

# **Experiencias en la aplicación del enfoque GEO en la evaluación de ecosistemas degradados de Iberoamérica**

Editores

**Alejandra Vanina Volpedo**

**Lucas Fernández Reyes**

**Joaquín Buitrago**

Publicado por:

**RED CYTED 411RT0430**

**“Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales  
y programas para la evaluación ambiental integral  
y la restauración de ecosistemas degradados”**



**PROGRAMA IBEROAMERICANO  
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
PARA EL DESARROLLO**

2011

Esta obra es una contribución de la Red 411RT0430 “Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales y programas para la evaluación ambiental integral y la restauración de ecosistemas degradados” del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

© Programa CYTED, 2011

Edición: Alejandra Vanina Volpedo, Lucas Fernández Reyes y Joaquín Buitrago  
Buenos Aires, Argentina, diciembre 2011  
ISBN: 978 987 27758 0 3  
Impreso por Print & Services

## Índice

<b>Prólogo</b>	5
<b>Un Enfoque EAI - GEO. El caso del Parque Nacional Laguna de La Restinga, Isla De Margarita, Venezuela.</b> Joaquín Buitrago y Martín Rada.	7
<b>Aplicación del modelo GEO (FMPEIR) a los ecosistemas acuáticos pampeanos (Argentina).</b> Alejandra V. Volpedo y Alicia Fernández Cirelli.	21
<b>Resultados preliminares de la evaluación ambiental integral de los principales humedales de Cuba. Caso Ciénaga de Zapata.</b> Lucas Fernández Reyes, Miriam Labrada Ponz, Grisel Barranco, Obllurys Cárdenas, Ada Roque Miranda, Hilda Alfonso de Anta, Liz Marrero y Laura Azor.	37
<b>Diagnóstico ambiental de la Cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela.</b> Giuseppe Giuseppe Colonnello y Oscar Lasso-Alcalá.	63
<b>Principales problemas de los recursos hídricos del humedal Zapata identificados por los indicadores de FMPEIR.</b> Katia del Rosario Rodríguez. y Viera Petrova Nicolaevna.	81
<b>Aplicación del Modelo GEO (FMPEIR) al Parque Natural de l'albufera de Valencia (Humedal costero, Este de la Península Ibérica).</b> Vicent Benedito, Miguel Martín, Alejandra V. Volpedo y M. E. Rodrigo Santamalia.	93
<b>Los agrosistemas: acercamiento a las condiciones problemáticas en el contexto municipal de Güines, Cuba.</b> Grisel Barranco.	109
<b>Estado actual de los humedales costeros en la provincia La Habana, Cuba.</b> José Manuel Guzmán Menéndez, Leda Menéndez Carrera, Rocío Suárez Delgado y Lázaro Rodríguez Farrat.	125
<b>Humedal costero sur de Artemisa – Mayabeque: Principales causas y consecuencias de su deterioro.</b> Leda Menéndez Carrera y José M. Guzmán Menéndez.	135
<b>Identificación de variables inductoras de degradación en ecosistemas de alta montaña (páramos, morrenas, y glaciares) en el Ecuador.</b> Remigio H. Galárraga.	143
<b>Humedales del Parque Nacional Palo Verde: Problemática y Principales Medidas Correctivas.</b> Rigoberto Rodríguez Quirós.	153
<b>Evaluación de factores causantes del deterioro de ecosistemas y pérdida de la biodiversidad en la Amazonía ecuatoriana.</b> Remigio Galárraga, Cornelia Brito, Elvia Gallegos y Vanessa Mendoza.	163

