE). La **MSc H. Karszenbaum** es directora del Grupo de Teledetección (GT) del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE,FCEyN-UBA) y es referente en Argentina en aplicaciones y desarrollos de teledetección óptica y de radar. El **Dr. C. Baigún** del IIB-INTECH (CONICET-UNSAM) tiene una vasta experiencia en el estudio de recursos

acuáticos y pesqueros de aguas continentales y en particular de la Cuenca del Plata. La **Dra. C. Perez Coll** (3iA, CONICET) es especialista en ecotoxicología acuática, principalmente en el uso de anfibios en sus etapas tempranas del ciclo de vida como especies indicadoras del estado de la calidad del agua.

El grupo colaborador por su parte, está conformado por especialistas de 4 universidades (Univ. Nacional de San Martín, FCEyN-Univ. de Buenos Aires, Univ. General Sarmiento, Universidad Nacional de Lomas de Zamora) y 4 institutos de CONICET (ILPLA, IAFE, INTECH y Museo Bernardino Rivadavia). 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.

Una buena parte de los investigadores involucrados en esta propuesta han trabajado durante muchos años en el estudio de diferentes aspectos ecológicos, en teledetección aplicada a la región del Delta del Paraná y en la problemática de los humedales en el país.

En la actualidad, varios investigadores participan en dos proyectos de investigación en curso en la región del Delta, que ha producido numerosos aportes, que se suman a anteriores y sustentan la presente propuesta:

- Herramientas para la evaluación de la sustentabilidad ambiental en ecosistemas de humedal de la región del Delta del Río Paraná. PICT 1849 Agencia SECyT (2007-2010). Dir.P. Kandus
- Teledetección satelital en microondas: desarrollos para aplicaciones ambientales PICT 1203 Agencia SECyT (2007-2010). Dir. H. Karszenbaum.
- Problemática ambiental de la Cuenca del Río Luján. Manejo y gestión del recurso hídrico. PICT 20.417 (2004), Dir. Mg. María Di Pace.

#### Algunos resultados preliminares:

Un paso fundamental para la comprensión de la región y la formulación de la hipótesis está dado por el análisis de la heterogeneidad espacial a escala regional del **DRP** basada en criterios hidro-geomorfológicos, así como el análisis de la vegetación [20] y los procesos de sucesión primaria de la vegetación en islas del frente de avance [40], [41], [42].

Se suman las primeras caracterizaciones sobre la dinámica poblacional y estimaciones de los patrones de productividad primaria aérea (PPNA) y almacenaje de carbono en suelos de comunidades de pajonales y juncales que dominan cerca del 30% de la superficie del DRP [43,44]. Se evaluaron las implicancias de su reemplazo por forestaciones en términos de balance de carbono [45]. Se elaboró un modelo de relación entre *PPNA* y *datos satelitales* [46]. Frente a los recientes incendios de 2008, se realizaron evaluaciones de la pérdida de carbono en suelos y la resiliencia del sistema [27].

Se desarrollaron estudios sobre la intensificación del uso pastoril y silvopastoril del DRP [47,48]. Los trabajos realizados por los investigadores del Programa Silvopastoril de la FCA-UNLZ sobre forrajeras del pastizal natural del Delta han demostrado que muchas de esas especies poseen muy buenos índices de valor nutritivo (proteína y digestibilidad) y de preferencia animal [113]. Varias de estas especies del Delta son similares a algunas de las especies forrajeras cultivadas en la región pampeana [49-51]. En cuanto a la capacidad de carga animal para el pastoreo, los pastizales del Delta son en promedio equivalentes a los pastizales de campos de cría de la Cuenca del Salado, Pcia. de Bs. As [114]. Los valores anuales de capacidad de carga oscilan entre 0,4 a 0,6 UG/ ha/año.

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 Plata y del Pilcomayo en particular, se han realizado campañas de pesca experimental en el valle aluvial como parte de la diagnosis de los recursos pesqueros y de biodiversidad [24, 52-54, 117]. El grupo acredita también experiencia en evaluaciones de pesquerías comerciales en el área del Paraná Medio, de pesquerías deportivas en humedales pampeanos y en la implementación de indicadores para el desarrollo sostenible de humedales costeros (Reserva de Biosfera Mar Chiquita y sitio RAMSAR Bahía de Samborombón).

Se han realizado diversos aportes al conocimiento de la diversidad de fauna silvestre y la oferta del DRP como hábitat de especies de interés económico o emblemático [55-59]

Se trabajó también, en la caracterización fisicoquímica y toxicológica de cuerpos de agua contaminados, (cuencas del Matanza-Riachuelo, Reconquista y arroyos de la Pcia. de Buenos Aires) [60-62]. Se ha trabajado en la estandarización de bioensayos de toxicidad especialmente con anfibios en sus etapas tempranas de desarrollo (62), destacando la importancia de la utilización de especies nativas, sensibles y *no blanco* de la aplicación de sustancias derivadas de actividades agroindustriales, industriales o residuos urbanos. Los bioensayos de toxicidad se han implementado para

el estudio de distintos tipos de matrices [60,61]. Se ha evaluado la toxicidad de metales pesados [63-66] y de agroquímicos como ingredientes activos orgánicos solos y en formulados comerciales [67,68, 102]. Asimismo se ha evaluado la incorporación de estas sustancias en los organismos [68-71]. Se han estudiado los efectos de las bajas concentraciones [65,66] y los efectos de interacción entre las sustancias [72]. Estas últimas dos situaciones tienen una elevada relevancia ecológica ya que son las que ocurren más frecuentemente en los escenarios naturales pudiendo conformar verdaderos cócteles tóxicos.

Diversos son los aportes realizados en cuanto al conocimiento del área a partir de observaciones satelitales ópticas 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. Se realizaron mapeos de vegetación con datos Landsat TM y SAC C MMRS [18, 29, 31,112]. También se realizaron mapas de patrones funcionales de ecosistemas y unidades de paisaje sobre la base de series de tiempo de datos NDVI de la serie NOAA-AVHRR y Terra-MODIS [34, 35]. 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 durante eventos de inundación [36-38,73,74], integrando también observaciones de sistemas Radarsat, ERS2 y ENVISAT usando predicciones realizadas a partir de modelos electromagnéticos sobre propiedades biofísicas de los humedales como la estimación de volúmenes de agua bajo la cubierta vegetal con métodos multipolarimétricos.

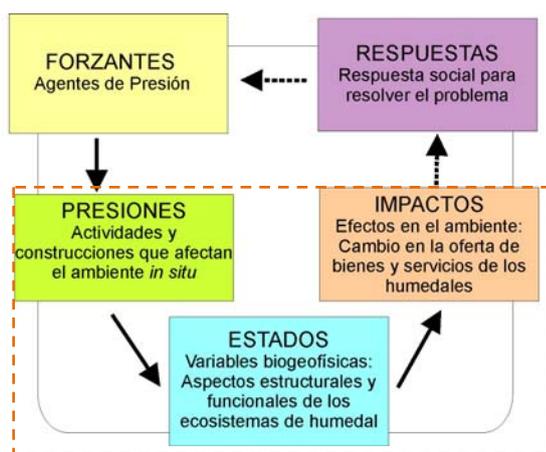
#### 4. CONSTRUCCION DE LA HIPOTESIS Y JUSTIFICACION GENERAL DE LA METODOLOGIA DE TRABAJO

El eje del presente proyecto se desarrolla en torno a la provisión de **ISAg** para la gestión de humedales y de metodologías para su obtención e implementación. Estos indicadores, deben evaluar la sustentabilidad ambiental de un conjunto de actividades productivas tradicionales en el DRP, en el marco del actual desarrollo económico y bajo los escenarios de intensificación de esas actividades y los propuestos de cambio climático para la Cuenca del Plata.

Se parte de que el **DRP** constituye un macrosistema de humedales conectados e interrelacionados y que a diferencia de los ecosistemas terrestres, su estructura, funcionamiento y las respuestas frente a presiones están fuertemente ligada a aspectos eco-hidrogeomórficos.

En este proyecto hemos adoptado el marco denominado **FORZANTES-PRESIÓN-ESTADO-IMPACTO-RESPUESTA** (DPSIR por sus siglas en inglés Drivers-Pressure, State, Impact, response, [75] ) que se resume en la **Figura 3**. Entendemos por **FORZANTES** a los agentes que generan **PRESIONES** sobre los ecosistemas. Los **FORZANTES** incluyen tanto a condicionantes socioeconómicos y actividades productivas como a los procesos ambientales regionales o globales que inciden en el área de estudio. Entre las actividades productivas tradicionales consideramos , en cuanto a su extensión e importancia económica en la región, a la ganadería, la pesca comercial de sábalo, la forestación de salicáceas, la apicultura y el turismo. Entre los procesos ambientales incluimos la variabilidad interanual, el cambio climático y también las emisiones de efluentes industriales y urbanos de zonas vecinas.

Las **PRESIONES** producen modificaciones del **ESTADO** de los humedales, el cual se estima a través de variables



**Figura 3.** Esquema conceptual de interrelaciones entre las actividades humanas, los ecosistemas de humedal. Adaptado de [75]. Área de aporte del proyecto: caja punteada naranja.

biogeofísicas relacionadas con aspectos estructurales y funcionales. En este esquema, se entienden como **IMPACTOS** los cambios en la oferta de bienes y servicios ecosistémicos derivados de las modificaciones en los aspectos estructurales y funcionales de los humedales. Bajo esta perspectiva, las **dimensiones** o **criterios** en base a los cuales se ordenan los **ISAg** considerados involucran: la regulación hidrológica, la producción primaria, la producción secundaria, la calidad del aire, la calidad del agua y la conservación de biodiversidad.