<b>Indicadores ambientales de las presiones, estado e impactos en la cuenca del río hacha (región andino - Amazónica colombiana).</b>	177
Marlon Peláez Rodríguez y Hernán García López.	
<b>Cultura, medio ambiente y economía experimental: manejo del recurso pesquero en el sistema de lagos de Yahuaraca, Amazonia colombiana.</b>	189
Camilo Torres, Mónica Pérez Rúa, Abel Santos y Santiago Duque.	
<b>Análisis comparativos de los procesos degradativos, sus causas y consecuencias en dos regiones de América Latina.</b>	213
Obllurys Cárdenas López.	
<b>Los bosques de mangles de la bahía de Cienfuegos: Estado actual.</b>	227
Leda Menéndez Carrera, José Manuel Guzmán Menéndez, Lázaro Rodríguez Farrat, Arelys Sotillo Enriquez, Zehnia Cuervo Reinoso, Elizabeth Roig Vilariño y Yenizeys Cabrales.	
<b>Diagnóstico de las comunidades de chaguaramales y morichales en el golfo de Paria, estado Sucre, Venezuela. Las fuerzas motrices, presiones e impactos observados y medidas de conservación.</b>	237
Giuseppe Colonnello, Daniel Muller, María Rincón y Gustavo González.	
<b>Efecto del cambio de cobertura vegetal sobre las propiedades hidrofísicas del suelo en un área de páramo, sur del Ecuador</b>	259
Pablo Quichimbo, Irene Cárdenas, Gustavo Tenorio, Patricio Crespo, Pablo Borja y Rolando Célleri.	
<b>Lagos y lagunas de montaña del norte de la patagonia (38-41° S) y sus potenciales valores ecosistémicos.</b>	271
Patricio De los Ríos-Escalante, Enrique Hauenstein, Patricio Acevedo y Mario Romero-Miéres.	
<b>La calidad de las aguas de pozo de uso agrícola en Puerto Saavedra (38°S, Chile).</b>	279
Nelson R. Rivera, Patricio De Los Rios y Oriana Betancourt.	
<b>Evaluación del estado de la calidad del agua del lago de Atitlán, Guatemala.</b>	287
Francisco Pérez.	
<b>Ensamblajes zooplanctónicos (copepodos y cladoceros) y concentración de clorofila en sitios ubicados en lagos patagónicos con diferente grado de intervención antrópica.</b>	301
Carolina Barrera y Patricio De los Ríos-Escalante.	
<b>Fauna acuática en el humedal de Mahuidanche (38° S, Región de la Araucanía, Chile).</b>	313
Patricio De los Ríos-Escalante, Luciano Parra-Coloma, Juan Norambuena y Cristian Soto.	

# APLICACIÓN DEL MODELO GEO (FMPEIR) A LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS PAMPEANOS (ARGENTINA)

## *Application of the GEO (FMPEIR) model to pampean aquatic ecosystems (Argentina)*

Alejandra V. Volpedo<sup>1,2</sup> y Alicia Fernández Cirelli<sup>1,2</sup>

Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280 CP (1427). Ciudad de Buenos Aires, Argentina. avolpedo@fvet.uba.ar, <sup>2</sup> CONICET

### RESUMEN

La llanura pampeana es una de las grandes planicies a nivel mundial, presenta una escasa pendiente dando lugar a la presencia de un macrosistema de humedales. Este mosaico de humedales posee características singulares como gran complejidad, variabilidad hídrica y gran extensión geográfica, funcionando como una trampa de nutrientes, por transformaciones químicas, procesos de concentración y liberación, dependiendo de la existencia de precipitaciones, el escurrimiento y la contribución de los ríos. Esta extensa llanura posee en su mayoría tierras con aptitud para usos agrarios por lo que su potencialidad productiva la convierten a nivel internacional en una región con ventajas comparativas para la producción de granos y carnes. En las últimas décadas, debido a diferentes factores (cambios en el uso de la tierra, intensificación agropecuaria, cambios climáticos, entre otros), los cuerpos de agua de la región, conocidos como lagunas pampásicas se están degradando y con ellos los servicios ecosistémicos que brindan. En este trabajo se aplica el modelo GEO (FMPEIR) a los ecosistemas acuáticos pampeanos (Argentina) y se presentan potenciales indicadores ambientales con el fin de contribuir a la evaluación del deterioro ambiental actual y realizar un aporte con posibles respuestas para mejorar su manejo sostenible de los mismos y garantizar su conservación.