La percepción del **IMPACTO** genera una **RESPUESTA** socio-política que puede incidir a su vez, en la gestión y la toma de decisiones sobre los agentes **FORZANTES**. La respuesta social incluye por ejemplo la generación de normativa legal ambiental, planes de ordenamiento territorial y planes de manejo específicos (pesqueros, de incendios, etc.). También incluye el desarrollo e implementación de guías de buenas prácticas agro-silvopastoriles, protocolos de Eco-certificación y de gerenciamiento efectivo de áreas protegidas.

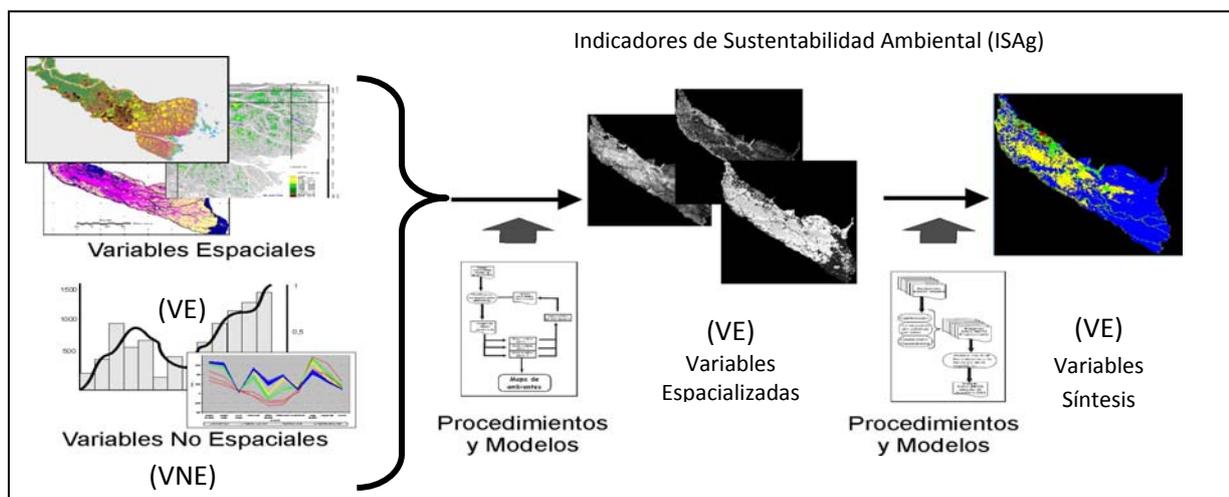
La hipótesis **H1** asume que la sustentabilidad ambiental es una propiedad de las actividades productivas. Una actividad productiva es sustentable en tanto mantenga la capacidad de los ecosistemas de humedal de proveer bienes y servicios y se acoplen a su variabilidad interanual y sus procesos de cambio (**H2**).

En este marco, las actividades productivas generan PRESIONES que afectan el ESTADOS de los humedales y eventualmente producen IMPACTOS sobre la capacidad de proveer bienes y servicios en tanto esas actividades no se acoplen a la dinámica ecológica del DRP. Diversas variables dan cuenta de los niveles de PRESIONES, ESTADOS e IMPACTOS. Algunas de estas variables son registradas por observaciones satelitales y son espacialmente explícitas (**H3**). Otras variables, georreferenciadas o no, son registradas en forma local en sitios particulares, pero pueden ser espacializadas (mapeadas) al ser integradas con observaciones satelitales a través de modelos [37, 46, 74,76,].

## 5. TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACION Y MÉTODOS

El esquema metodológico involucra la producción de indicadores georreferenciados de sustentabilidad ambiental (**ISAg**) en los diferentes niveles identificados en el esquema conceptual propuesto: **PRESION, ESTADO e IMPACTO**. El listado de **ISAg** (Tabla 1) surge como resultado de las diversas experiencias de las unidades ejecutoras que conforman el grupo de trabajo y de los trabajos desarrollados en el marco de los proyectos PICT 1849 y PICT 1203, Agencia SECyT (2007-2010). La metodología para la obtención de muchos de los indicadores ya ha sido desarrollada en proyectos anteriores; en otros casos se trata de información disponible en documentos bibliográficos o cartográficos, que debe ser sistematizada.

La mayoría de los indicadores propuestos están georreferenciados y presentan cobertura continua en todo el DRP porque se derivan de observaciones satelitales o porque involucran algún modelo espacial para su generación (distribución geográfica de áreas bajas o de tipos de vegetación, entre otros); se los denominará **VE: variables espaciales**<sup>9</sup>. En otros casos, se trata de indicadores que involucran datos asociados a observaciones de carácter puntual como censos, muestreos o entrevistas a informantes claves (ej.: composición específica y estructura de tallas de peces o vegetación, variabilidad hidrológica). Si bien dichas observaciones o muestras pueden estar georreferenciadas, no presentan una expresión espacial continua y por lo tanto se los denominará **VNE: variables NO espaciales**. Sin embargo, pueden ser **espacializadas**<sup>10</sup> mediante distintos métodos (modelos numéricos o conceptuales, métodos geoestadísticos y de minería de datos geográficos, entre otros [77-79]) pudiendo luego integrarse con indicadores espacialmente explícitos (**Figura 5**).



**Figura 5.** Esquema del desarrollo metodológico para obtención de indicadores georreferenciados de sustentabilidad ambiental.

Los indicadores de **ESTADO** incluyen **VE** y **VNE** en tanto que los de **PRESIÓN** e **IMPACTO** son **VE**. Los indicadores de **IMPACTO** son variables de síntesis, que integran a los indicadores del estado y de la presión sobre los ecosistemas, y se trata de variables sensibles a las presiones sobre los humedales, anticipadoras del comportamiento de algún bien o servicio que este ecosistema provee.

La presentación del desarrollo metodológico para la obtención de indicadores se organiza de acuerdo a las diferentes **dimensiones/criterios** propuestos, en las que se manifiesta la acción de los forzantes sobre el DRP.

<sup>9</sup> En ecología se prefiere el uso del término “espacialmente explícito” para referirse a las variables espaciales.

<sup>10</sup> En geoestadística se prefiere el uso del término variable regionalizada.

**Tabla 1.** Listado de ISAg ordenados de acuerdo al esquema conceptual propuesto.

FORZANTES	Dimensión o Criterio	ÁREA DE APORTES DEL PROYECTO			RESPUESTA
		PRESIÓN	ESTADO	IMPACTO	
Transporte comercial Actividades agrosilvo-pastoriles Turismo Actividades extractivas de recursos naturales Desarrollo urbano Desarrollo industrial Protección de áreas naturales Variabilidad climática interanual Tendencias de cambio climático Conservación de biodiversidad	Regulación hidrológica	Obras de infra-estructura hidráulica e hidrovial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Variabilidad hidrológica</i></li> <li>- Infraestructura que forma barreras a circulación libre del agua</li> <li>- Infraestructura que acelera circulación</li> <li>- Distribución de áreas bajas.</li> <li>- Distribución de cursos de agua naturales</li> <li>- Alcance de inundación/anegamiento</li> <li>- Cambio de temperatura Superficie</li> <li>- Cambio Precipitaciones.</li> </ul>	Área de anegamiento durante las crecidas (reducción de superficie; reducción de permanencia)	Generación de normativa legal ambiental Planes de ordenamiento urbano Planes de manejo específicos (pesqueros, de incendios, etc.). Desarrollo e implementación de guías de buenas prácticas agrosilvopastoriles. Eco-certificación. Áreas protegidas con gerenciamiento efectivo.
	Producción primaria	Distribución de áreas de pastoreo Distribución de áreas Quemadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Composición específica y estructura de la vegetación</i></li> <li>- <i>Palatabilidad de las especies herbáceas nativas</i></li> <li>- <i>Características fisicoquímicas del suelo</i></li> <li>- Distribución de cobertura vegetal</li> <li>- Distribución de tipos de vegetación (sp dominantes, funcionales, formas de vida)</li> </ul>	Distribución de áreas de calidad forrajera de nativas (reducción) Distribución de suelo desnudo (aumento)	
	Producción secundaria	<i>Caladeros de pesca comercial</i> Distribución de áreas de Pastoreo Distribución de Obras de infra-estructura hidráulica e hidrovial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Composición específica y estructura de tallas de peces</i></li> <li>- <i>Capturas pesqueras</i></li> <li>- <i>Variabilidad hidrológica</i></li> <li>- <i>Características fisicoquímicas del agua</i></li> <li>- Distribución de tipos de ambientes acuáticos</li> <li>- Distribución de cursos de agua</li> <li>- Alcance de inundación/anegamiento</li> </ul>	Áreas de cría/refugio para peces de importancia comercial (reducción)	
	Emissiones atmosféricas	Distribución de áreas quemadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Biomasa aérea de plantas herbáceas</i></li> <li>- <i>Características fisicoquímicas del suelo</i></li> <li>- Distribución de tipos de vegetación</li> <li>- Distribución de biomasa vegetal aérea</li> <li>- Distribución de áreas quemadas</li> </ul>	Emissiones de gases de efecto invernadero por quemas de biomasa aérea	
	Calidad del agua	Vertidos de efluentes varios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Parámetros limnológicos</i></li> <li>- <i>Metales pesados en agua y macrofitas</i></li> <li>- <i>Bioensayos de toxicidad</i></li> <li>- Distribución de tipos de ambientes acuáticos</li> <li>- Distribución de tipos de vegetación</li> <li>- Distribución de cursos de agua</li> <li>- Alcance de inundación/anegamiento</li> </ul>	Calidad de agua Riesgo ecotoxicológico (aumento para anfibios peces, disminución por función filtrado)	
	Conservación de biodiversidad	Áreas de reserva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Normativa legal de protección/conservación de recursos naturales y áreas protegidas</i></li> <li>- Efectividad de manejo METT</li> <li>- Distribución de áreas protegidas</li> <li>- Distribución de tipos de bosques nativos</li> <li>- Distribución de tipos de ambientes de humedal/acuáticos</li> </ul>	Distribución de efectividad de manejo para conservación de biodiversidad Bosques protegidos (% distribución, % región, % nación) Tipología de ambientes protegidos (% distribución, % región, % nación)	

La producción de indicadores en cada una de las dimensiones involucra productos ya desarrollados por el grupo responsable y colaborador, trabajo de campo para completar la cobertura de información y trabajo de gabinete para

el análisis e integración de información y producción de nuevos indicadores. El trabajo de campo de la mayoría de las dimensiones se realizará en forma conjunta.

## **Desarrollo Metodológico**

### **5.1. Dimensión de Regulación Hidrológica**

El servicio de regulación hídrica hace referencia a las capacidades de almacenaje y conducción de los flujos de agua. Durante los periodos húmedos debidos a crecientes fluviales o lluvias se acumula agua en las áreas bajas como lagunas someras, esteros y bañados, que luego es liberada lentamente durante los periodos secos, aportando al nivel de flujo base de los cursos de agua [80, 81]. Este servicio ecológico está definido por el emplazamiento topográfico y geomorfológico en relación a los flujos de agua dominantes, y modulado por la cobertura vegetal que recubre las distintas geofomas [10]. A su vez, esta combinación actúa como atenuadora de crecidas, control de erosión y como trampa de retención de sedimentos [80].

Dentro de esta dimensión enfocamos el interés en los componentes estructurales tanto naturales como construidos que afectan dicho servicio, haciendo hincapié en los endicamientos forestales y agropecuarios, y la infraestructura de transporte.

#### **Indicadores de Presión**

Distribución de áreas de uso de la tierra –UT (VE). Se obtiene a partir de la integración del Mapa de Unidades de Paisaje [73] (VE), de los mapas de superficies forestales [82, 112](VE), y de datos disponibles de campo sobre relevamientos y consultas y encuestas a pobladores, empresas y técnicos calificados (VNE).

Distribución de hidrovas y canales de navegación – DHC (VE). Se encuentran disponibles en formato vectorial en la base de datos del LETyE-UNSAM y el GIEH-UBA, provenientes de [83] y [103].

Distribución de terraplenes y rutas – DTR(VE). La localización de la traza de caminos y terraplenes de la región se deriva de la base de datos del LETyE-UNSAM y el GIEH-UBA.

Distribución de áreas endicadas – DAE (VE). Se deriva del mapa de endicamientos de la base de datos en formato vectorial del LETyE-UNSAM y el GIEH-UBA.

#### **Indicadores de Estado.**

Cambio de la temperatura del aire en superficie TS. Se considera como la desviación de las temperaturas media, máxima media y mínima media, decadas, anuales, estacionales y mensuales, del aire en superficie respecto a las medias respectivas del periodo 1961-1990. Se obtiene de procesar datos de series temporales históricas de temperatura (Servicio Meteorológico Nacional, <http://www.smn.gov.ar>). El cambio de temperatura se puede considerar como un indicador sencillo de riesgo ecológico: una tasa general de cambio de temperatura de 0,1 °C por decenio es el límite máximo en exceso del cual se prevé que aumentarán rápidamente los riesgos de grave daño a los ecosistemas y a las zonas costeras vulnerables y de cambios repentinos del sistema climático [84].

Cambio de la precipitación Pp. Es la desviación de la precipitación total anual, en un año dado, y por estaciones del año, en relación con la media de sus valores en el periodo 1961-1990, obtenida de procesar datos de series temporales históricas de precipitación [128]. Es un indicador de estado. Se analiza en este sentido la desviación de la precipitación total por estaciones del año. En las décadas recientes ha habido un cambio en los fenómenos extremos de lluvias, como la sequía meteorológica, y la actividad humana está modificando los cursos de agua, afectando afectar seriamente la disponibilidad de agua para la generación de energía hidroeléctrica.

Variabilidad hidrológica – VH (VNE). Se obtiene de procesar datos históricos hidrométricos [110] y pluviométricos [111] utilizando el software Pulso [86] para estimar los parámetros que describen dicha variabilidad (la frecuencia, amplitud, intensidad tensión, estacionalidad, duración de la crecida o estiaje, etc.) y para determinar las ventanas de tiempo asociadas a cada periodo de crecida o estiaje a fin de seleccionar las imágenes satelitales representativas.

Distribución de redes de conducción – DRC (VE). Surge del mapa de distribución de cursos de agua naturales y artificiales en formato vectorial de la base de datos del LETyE-UNSAM y el GIEH-UBA.

Distribución de áreas de almacenamiento/amortiguación – DRA (VE). Corresponde a la digitalización de áreas de bañados, lagunas, esteros y otras áreas bajas de las cartas topográficas 1:50000 del IGN disponibles en la base de datos del LETyE-UNSAM y el GIEH-UBA, y a las obtenidas en el marco de la tesis de M. Borro (Becaria Doctoral MYNCyT).

Alcance de inundación/anegamiento – AI (VE). Se obtiene del análisis de imágenes MODIS y LANDSAT en el marco del trabajo de beca de Marta Borro (Becaria Doctoral MYNCyT) y de series de tiempo de datos de Radar ENVISAT-ASAR y SAR-ERS2.

#### **Indicadores de Impacto.**

Distribución de áreas modificadas por infraestructura hidrovial y agrosilvopastoril AMI (VE). Surge de integrar DRC, DRA, DHC, DTR y DAE.

Distribución de superficie con distintos tiempos de permanencia de la aguas TPA (VE). Se deriva de la integración de DRA, AI y VH.

## 5.2. Dimensión de Producción Primaria

La producción primaria de los ecosistemas constituye el sostén de las tramas tróficas que en ellos se desarrollan así como de las actividades productivas, en particular las extractivas. Dentro de esta dimensión enfocamos el análisis a la producción primaria sostén de la actividad ganadera bovina en ambientes naturales. Muchas especies nativas tienen un alto valor forrajero, comparable a las tradicionales de tierra firme (ej. *Phalaris angusta*, *Glyceria multiflora*, *Echinochloa helodes*) En este sentido, queda excluida la actividad silvopastoril en áreas endicadas.

### Indicadores de Presión.

Distribución de áreas de Pastoreo - DAP (VE). El “Mapa de áreas de pastoreo” se deriva del “mapa de uso de la tierra” (UT) (ver punto anterior).

Distribución de áreas Quemadas - DAQ (VE). Se dispone de los mapas de áreas quemadas durante el año 2008 de la Región del Delta del Paraná de la Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable SAyDS, y Salvia [35]. Se utilizará también el producto satelital MCD45A1 MODIS Collection 5 Burned Area, que proporciona número de áreas quemadas con una resolución de 500 m desde el 2000 a la actualidad, disponibles en <http://modis-fire.umd.edu>.

### Indicadores de Estado.

Composición específica y estructura de la vegetación - V (VNE). En la base de datos del LETyE-UNSAM y el GIEH-UBA se cuenta con censos fitosociológicos completos distribuidos en la región y relevamientos de especies dominantes de la cobertura de herbáceas disponibles y estimaciones de biomasa aérea total (verde y seca) de especies dominantes de comunidades de mayor expresión espacial en la región ([20, 41, 42] y parte del trabajo de tesis doctoral de P. Gramuglia y de N. Morandeira, becarias doctorales de CONICET). Se prevé completar el relevamiento en áreas remanentes en la zona de Victoria y para esto, se estimará con métodos expeditivos la abundancia relativa por especie. Se recolectaran individuos para el herbario de referencia, se determinaran taxonómicamente las especies de plantas completando la lista florística. Se clasifican en función del tipo fotosintético, el tipo biológico (características morfoecológicas y el origen (nativa-exótica) (INBIAR, <http://www.uns.edu.ar/inbiar/>).

Palatabilidad de las especies herbáceas nativas - PEN (VNE). Se cuenta un listado de especies nativas palatables para el ganado vacuno y con datos de su palatabilidad y valor nutritivo, valor nutritivo evaluado en los trabajos del grupo dirigido por C. Rossi de la Univ. de L. de Zamora [49][113]. Se extenderán las determinaciones a un conjunto de diez especies adicionales.

Características fisicoquímicas del suelo - S (VNE). Se cuenta con datos físico-químicos de las capas superficiales del suelo en islas en diferentes sitios del Delta. Los datos corresponden a valores obtenidos y publicados en tesis doctorales sobre contenido de materia orgánica, densidad aparente, textura, nitrógeno y fósforo total. En sitios donde se completan los datos de vegetación, se tomarán muestras de suelo que serán analizadas en el laboratorio de CONICET- LANAIS dependiente de la Universidad Nacional del Sur para pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo total.

Distribución de cobertura vegetal - DCV (VE). En las áreas de pastoreo (DAP), se analizará una serie de tiempo de datos de NDVI y de Brightness (Tasseled Cap) de la serie Landsat TM para épocas de aguas bajas. En este caso se cuenta con un banco de más de 400 escenas de toda la región bajo estudio (Path-Row: 225-83, 225-84, 226-83 y 227-82). Se calibrarán datos de campo con datos de presencia de suelo desnudo, baja y alta cobertura vegetal.