Palabras clave: modelo GEO, lagunas pampásicas, Argentina

### SUMMARY

The Pampa is one of the Great Plains worldwide, presents a low slope leading to the presence of a macrosystem of wetlands. This mosaic of wetlands has unique features such as complex, water variability and wide geographical spread, functioning as a trap of nutrients, chemical transformations, concentration and liberation processes, depending on the existence of rainfall, runoff and the contribution of the rivers. This vast plain has mostly land suitability for agricultural uses so its productive potential make it internationally in a region with comparative advantages for the production of grains and meats. In recent decades, due to different factors (changes in the land use, agricultural intensification, climate change, among others), water bodies in the region, known as pampean lakes is deteriorating and with them the ecosystem services provided. In this paper applies the GEO model (FMPEIR) pampean aquatic ecosystems (Argentina) and are potential indicators environmental in order to contribute to the assessment of current

environmental deterioration and make a contribution with possible responses to improve its sustainable managing them and guarantee their conservation.

Key words: GEO model, pampean shallow lake, Argentina

## CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS PAMPEANOS

La llanura pampeana es una de las grandes planicies a nivel mundial (Fig. 1) presenta una escasa pendiente (0,1-0,3 m/km, Sala, 1975) hacia el mar, interrumpida por dos pequeños cordones de serranías, el sistema de Tandilla (350 km de longitud y altura máxima de 500 m) y el de Ventania (180 km de longitud y altura máxima 1243 m). El clima es templado, del tipo marítimo continental, con una temperatura media de 17°C en el norte y 13°C en el sur. La precipitación pluvial anual alcanza los 1000 mm en el noreste y disminuye hacia el sur y el oeste hasta alcanzar valores de 400 mm.

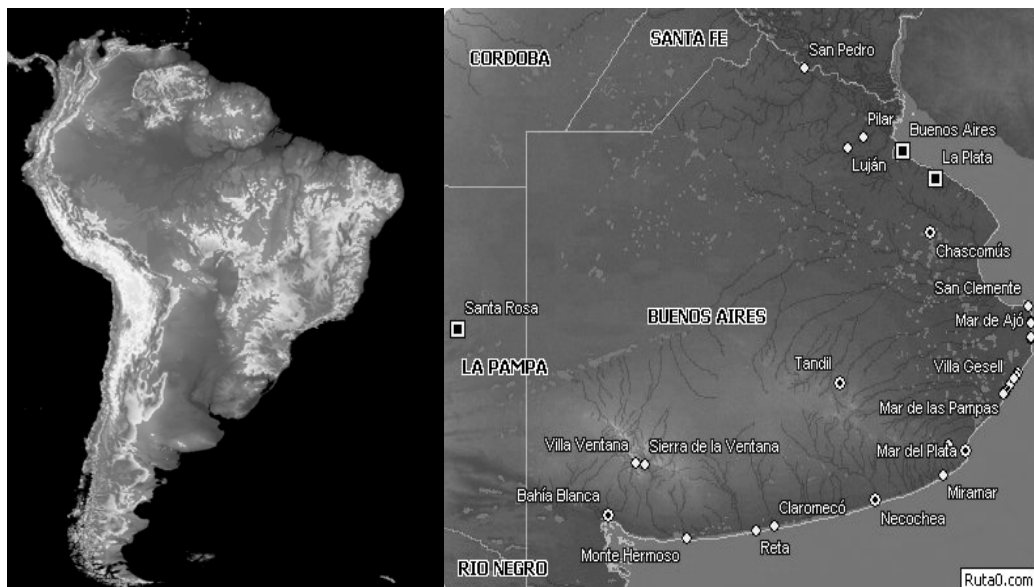


Figura 1. Llanura pampeana y lagunas pampásicas.