Distribución de tipos de vegetación (especies dominantes, funcionales, formas de vida) - DTV (VE). Se cuenta con mapas de vegetación y ambientes de la porción del delta inferior elaborados a partir de observaciones Landsat TM [50] y de todo el Delta elaborados a partir de datos SAC-C MMRS [35]. Se encuentra en desarrollo el mapa de vegetación a partir de una serie de tiempo de datos Landsat TM y ETM+ y datos que surgen de V y S (ver puntos anteriores) para la porción media y superior del Delta (en el marco de la beca doctoral de CONICET de N. Morandeira).

### Indicadores de Impacto.

Distribución de áreas de calidad forrajera de nativas DCF (VE). Se deriva de la integración de DTV y de PEN.

Distribución de suelo desnudo DSD (VE). Se deriva de la integración de DCV, S, DAQ y PEN.

## 5.3. Dimensión de Producción Secundaria

La producción secundaria en este proyecto será analizada para el caso de la producción pesquera, con énfasis en el sábalo (*Prochilodus lineatus*). Esta especie migradora detritívora de la cuenca Paraguay-Paraná es la fuente de pesca comercial para exportación de la región y pesca artesanal, constituyendo la base de las redes tróficas de otras especies de peces migradores de importancia regional comercial y deportiva, como son el surubí (*Pseudoplatystoma corruscans* y *P. reticulatum*) y el dorado (*Salminus brasiliensis*). En grandes ríos la producción pesquera está gobernada por la dinámica espacial y temporal de los pulsos de inundación [87, 121, 127]. Las áreas inundadas vegetadas proporcionan áreas de cría y refugio para especies de importancia socio-económica [88-91]. La entrada de nuevos individuos (reclutas) a la pesquería está relacionada con la magnitud anual de estos pulsos [116, 122, 126]. Por otra parte, diversos autores han encontrado una fuerte relación entre diversos índices hidrológicos, que dan cuenta como dicho rendimiento se modifica en función de intensidad del pulso, así como de su duración [120, 125]. Ello implica que el área de inundación representa un factor crítico para favorecer este proceso por lo que resultaría de gran importancia la obtención de indicadores hidrológico predictivos de la producción pesquera, basados en la dinámica hídrica y características de las lagunas del valle aluvial.

### **Indicadores de Presión.**

Caladeros de pesca comercial - CPC (VE y VNE). Surge de relevamientos realizados a lo largo del Rio Paraná en el marco de proyectos anteriores y de entrevistas a pobladores e informantes locales a realizar.

Áreas de pesca deportiva- APD (VE y VNE). Surge de recopilar información sobre clubes y muelles de pesca disponibles en Internet y de entrevistas a pobladores e informantes locales a realizar durante las salidas de campo del proyecto. Se cuenta con información histórica para la década del '70 y del '80 [53,117].

Distribución de áreas de pastoreo - DAP (VE). Descripto en 5.2.

Distribución de Áreas Quemadas - DAQ (VE). Descripto en 5.2.

### **Indicadores de Estado.**

Variabilidad Hidrológica - VH (VNE). Ya descripto en 5.1.

Distribución de tipos de ambientes acuáticos - DAA (VE). En el marco de la beca doctoral de M. Borro se está generando una tipología de ambientes acuáticos a partir de análisis multitemporal de imágenes satelitales y muestreos limnológicos con su correspondiente distribución espacial.

Capturas de Peces - CP (VNE). Se cuenta con información de muestreos de peces provenientes de trabajos a campo realizados por el grupo responsable y colaboradores para algunos regiones del Delta y de estudios de monitoreos de recursos [52, 92, 88-90, 118]. Se harán muestreos de tipo rápido con baterías de redes agalleras para completar una muestra representativa de los tipos de ambientes acuáticos lenticos (lagunas, esteros, madrejones, bañados) dentro y fuera de las áreas de pesca comercial siguiendo el enfoque de Baigun et al. [54]. Se determinaran las especies de peces presentes, su abundancia como número de individuos y su tallas (longitud estándar).

Estructura de tallas de Sábalo - ETS. (VNE). La talla de los peces es un indicador que permite monitorear el estado de explotación de una pesquería. Se cuenta con datos y análisis de relevamientos pesqueros recientes y anteriores a la explotación industrial para exportación [93]

Parámetros limnológicos básicos - PL (pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura). Se cuenta con información limnológica previa de diversos cuerpos de agua del Delta en la base de datos del LETyE y se realizarán dos muestreos de cobertura regional (aguas medias y bajas) representativos de la variedad de ambientes acuáticos.

Alcance de Inundación - AI (VE). Se produce en el ítem 5.1

**Indicadores de Impacto.** Si bien estos indicadores están planteados sólo para Sábalo pueden ser obtenidos también para otras especies.

Áreas de cría para Sábalo ACS (VE). Se genera un modelo de nicho ecológico [94] para determinar la distribución potencial de juveniles de sábalo partir de los datos de CP y ETS considerando solo la presencia de larvas y juveniles en función de VH, DTA, PL y AI. El modelo genera una superficie de probabilidad para la presencia de juveniles correspondiente a cada creciente disponible en las imágenes satelitales.

Áreas de refugio para Sábalo ARS . Se genera un modelo de nicho ecológico [94] para determinar la distribución potencial de juveniles de sábalo partir de los datos de CP y ETS en función de VH, DTA, PL y AI, considerando todos los tamaños. A este modelo se le restan espacialmente las distintas áreas de presión.

### **5.4. Dimensión de Emisiones Atmosféricas**

La quema de biomasa a cielo abierto de vegetación viva o muerta, tanto por quemas agrícolas como por incendios no controlados, produce emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), así como óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO) precursores de otro GEI, el ozono troposférico (O<sub>3</sub>) [26,119]. Las quemas afectan la visibilidad y la calidad del aire, a nivel local y en las regiones aledañas de alta densidad demográfica, como sucedió en los incendios del 2008. Solo el 5% del Delta está ocupado por bosques [112]. En cambio más del 50 % de la superficie está conformada por ambientes de praderas de herbáceas equisetoides, graminiformes y latifoliadas generalmente dominadas por unas pocas especies de gran porte [29,31]. Estas comunidades suelen caracterizarse por poseer una elevada biomasa en pie tanto verde como seca. Esta última se incorpora en los estratos superficiales del suelo y en muchos casos, debido a las condiciones de anaerobiosis producidas por el anegamiento prolongado, determinan elevados contenidos de materia orgánica con bajo grado de descomposición (hojarasca). La biomasa seca en pie o almacenada en la porción superficial del suelo determinan que estos ambientes se caractericen por su condición pirogénica [27, 43-45].

### **Indicadores de Presión.**

Distribución de áreas Quemadas - DAQ (VE). Descripto en 5.2.

### **Indicadores de Estado.**

Biomasa Aérea de Plantas herbáceas - B. (VNE). En la base de datos del LETyE-UNSAM y el GIEH-UBA se cuenta con censos fitosociológicos completos distribuidos en la región y relevamientos de especies dominantes de la cobertura de herbáceas disponibles y estimaciones de biomasa aérea total (verde y seca) de especies dominantes de comunidades de mayor expresión espacial en la región.

Se realizará una estimación rápida de biomasa aérea verde y seca mediante el método de cosecha para las especies dominantes de las comunidades de mayor expresión espacial en la región para complementar los datos ya disponibles, tales como: *Panicum rivulare* (carrizo) *Panicum elephantipes*, *Ludwigia spp.*, *Poligonum spp.*, *Alternanthera spp.* Estas estimaciones se acoplarán a los relevamientos que se realizarán en la zona de Victoria para vegetación (ver descripción ítem V)

Características fisicoquímicas del suelo – S (VNE). Ver 5.2.

Distribución de biomasa vegetal aérea- DBV (VE). Se calibran datos de NDVI de las series Landsat TM y Terra MODIS y de las escenas de las fechas coincidentes con los datos de campo obtenidos en B, según protocolos establecidos en [43-45].

Distribución de tipos de vegetación (especies dominantes, funcionales, formas de vida) - DTV (VE). Descripto en 5.2.

#### **Indicadores de Impacto.**

Emisiones de gases de efecto invernadero por quemados de biomasa aérea EBA (VE). Se deriva de la integración de DTV, DBV, S, B y DAQ de acuerdo a la metodología establecida por las Guías de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del IPCC [85], con los factores de emisión que mejor se correspondan a las condiciones del Delta.

#### **5.5. Dimensión de Calidad del Agua**

El papel de los humedales en la regulación y mejora de la calidad del agua se encuentra bien documentado en la literatura [95, 96]. Las actividades agropecuarias, urbanas e industriales aportan gran cantidad de contaminantes que pueden ser retenidos y removidos por los humedales [97,123] En humedales degradados, la fauna queda más expuesta a los xenobióticos, presentando reducciones poblacionales tanto por efectos letales agudos como principalmente por subletales que modifican en forma crónica las características poblacionales (ej. abundancia y proporción de sexos [98, 99]). La elevada sensibilidad de los anfibios, como su presencia tanto en el medio acuático como terrestre los convierte en biomarcadores para detectar cambios en la calidad del medio donde habitualmente se desarrollan [100, 101].

A fin de tener una estimación preliminar se seleccionarán 12 estaciones de muestreo de agua superficial vecinas a suelos con diferentes usos comprendiendo zonas: 1) mayormente ganadera, 2) forestal y 3) desembocadura del Río Luján, y a cuatro distancias diferentes de las fuentes de dispersión de contaminantes, desde próximas, hasta la desembocadura en el cuerpo de agua principal, en dos momentos del año.

#### **Indicadores de Presión.**

Distribución de áreas de uso de la tierra – UT (VE).

#### **Indicadores de Estado.**

Parámetros fisicoquímicos básicos – FQA . Se suman a los parámetros limnológicos PL ya descriptos. Las muestras serán procesadas para la medición de: alcalinidad, cloruros, sulfatos, cianuros, fenoles, fluoruros, fosfatos, nitratos, nitritos, arsénico, cromo hexavalente, sólidos disueltos y amoníaco. Los muestreos y determinaciones analíticas se harán de acuerdo al Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 2005 Amer. Public Health Assn., Servicio tercerizado a SEGEMAR)

Concentración de metales pesados en agua y en matrices biológicas – MP Se medirán las concentraciones traza, de Cr, Pb, Zn, Cd, Hg y Cu por ICP-MS en UNSAM según norma 6020 del Standard Methods. Los metales en concentraciones más altas se medirán por espectrometría de emisión atómica por ICP-OES según norma 6010B del Standard Methods o a la 200.7 de la EPA.

Toxicidad letal y subletal en anfibios- TXA (VNE) Se utilizarán los anfibios (*Rhinella arenarum*) en su etapa temprana del ciclo de vida (embrión-larva-juvenil metamorfoseado) como biomarcadores de toxicidad del agua de la zona del Delta objeto de estudio, mediante la evaluación de efectos letales y subletales, agudos, (de hasta 96 horas), subcrónicos (168 hs) y crónicos (de más de 21 días). Se realizarán bioensayos estandarizados (ANFITOX; [62]), exponiendo los organismos a las distintas muestras de agua. Se graficarán las curvas de isotoxicidad o curvas TOP (Toxicity Profile curves, [102]) con información de las CLs estimadas por probits. Los efectos subletales a analizar serán: teratogénesis, disminución en la talla, retraso en el desarrollo embrionario y larval, desórdenes etológicos, alteraciones en la forma y tiempo en que culminan la metamorfosis, cambios tegumentarios (Microscopía Electrónica de Barrido) y desvío de la proporción de sexos por efectos de disrupción endocrina.

#### **Indicadores de Impacto.**

Riesgo ecotoxicológico RE. Los resultados de toxicidad letal y subletal (TXA) serán correlacionados con los parámetros fisicoquímicos del agua (PL) y la presencia de metales pesados. A su vez serán analizados y eventualmente espacializados, en función del tipo de uso del suelo (UT).

#### **5.6. Dimensión de Conservación de la Biodiversidad**

Actualmente la biodiversidad de una región es considerada en sí misma un servicio ambiental que posibilita la integración de diversos servicios ecosistémicos, brindando al mismo tiempo beneficios económicos y socioculturales [104]. No es posible medir directamente la totalidad de especies y genes existentes ni su evolución en el tiempo, pero en cambio es posible determinar o medir la variedad de paisajes y sus componentes (ambientes acuáticos, tipos de vegetación), las áreas destinadas a su conservación (áreas protegidas AP), las diversas amenazas [105] (que se corresponden con los indicadores de presión), y la efectividad con que dichas AP son gestionadas [106].

#### **Indicadores de Presión.**

Todos los indicadores de presión enunciados anteriormente ( UT, DHS, DTR, DAE, DAP, DAQ, CPC, APD)

Presencia de especies exóticas invasoras - EXO (VE y VNE). A partir de fuentes bibliográficas, datos de muestreos y entrevistas a informantes claves, se identificarán áreas con presencia confirmada de las principales especies problema de la región (ej. mejillón dorado, carpas, ligustrina, morera, etc.)

#### **Indicadores de Estado.**

Distribución de áreas protegidas – AP (VE). Se cuenta con polígonos de las áreas protegidas del Delta, y atributos sobre su estatus legal, categoría, fecha de creación y superficie compiladas por el LETyE y disponibles en su base de datos geográfica.

Evaluación de la efectividad de manejo de las AP del Delta – METT (VNE). Se utilizará la herramienta METT (Management Effectiveness Tracking Tool) del Banco Mundial [106] para medir los indicadores de efectividad de manejo de las distintas AP a través de entrevistas a los responsables de su manejo y recorrida por las mismas. Se cuenta con las METT correspondientes a las AP bajo la administración de Parques Nacionales realizadas en el marco de la preparación del GEF [28]. También se desarrollarán entrevistas a productores interesados en obtener certificaciones ambientales en sus establecimientos (tales como FSC, IRAM 39801)

Distribución de tipos de vegetación (especies dominantes, funcionales, formas de vida) - DTV (VE). Descripto en el punto 5.2.

Distribución de tipos de ambientes acuáticos – DAA (VE). Descripto en el punto 5.3

Distribución de bosques nativos - BN (VE). Proviene de la tesis de licenciatura de Clara Enrique en el marco del PICT 1849, y está disponible en formato vectorial en la base de datos del LETyE.

#### **Indicadores de Impacto.**

Grado de amenaza a la biodiversidad – AB (VE). Representa la distribución espacial del número de amenazas a la biodiversidad presentes para la región del Delta. Surge de la superposición espacial de las distintas capas de amenazas como suma, considerando cada presión con valor unitario.

Efectividad de gestión para manejo de biodiversidad – EGB (VE). Se asignará a cada AP la puntuación porcentual correspondiente al METT. En función de las fechas de creación y el establecimiento de sus planes de manejo se puede establecer la tendencia temporal en este indicador. Los establecimientos productivos que

Tipos de vegetación no protegidos - VNP. Surge de restar espacialmente a BN y a DTV las AP, ponderado por EGB .

Ambientes acuáticos no protegidos – AANP. Surge de restar espacialmente a DAA las AP, ponderado por EGB .

#### **Protocolos y Niveles de Referencia**

El desarrollo de los indicadores propuestos busca establecer una línea de base para iniciar el monitoreo de los mismos y permitir establecer sus tendencias en el tiempo. Como muchos indicadores de estado provienen de procesamiento de imágenes satelitales y se cuenta con series temporales del orden de los 25 años, en el caso que se cuente con información adicional suficiente se consideraran periodos de 5 años para evaluar las tendencias. El procesamiento de datos satelitales se realizará en conjunto entre el LETyE-3iA/UNSAM y el GT-IAFE/CONICET.

Para cada indicador se desarrollará una ficha con descripción detallada de sus características y metodología de generación como también de los mapas y gráficos que muestran su distribución espacial y/o comportamiento temporal.

#### **Comunicación y difusión**

En el marco del proyecto se prevé realizar un taller de presentación y discusión de los indicadores regionales propuestos con participación de las unidades académicas participantes, representantes de organismos oficiales, de áreas protegidas, ONG's, asociaciones de vecinos y productores regionales. Las fichas, bases de datos geográficas y otra documentación correspondientes a los indicadores generados durante el desarrollo de los ISAg serán procesados para facilitar su visualización en servidores de mapas de internet o servidor de páginas web del PIECAS-DP, a desarrollar por la SAyDS. Se tomarán como ejemplos distintos modelos de Observatorios Ambientales en funcionamiento actualmente en Internet [107-109].

## CRONOGRAMA DE TRABAJO

Criterio	Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Regulación hidrológica</b>	• Recopilación y adaptación de información existente	x	x										
	• Trabajo de campo	x	x				x	x					
	• Procesamiento de la información y producción de ISA			x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>Producción primaria</b>	• Recopilación y adaptación de información existente	x	x										
	• Trabajo de campo	x	x				x	x					
	• Procesamiento de la información y producción de ISA			x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>Producción secundaria</b>	• Recopilación y adaptación de información existente	x	x										
	• Trabajo de campo	x	x				x	x					
	• Procesamiento de la información y producción de ISA			x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>Emisiones atmosféricas</b>	• Recopilación y adaptación de información existente	x	x										
	• Trabajo de campo	x	x				x	x					
	• Procesamiento de la información y producción de ISA			x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>Calidad del agua</b>	• Recopilación y adaptación de información existente	x	x										
	• Trabajo de campo	x	x				x	x					
	• Procesamiento de la información y producción de ISA			x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>Conservación de biodiversidad</b>	• Recopilación y adaptación de información existente	x											
	• Trabajo de campo		x	x									
	• Procesamiento de la información y producción de ISA					x	x	x	x		x		
<b>Integración de la Información</b>	• Presentación de resultados								x	x	x	x	x
	• Desarrollo de productos para Internet									x	x	x	
	• Taller											x	