La escasa pendiente y la geomorfología (Iriondo, 2004) del lugar hacen que el escurrimiento de las aguas, producto de las precipitaciones, sea relativamente lento y por lo tanto se forme un macrosistemas de humedales entre lagunas, bañados, ríos, arroyos, canales y cañadones (Sosnosky y Quirós, 2005; Fernández Cirelli *et al.*, 2006) Este mosaico de humedales poseen características singulares como gran complejidad, variabilidad hídrica y gran extensión geográfica, funcionando como una trampa de nutrientes, por transformaciones químicas, procesos de concentración y liberación, dependiendo de la existencia de precipitaciones, el escurrimiento y la contribución de los ríos (Iriondo, 2004). Esta extensa llanura posee en su mayoría tierras con aptitud para usos agrarios (Pizarro, 2003), por lo que su potencialidad productiva la convierten a nivel internacional en una región con ventajas comparativas para la producción de granos y carnes. Por ello y aunque los sistemas productivos más comunes giran alrededor de la producción de granos (trigo, maíz, soja, girasol) y pecuarios (carne,

leche, lanas). En los últimos años se instalan en la región establecimientos de cría intensiva de ganado bovino, cerdos y aves.

La cuenca hidrográfica más importante de la región es la del Río Salado (140.000 km<sup>2</sup>) que desemboca en la Bahía de Samborombón (CFI, 1962). En lo que respecta a los sistemas lagunares, y, considerando solamente aquéllos con longitud mayor de 500 m, se han contabilizado 525 permanentes y 904 transitorios (Toresani *et al.*, 1994.). Estas lagunas tienen diferentes orígenes ya que se han formado a partir de cauces fluviales preexistentes, de albúferas que han perdido su comunicación con el mar, por la erosión glaciaria, por fuerzas tectónicas, por la deflación o excavación eólica, por el endicamiento de ríos y arroyos o por depresiones artificiales (Ringuelet *et al.*, 1968; Conzonno y Fernández Cirelli, 1997; Quirós *et al.*, 2002). De estos cuerpos de agua, las denominadas lagunas pampásicas poseen el perfil de “palangana”, sin ciclo térmico definido, ni estratificación persistente, de circulación continua, con un sedimento propio que difiere del suelo emergido circundante, no presentan una diferenciación entre la zona litoral y la central de la laguna (Ringuelet, 1962).

El aporte de agua que reciben las lagunas es irregular, sufriendo su volumen amplias variaciones estacionales e interdecadales (Quirós *et al.*, 2002; Magrin *et al.*, 2005). El sedimento es limoso, con poca arcilla, con arena silicia fina, con partículas más gruesas que el loess y con abundante materia orgánica (Ringuelet 1962; 1972). Las lagunas se caracterizan químicamente por presentan aguas con una elevada concentración de Na, de haluros solubles y de bicarbonatos, de modo que sus aguas son bicarbonatadas sódicas o cloruradas sódicas bicarbonatadas (Fernández Cirelli y Miretzky, 2004).

Los principales procesos geoquímicos que determinan la composición química de las lagunas pampásicas fueron analizados a través de relaciones iónicas, determinándose un proceso de intercambio catiónico entre Ca y Na en la evolución hidroquímica del agua subterránea a través de los sedimentos loésicos, siendo ésta una de las fuentes de agua superficial (Miretzky *et al.*, 2000; Miretzky *et al.*, 2001 a; b; Fernández Cirelli y Miretzky, 2004).