## Bibliografía citada

- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and water. Synthesis. 80pp. (<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>).
- Jørgensen S. E., Costanza R., Xu F-L. 2005 Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health. Boca Raton, FL: CRC Press. 439.
- Karr, J.R. y D.R. Dudley. 1981. Ecological perspective on water quality goals. Environmental Management 5: 55-68.
- Heink,U. y Kowarik,I. 2010 . What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. Ecological Indicators, 10 (3): 584-593.
- SAYDS 2009. Sistema de Indicadores de Desarrollo sostenible. Cuarta Ed.
- CEPAL 2003. Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe. Informe de la Reunión de Consulta sobre Indicadores de Desarrollo Sostenible <http://www.eclac.cl/esalc/>
- Kruger, H. 2008. Proyecto Regional INTA-CERBAS Indicadores de sustentabilidad en sistemas productivos del sur de la prov. de Buenos Aires (2004 – 2008). Resultados preliminares de la aplicación de indicadores de sustentabilidad en el sur bonaerense. <http://www.inta.gov.ar/Anguil/info/agrecoindex/Presentaciones/Indicadores%20de%20Sustentabilidad%20-%20Hugo%20Kruger.pdf>
- McKenzie, D. H., D. E. Hyatt, and V. J. McDonald, editors. 1992. Ecological indicators. Elsevier, New York, New York, USA.
- 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.
- Kandus P., R. Quintana, P. G. Minotti, J. del Pilar Oddi, C. Baigún, G. Gonzalez Trilla, D.Ceballos (2010). Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. En: Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial (Lattera, P., E. Jobbagy y J. Paruelo, Eds.) En prensa
- Brinson, M. M. y R. Rheinhardt. 1996. The role of reference wetlands in functional assessment and mitigation. Ecological Applications 6:69-76.
- Brauman, K. Daily, G., Duarte,T.K. y Mooney, H.A. 2007. The nature and value of ecosystem services: An overview highlighting hydrologic services. Annu. Rev. Environ. Resour. 32:67-98
- Mitsch, W. and J. Gosselink. 2000. Wetlands, third edition. Van Nostrand, New York, NY, USA.
- Brinson, M. 1993. 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>

15. Kandus P., P. Minotti and A. I. Malvárez. 2008. Distribution of wetlands in Argentina estimated from soil charts. *Acta Scientiarum*, 30 (4): 403-409. Brasil, ISSN 1415-6814.
16. 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*
17. 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.
18. 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.
19. Neiff, J.J. 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26:167-180
20. 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.
21. 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.
22. 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*.
23. Pengue, W. 2001. Expansión de la soja en la Argentina. Globalización, Desarrollo Agropecuario e Ingeniería Genética: Un Modelo para armar. *Revista Biodiversidad* Nº 29, Montevideo. Disponible en [www.grain.org/sp/docs/t-pengue-sp.pdf](http://www.grain.org/sp/docs/t-pengue-sp.pdf).
24. Baigún, C. y N. Oldani. 2006. La ictiofauna y los recursos pesqueros en el corredor Paraguay-Paraná. En: la situación ambiental argentina 2005. Brown, A., U. Martinez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera (eds.). Fundación Vida Silvestre: 144-147.
25. Barros, V. R. Clarke y P. Silva Dias ed. 2006. El cambio climático en la cuenca del Plata / . Buenos Aires: CIMA-CONICET 2006
26. IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. IPCC WGI Fourth Assessment Report.* 18pp.
27. Kandus, M. Salvia, D. Ceballos, N. Madanes, V. Capello, M. Garcia Capello, Marisa Morais. 2009 Evaluación del efecto de los incendios masivos en áreas del delta bonaerense en las islas frente a los Municipios de Baradero y Zárate. Municipio de San Pedro, Baradero y Zárate, INTA. Informe técnico en elaboración conjunta con la Estación Experimental INTA Delta y la Dirección de Recursos Naturales de La Pcia de Buenos Aires. Informe Técnico
28. Gobierno de Argentina y PNUD. 2010. Proyecto GEF: Strengthening Fisheries Governance to Protect Freshwater and Wetland Biodiversity, GEFSEC ID: 3862 , GEF AGENCY ID: 4206, disponible en <http://gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=3862>
29. Kandus P., H. Karszenbaum and L.A. Frulla (1999) Land cover classification system for the Lower Delta of the Paraná River (Argentina): Its relationship with Landsat Thematic Mapper spectral classes. *Journal of Coastal Research.* (15) 4: 909-926. USA.
30. Wright, C. y A. Gallant. 2007. Improved wetland remote sensing in Yellowstone National Park using classification trees to combine TM imagery and ancillary environmental data. *Remote Sensing of Environment*, 107: 582-605.
31. Salvia M., H. Karszenbaum, P. Kandus, F. Grings. 2009. Datos satelitales ópticos y de radar para el mapeo de ambientes en macrosistemas de humedal. *Revista española de teledetección (U31)*: 35-51U.
32. Paruelo, J.M., M.F. Garbulsky, J.P. Guerschman y E.G. Jobbagy, 2004. Two decades of Normalized Difference Vegetation Index changes in South America: identifying the imprint of global change. *International Journal Of Remote Sensing*, 25 (14): 2793-2806.
33. Wardlow, B.D., S.L. Egbert y J.H. Kastens. 2007. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*, 108: 290-310.
34. Zóffoli, L, P Kandus, N Madanes and D Calvo. (2008). Seasonal and interannual analysis of wetlands in South America using NOAA AVHRR-NDVI time series: The case of the Parana Delta Region. *Landscape Ecology.* H23(7): H 833-848.
35. Salvia M. 2010. Uso de datos multisensor en el estudio de los ecosistemas y el paisaje de la región del Delta del Río Paraná. Tesis Doctoral Univ. De Buenos Aires.
36. Kandus P, H Karszenbaum, T Pultz, G Parmuchi, J Bava. 2001. Influence of flood conditions and vegetation status on the radar backscatter of wetland ecosystems. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 27 (6): 561-662.
37. Grings, F. M. M. Salvia, H. Karszenbaum, P. Ferrazzoli, P. Kandus, P. Perna 2009. Exploring the capacity of radar remote sensing to estimate wetland marshes water storage, *Journal of Environmental Management* doi:10.1016/j.jenvman. 2007.06.029.
38. Grings F. M., P. Ferrazzoli, H. Karszenbaum, M. Salvia, P. Kandus, J. C. Jacobo-Berlles, P. Perna. (2008). Model investigation about the 39. Martinez JM y T. Le Toan 2007. Mapping of flood dynamics and spatial distribution of vegetation in the Amazon floodplain using multitemporal SAR data. *Remote Sensing of Environment*, 108: 209-223.
40. 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.
41. Biondini M. y P. Kandus 2006. Transition matrix analysis of land-cover change in the accretion area of the lower delta of the Paraná river (argentina) reveals two succession pathways *Wetlands, USA.* 26 (4): 981-99. ISSN: 0277-5212.
42. Kandus P., A.I. Malvárez 2004. Vegetation Patters and Change Analysis in the Lower Delta Islands of the Paraná River (Argentina). *Wetlands*, 24(3) 620-632. USA ISSN: 0277-5212.
43. Pratolongo P., Kandus P., Mark Brinson 2008. Net aboveground primary production and biomass dynamics of *Schoenoplectus californicus* (Cyperaceae) marshes growing under different hydrological conditions. *Darwiniana* 46(2): 258-269.
44. Pratolongo P., Kandus P. y Brinson M. 2007. Net aboveground primary production and soil properties of floating and attached freshwater tidal marshes in the Rio de la Plata estuary. *Estuaries and Coasts*, (30) 4:618-626.
45. Vicari, R., P. Kandus, P. Pratolongo and M. Burghi. 2010. Carbon budget alteration due to landcover-landuse change in wetlands. The case of afforestation in the Lower Delta of the Paraná River (Argentina). *Water & Environment*. Aceptado.
46. Paula Pratolongo, 2004. Patrones de producción primaria y su monitoreo por sensores remotos en pajones del Delta del Río Paraná. Tesis doctoral Univesidad de Buenos Aires. 15-Marzo.