Los estudios relacionadas con el estado trófico de los cuerpos de agua de la llanura pampeana fueron iniciados por Ringuelet (1962) y Ringuelet *et al.*, (1968) e intensificándose a partir de la década de los 80 (Quirós, 1988; Conzonno y Claverie, 1990; Izaguirre y Vinocur, 1994; López *et al.*, 1994; Conzonno y Fernández Cirelli, 1997; Mariñelarena y Conzonno, 1997; Quirós *et al.*, 2002; Schenone *et al.*, 2007; 2008; Volpedo *et al.*, 2009). Estos autores determinaron que el estado trófico de las lagunas y sistemas lóticos varía entre eutrófico ( $600 \text{ ppb} < N_t < 1500 \text{ ppb}$ ,  $25 \text{ ppb} < P_t < 100 \text{ ppb}$ ) e hipertrófico ( $N_t > 1500 \text{ ppb}$ ,  $P_t > 100 \text{ ppb}$ ). Si bien las características particulares de estos cuerpos de agua hacen que los mismos sean naturalmente eutróficos en las últimas décadas se puede observar una tendencia hacia la hipertrofia, esto coincide con la intensificación de las actividades agropecuarias en la región.

## **APLICACIÓN DEL MODELO GEO PNUMA EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS PAMPEANOS**

El Programa de Evaluación Ambiental Integrada (EAI) del PNUMA, Perspectivas del Medio Ambiente Mundial conocido generalmente como GEO (por sus siglas en inglés) ha desarrollado una metodología propia para promover que en las diversas fases del proceso de generación de políticas y la toma de decisiones relacionados al ambiente a diferentes escalas, se base en el conocimiento científico sólido y en el interacción

interdisciplinaria (PNUMA, 2009). Las escalas desarrolladas por este modelo son diversas y pueden ser espaciales (regionales, sub-regionales, ecosistémicas, nacionales, locales) o bien estar relacionadas con temáticas determinadas o ser sectoriales.

Todos los tipos de EAI, en sus distintas escalas, dan respuestas a cinco preguntas básicas:

- ¿Qué está ocurriendo con el medio ambiente y por qué está ocurriendo?
- ¿Cuál es el impacto?
- ¿Cuáles son las acciones que se están ejecutando al respecto?
- ¿Qué ocurrirá en el futuro sino se toman medidas en el presente?
- ¿Qué se puede hacer en términos de políticas y respuestas?

La metodología GEO incluye la participación de diferentes sectores sociales, integrando las perspectivas globales y sub-globales, históricas y futuras; articulando aspectos sociopolíticos, socioeconómicos y ambientales a fin de minimizar las acciones que generan la degradación ambiental. Este modelo se basa en el análisis de las Fuerzas Motrices, Presiones, Estado, Impactos y Respuestas (FMPEIR) (Fig. 2).