47. De Magistris, A.A.; Rossi, C.A.; Torrá, E.; Medina, J.B. y González, G. – 2006. Diversidad florística en parcelas forestales con Salicáceas en el Delta del Paraná, a partir de la sistematización para su reconversión y aprovechamiento silvopastoril. Resúmenes II Congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad. 22-24 de Noviembre de 2006, Buenos Aires: 62
48. Rossi, C.A.; González, G.L.; Ploszaj, A.; Herrera, M.; Orosco, N.; Delboy, N.; Casaubon, E. y Vázquez, J. 2009. Disponibilidad forrajera en un sistema silvopastoril con álamos del Delta del Paraná. Actas del Vº Congreso Nacional, II del MERCOSUR y I Jornada Técnica de productores sobre Manejo de Pastizales Naturales. Corrientes. 13 y 14 de Agosto de 2009: 197. (ISBN 978-987-25275-0-1)
49. González, G.; Rossi, C.A.; Pereyra, A.M.; De Magistris, A.A.; Lacarra, H. y Varela, E. – 2008. Determinación de la calidad forrajera en un pastizal de la región del Delta bonaerense argentino. Vº Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Maracay, Venezuela, 1 al 5 de Diciembre de 2008. Revista Zootecnia Tropical, 2008. Año 26, vol. 26 Nº 3: 223-227. (ISSN 0798-7269)
50. Rossi, C. A. Torrá, E.; González, G.L.; Lacarra, H. y Pereyra, A.M. – 2006. Estimación de la Digestibilidad en base a FDA en cinco Poaceas nativas en un Sistema Silvopastoril del Delta del Paraná. 29º Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal, (AAPA), Mar del Plata, Pcia. de Bs. As. 18 al 20 de Octubre de 2006. Rev. Arg. de Prod. Animal (ISSN 0326-0550) Vol 26, Sup. 1, PP 54, editado en CD.
51. Rossi, C.A.; Torrá, E.; González, G.L.; Lacarra, H. y Ramos de Oliveira, A. L. – 2007. Evaluación Nutritiva de Especies Forrajeras del Pastizal Hidrófilo en un Sistema Forestogadero del Delta bonaerense. Actas del IVº Congreso Nacional y IIº del Mercosur de Manejo de Pastizales Naturales. 9 al 11 de Agosto 2007, V. Mercedes, San Luis: 62. (ISBN 978-950-609-061)
52. Quiros, R. y Baigun, C.M.R. 1985. Fish abundance related to organic matter in the Plata River Basin. Transactions of the American Fisheries Society 114:377-387.
53. Boivin, M. y Minotti, P.. 1990. Estudio integral de las pesquerías de la zona de islas del Departamento Victoria. Consejo Federal de Inversiones, Informes I, II y final.
54. Baigun, C.R.M., Minotti, P., Brancolini, F., Colautti, D., Lopez, H. y Protogino, L. 2008. Evaluación de Patrones de Diversidad de la Ictiofauna y Desarrollo de Pautas para la Sustentabilidad y Conservación de los Recursos Pesqueros del Sitio Ramsar y Parque Nacional Río Pilcomayo. Informe Humedales para el Futuro, Ramsar
55. Pereira, J.A. y Quintana, R.D. 2009. Trophic niche breadth and overlap among plains vizcacha, greater rhea and cattle in the Paraná River Delta, Argentina. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 44 (1): 1-6.
56. Arias, S., Madanes, N. y Quintana, R. D. 2002. Patrones de cambio en la estructura de la vegetación entre vizcacheras activas e inactivas en el Delta del Paraná. Mastozoología Neotropical, 9 (2): 5-16. ISSN 0327-9383; ISSN 1666-0536
57. Quintana R.D. 2002. Influence of livestock grazing on the capybara's trophic niche and forage preferences. Acta Theriologica, 47 (2): 175-183. ISSN/ISBN: 0001-7051
58. Quintana, R.D. 1999. "Relación entre la estructura del paisaje en un humedal y la fauna silvestre: el carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*) como caso de estudio". En: "Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica" (Malvárez, A. I., ed.). ORCYT – MAB/ UNESCO, Montevideo. Pp. 185-204 ISBN N° 92-9089-064-9
59. Malzof S. y R. Quintana. Influence of the mosaic of riparian forests on habitat selection by Dusky-legged Guan at the Paraná River Delta, Argentina. (En etapa de revisión en Environmental Conservation).
60. Herkovits, J., Pérez-Coll, C.S. and Herkovits F.D. 1996. Ecotoxicity in Reconquista River (Province of Buenos Aires, Argentine): A preliminary study Environm. Health Persp. 104(2):186-189.
61. Herkovits J.; Rodrigues Capítulo A.; Boyle T.; Servant R.; Pérez-Coll, CS.; Gómez N.; Muñoz L.; Domínguez O.; Cortelezzi A.; Licursi M.; Vanrell T.; Lopez A.; Varela L.; Castañaga, L.; Puszczuk E.; Cordero M. 2006. Estudio ecotoxicológico del arroyo Las Conchitas (Buenos Aires). I Toxicidad en agua y sedimentos. II Parámetros Físico-químicos y relevamiento de la biota. En "Salud Ambiental y Humana: Una visión holística" pp.50-53. C03.
62. Herkovits, J., Pérez-Coll, C.S. and Herkovits, F.D. 2002. Ecotoxicological studies of environmental samples from Buenos Aires area using a standardized amphibian embryo toxicity test (AMPHITOX). Environ. Poll. 116(1): 177-183.
63. Pérez-Coll, C.S. Herkovits, J. and Salibián, A. 1986. Teratogenic effects of cadmium on *Bufo arenarum* during gastrulation. Experimentia 42: 1174-1176
64. Pérez-Coll, C.S., Herkovits, J. y Salibián, A. 1988. Embryotoxicity of lead on *Bufo arenarum*. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 41: 247-252.
65. Pérez-Coll, CS., Castañaga, L., Domínguez, O. y Herkovits, J. 2006. Los efectos de exposiciones a un amplio rango de bajas concentraciones de aluminio sobre los embriones de anfibio. En "Salud Ambiental y Humana: Una visión holística" pp.73-75. Publicación SETAC, Ed. J. Herkovits, Argentina. ISBN 13:978-987-05-1059-1
66. Pérez-Coll, CS., Domínguez, O., Servant, R. y Herkovits, J. 2006. Exposición a bajas concentraciones de níquel: Los efectos o beneficiosos o adversos dependen del pre-tratamiento. En "Salud Ambiental y Humana: Una visión holística" pp.76-78. Publicación SETAC, Ed. J. Herkovits, Argentina, ISBN 13:978-987-05-1059-1
67. Brodeur, J.C., Svartz, G; Perez-Coll, C.S., Marino, D.J.G., Herkovits, J. 2009 Comparative susceptibility to atrazine of three developmental stages of *Bufo arenarum* (Amphibia: Anura) and influence on metamorphosis: non-monotonous acceleration of the time to climax and delayed tail resorption Aquatic Toxicology, 91:161-170
68. Pérez-Coll, C.S., Sandoval, M.T. y Herkovits, J. 2009 Efectos letales y teratogénicos del Funguicygon® en embriones de *Chaurus* (*Bufo*) *arenarum*. En "Química y Toxicología Ambiental en América Latina. p. 86-88. Publicación SETAC, Ed. J. Herkovits, ISBN: 978-987-25370-0-5, Argentina
69. Pérez-Coll C.S., Herkovits, J.; Fridman, O.; Daniel, P. and D'Éramo J.L. 1999. Metallothionein induction and cadmium uptake in *Bufo arenarum* embryos following an acclimation protocol. Environm. Poll. 106:443-448.
70. Pérez-Coll, C.S. and Herkovits, J. 1996. Stage dependent uptake of cadmium in *Bufo arenarum* embryos. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 56(4):663-669
71. Pérez-Coll, C.S., Sztrum, A and Jorge Herkovits. 2008 Nickel Tissue Residue as a Biomarker of Sub-Toxic Exposure and Susceptibility in Amphibian Embryos. Chemosphere 74: 78-83.
72. Pérez-Coll, CS. y Herkovits, J. 2006. Synergistic Effects of Copper and Butylic Ester of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (Esternon Ultra) on Amphibian Embryos. Int. J. Environ. Res. Public Health, 3(4), 343-347.

73. Grings F M., P. Ferrazzoli, J. c. Jacobo-Berlles , H. Karszenbaum, J. Tiffenberg, P. Pratolongo, P. Kandus. 2006, "Monitoring flood condition in marshes using em models and envisat asar observations". IEEE transactions on geoscience and remote sensing 44 (4). 2238- 2245 issn 0196-2892.
74. Grings F M., P. Ferrazzoli, H. Karszenbaum, J. Tiffenberg, P. Kandus, L. Guerriero, J. C. Jacobo-berlles. 2005. Modeling temporal evolution of junco marshes radar signatures. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 43 (10): 2238- 2245. issn 0196-2892.
75. Jimenez, J. y Van Koningsveld, M. 2002. Coastal state indicators: a bridge between science and managers. En Davidson, M. (ed.) Initial Report on Video-Derived Coastal State Indicators (CSIs): 9-25
76. Agostinho, .A. A., H. F. Júlio, L. C. Gomes, L. M. Bini and C. S. Agostinho. 1997. Composição, abundância e distribuição espacio-temporal da ictiofauna. In A. E. Vazoler, A. A. Agostinho and N. S. Han (eds). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. EDUEM/UEM, Nupelia, Maringa, Brazil
77. Skupin, A. y Fabrikant, S.I. 2003. Spatialization Methods: A Cartographic Research Agenda for Non-geographic Information Visualization. Cartography and Geographic Information Science, 30 (2): 95-115
78. Goodchild, M., Parks , B. y Steyaert, L.. 1993. Environmental Modeling with GIS. Oxford University Press, New York/Oxford
79. de Smith, M., Goodchild, M. y Longley. 2007. Geospatial Analysis: A comprehensive guide to principles, techniques and software tolos (2nd.Ed). Leicester, UK: Troubador Publishing
- 80- Revenga C, Brunner J, Henninger N, Kassem K, Payne R. 2000. Pilot analysis of global ecosystems: freshwater ecosystems. World Resources Institute, Washington, DC. 83 pp.
81. Malmqvist, B., Rundle S. 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. Environmental Conservation 29: 134-153
82. Minotti, P. 2009. Evaluación de áreas bajo uso forestal en el Delta del Parana. Informe Técnico. LETyE-3iA-UNSAM
83. Servicio de Hidrografía Naval. Cartas Náuticas Raster del Rio Paraná H 2204 A, H 2204 b y H 2204 C.
84. Targets and indicators of climatic change. En: Rijsberman FR, Swart RJ, eds. Report of Working Group II of the Advisory Group on Greenhouse Gases (AGGG). Stockholm: Stockholm Environmental Institute; 1990)
85. IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol.4, Agriculture Forestry and other Land Use, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan
86. Casco, S., Neiff, M. y Neiff. JJ. 2005. Biodiversidad en ríos del litoral fluvial. Utilidad del software PULSO. Temas de la Biodiversidad del Litoral fluvial argentino II. INSUGEO, Miscelánea, 14: 419 – 434
87. Welcomme, R.L. 2001. Inland fisheries: Ecology and management. Fishing News Books, Blackwell
88. Fuentes, C. M. 1998. "Deriva de larvas de sábalo, Prochilodus lineatus, y otras especies de peces de interés comercial en el río Paraná Inferior". Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Diciembre de 1998. 135 pp.
89. Fuentes, C. M. y A. Espinach Ros, 1998. Distribución espacial y temporal del ictioplancton en un punto del Delta del río Paraná. Rev. Mus. Arg. de Cienc. Nat. Hidrobiol. 8 (6): 51-61.
90. Fuentes, C. M. y A. Espinach Ros, 1999. Variación de la actividad reproductiva del sábalo, Prochilodus lineatus (Valenciennes, 1847) estimada por el flujo de larvas en el río Paraná Inferior. Natura Neotropicalis. 29(1): 25-32
91. Rossi, L.M. y M.J. Parma de Croux. 1992. Influencia de la vegetación acuática en la distribución de peces del río Paraná, Argentina. Ambiente Subtropical, 2: 65 – 75.
92. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, SAGPyA. 2008. Proyecto Evaluación del Recurso Sábalo (Prochilodus lineatus) en el Paraná. Informe de los resultados de la segunda etapa - 2006-2007. [http://www.sagpya.mecon.gov.ar/SAGPyA/pesca/pesca\\_continental/03=informes/01-baja%20cuencia%20parana-plata/\\_archivos/060000-Proyecto%20de%20evaluación%20del%20recurso%20del%20Sábalo%20\(2006-2007\).pdf?PHPSESSID=6aa0a755530df5a1791e52de9636c127](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/SAGPyA/pesca/pesca_continental/03=informes/01-baja%20cuencia%20parana-plata/_archivos/060000-Proyecto%20de%20evaluación%20del%20recurso%20del%20Sábalo%20(2006-2007).pdf?PHPSESSID=6aa0a755530df5a1791e52de9636c127)
93. Baigún C R. M., P. G. Minotti, A. Puig, P. Kandus, R. Quintana, R. Vicari, R. Bo, N. O. Oldani, J. Nestler. 2008. Resource use in the Parana river delta (Argentina): Moving away from an ecohydrological approach? Ecohydrology and Hydrobiology. 8 (2-4): 77-94.
94. McNyset, K.M. 2005, Use of ecological niche modelling to predict distributions of freshwater fish species in Kansas
95. Verhoeven, J.T.A., Beltman, B., Bobbink, R, and Whigham ,D.F. (Eds.) 2006. Wetlands and Natural Resource Management Ecological Studies, Vol. 190, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
96. Mitsch, W., Zhang, L. Fink, D, Hernandez, M.E., Altor, A., Tuttle, C., Nahlik, A.M. 2008. Ecological engineering of floodplains. Ecology and Hydrobiology 8 (2-4): 139-147.
97. Mariñelarena A. J. 2008. Humedales construidos: una alternativa para el manejo de la polución. Biología Acuática 24: 7-10.
98. Leblanc, G.A., Bain, L.J. 1997. Chronic toxicity of environmental contaminants: Sentinels and biomarkers. Environ. Toxicol. Chem. 105 (Suppl):65-80
99. Norris, D.O. 2000 Endocrine Disruptors of the stress axis in natural populations: How can we tell? Amer. Zool.. 40:393-401
100. Kloas, W. 2002 Amphibians as a model for the study of endocrine disruptors. Int. Rev. Cytol. 216: 1-57
101. Hayes, T.B., Case, P, Chui, S., Chung, D., Haeffele, C., Haston, K., Lee, M., Mai, V.P., Marjuoa, Y., Parker, J., Tsui, M. 2006. Pesticide mixtures, endocrine disruptors and amphibian declines: Are we underestimating the impact? Environ. Health Persp. 114:40-50
102. Aronzon, C.M., Sandoval, M.T., Herkovits, J. Pérez-Coll, C.S. Stage-dependent toxicity of 2,4-dichlorophenoxyacetic on the embryonic development of a South American toad, Rhinella arenarum. Environmental Toxicology (in press) DOI:10.1002/tox.20564
103. Subsecretaría de Puertos y Vías Navegables. 2010. Ruta Troncal Santa Fé - Océano : Eje de la Hidrovía. Traza de la vía navegable troncal. <http://www.mecon.gov.ar/download/puertos/ejehidro.pdf>
104. Saunders, D.L., Meeuwig, J.J. y Vincent, A.C.J. 2002. Freshwater protected areas: strategies for conservation. Conservation Biology 16(1): 30-41.
105. Pringle, C.M. 2001. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. Ecological Applications: Vol. 11, No. 4, pp. 981-998
106. Stolton S, Hockings, M, Dudley, N, MacKinnon, K, Whitten, T and Leverington, F (2007 ). Reporting Progress in Protected Areas at Site Level. Management Effectiveness Tracking Tool: second edition.' World Bank/WWF Forest Alliance published by WWF, Gland, Switzerland.

107. Souto, R.D. 2010. Atlas de Indicadores de Sustentabilidade para os Municípios Costeiros do Estado do Rio de Janeiro. [online] <http://www.ivides.org/atlas/>, accedido el 20/4/2010.
108. CLACSO 2010. Portal de Observatorios. [http://www.clacso-posgrados.net/portal\\_observatorios/buscador\\_observ/buscador\\_detalle.asp?obs=105&volver=4](http://www.clacso-posgrados.net/portal_observatorios/buscador_observ/buscador_detalle.asp?obs=105&volver=4)
109. Alcaldía Mayor de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente. 2010. Observatorio Ambiental de Bogotá. <http://oab.ambientebogota.gov.co/>
110. Sistema Nacional de Información Hídrica. Estadísticas Hidrológicas. <http://www.hidricosargentina.gov.ar/InformacionHidrica.html>
111. Dirección de Hidráulica de Entre Ríos. <http://www.hidraulica.gov.ar/precipitacionesHistorico.php>
112. Enrique, C. Relevamiento y caracterización florística y espectral de los bosques de la Región del Delta del Paraná a partir de imágenes satelitales Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas, UBA. 22Diciembre 2009.
113. Rossi, C. A. Torrá, E.; González, G.L.; De Magistris, A.; Lacarra, H.; Ramos de Oliveira, A.; Medina, J.B. y Pereyra, A.M. 2006. Forages Resources Evaluation in a Silvopastoral System in the Paraná Delta River, Argentine. Resúmenes IV° Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible, Varadero, Cuba, 24 al 28 de Octubre 2006: 16. (ISBN 959-16-0477-7)
114. Torrá, E. y Rossi, C. A. Desarrollo de Tecnologías para la Producción de Madera de Calidad en Sistemas Silvopastoriles con Salicáceas en Humedales del Delta del Paraná. Proyecto PID 441. Memorias de las Jornadas de Salicáceas, FA-UBA. Buenos Aires, 28 al 30 de Septiembre de 2006. Publicado en CD: 421-426. (ISSN 1850-3543)
115. Brinson, M. y A.I. Malvárez. 2002. Temperate freshwater wetlands: types, status, and threats. *Environmental Conservation*, 29: 115–133.
116. Oldani, N. O. 1990. Variaciones de la abundancia de peces del valle del río Paraná (Argentina). *Rev. Hydrobiol. Trop.* 23(1):67-76.
117. Minotti, P. and A. Malvarez, 1991. Newspaper information retrieval to assess the movement of sport-fishing valuable stocks in the Parana River Lower Delta (Argentina). En I. Cowx (Ed.) *Catch effort sampling strategies: Their application in freshwater fisheries management*, Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications: 177-183 p.
118. Dománico, A. y Delfino, R. 1995. Pesquerías de sábalo (*Prochilodus lineatus*) en la zona de Victoria, Entre Ríos. *Natura Neotropicalis* 29: 127-136.
119. Brasseur G.P., Prinn R.G., Pszeny A. P., editors, 2003. *Atmospheric chemistry in a changing world*; Springer-Verlag Berlín Heidelberg.
120. University of Michigan. 1971. The fisheries of the Kafue River Flats, Zambia, in relation to the Kafue Gorge Dam. Report prepared for the FAO/UN acting as executing agency for the UNDP. FI: SF/ZAM 11 Technical Report No1. University of Michigan Press, Ann. Harbor, Michigan
121. Welcomme, R.L. 1985. *River Fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper. No 262, FAO, Rome. 330 p.
122. Quiros, R. & Cuch, S. 1989. The fisheries and limnology of the lower La Plata Basin. In: Dodge, D.P. (ed.) *Proceedings of the International Large River Symposium*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106, pp. 429-443.
123. Pringle, C.M. 2003. Interacting effects of altered hydrology and contaminant transport: emerging patterns of global concern . En: Holland, M. Blood, E.R., Shaffer, L.R. (Eds.) *Achieving sustainable freshwater systems: a web of connections*.
124. MRAG. 1993. *Synthesis of simple predictive models for tropical river fisheries*. Fisheries Management Science Program Overseas Development Administration, MRAG, Ltd.
125. Welcomme, R.L., Bene, C. , Brown, C.A., Arthington, A., Dugan, P., King, J.M. y Sugunan, V. 2006. Predicting the Water Requirements of River Fisheries. En Verhoeven, J.T.A., Beltman, B., Bobbink, R, and Whigham ,D.F. (Eds.) 2006. *Wetlands and Natural Resource Management Ecological Studies*, Vol. 190, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 122-154.
126. Bonetto, A. A., E. Cordiviola de Yuan, C. Pignalberi y O. Oliveros, 1969. Ciclos hidrológicos del río Paraná y las poblaciones de peces contenidas en las cuencas temporarias de su valle de inundación. *Physis* 29: 213-223.
127. Novoa, D.F. 1989. The multispecies fisheries of the Orinoco river: development, present status, and management strategies. In: Dodge, D.P. (ed.) *Proceedings of the International Large River Symposium*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106, pp. 422-428.
128. Stamati, M., J. Bono, M.G. Parmuchi, M. Salvia, M. Strada, C. Montemegro, P. Kandus y J. Menendez. 2008. Evaluación de la superficie afectada por los incendios ocurridos en el Delta del Río Paraná en abril de 2008. Reunión argentina de Ecología.