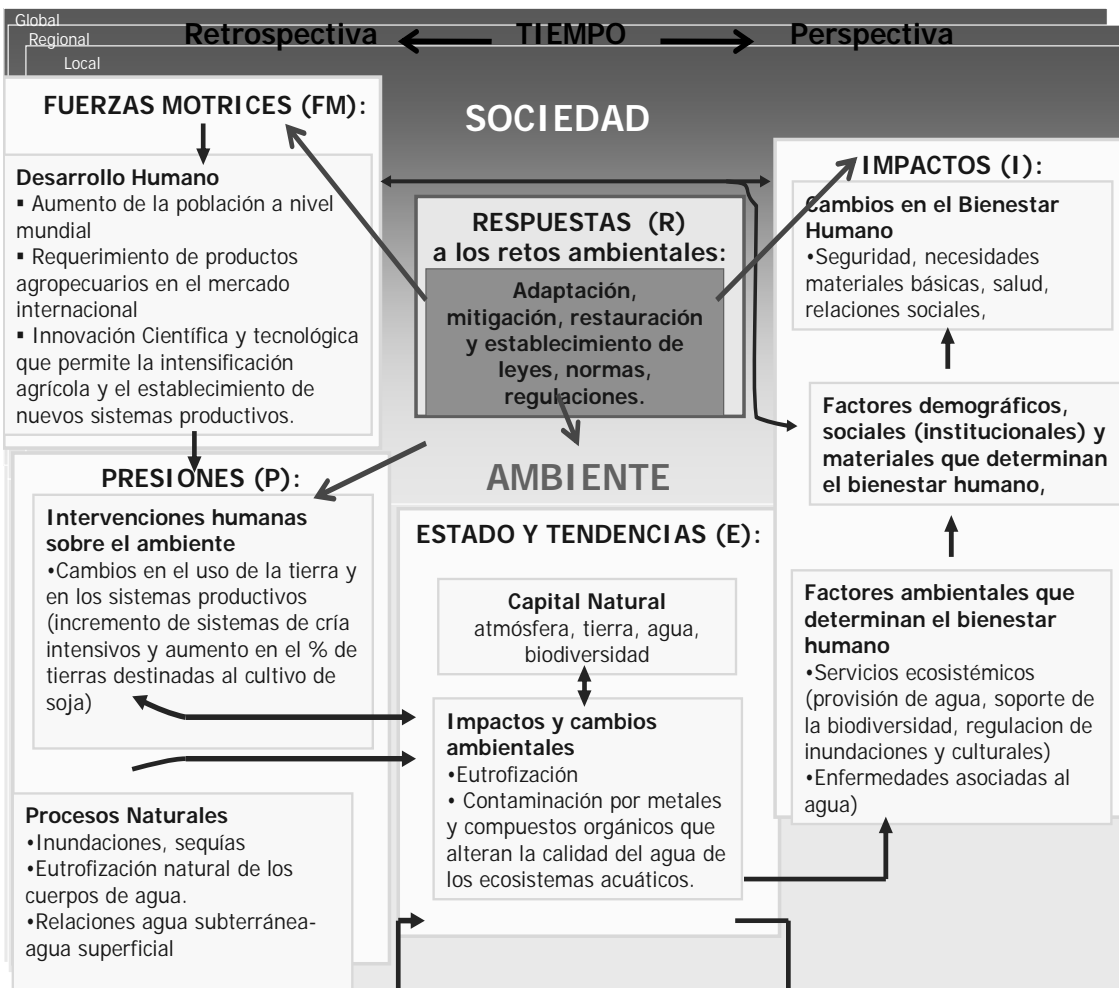


Figura 2. Esquema de la metodología GEO (FMPEIR) aplicado a las lagunas pampásicas.



Las fuerzas motrices (factores indirectos) y las presiones (factores directos) son los agentes inductores del cambio ambiental. En el caso de las lagunas pampásicas, así como de otros ambientes de regiones agropecuarias, las fuerzas motrices globales están asociadas al aumento de la población a nivel mundial (la cual demanda la producción de alimentos), y al aumento de los precios del mercado internacional sobre productos agropecuarios, como la soja y el ganado vacuno. Esto ha llevado a que en la Provincia de Buenos Aires se hayan producido en 2000, 230000 toneladas de soja, mientras que en el 2009 este valor aumentó a 561000 toneladas, exportándose aproximadamente el 85% de la producción. Con respecto al ganado bovino, la provincia de Buenos Aires, mantuvo en la última década una existencia de aproximadamente 1,7 millones de cabezas de ganado (MINAGRO, 2011).

Estas fuerzas motrices causan presiones concretas locales que se ven reflejada en la llanura pampeana en las últimas décadas con el aumento de las áreas destinadas a las actividades agropecuarias y la intensificación agrícola (Volpedo *et al.*, 2009).

Las presiones producidas por las actividades agropecuarias generan el aporte de nutrientes, compuestos orgánicos y metales que degradan el ambiente y particularmente la calidad del agua de las lagunas pampásicas.

**Tabla 1. Concentraciones de nitrógeno total y fósforo total de diferentes cuerpos de agua de la llanura pampeana en las últimas décadas. e: estado eutrófico, N<sub>t</sub>: nitrógeno total, NL: nutriente limitante, N/P: relación molar nitrógeno/fósforo, P<sub>t</sub>: fósforo total, h: estado hipertrófico (Volpedo *et al.*, 2009).**

Laguna	Pt (mg/l)	Nt (mg/l)	NT	Nt/Pt	NL	Referencia	Década
SM del Monte	0.16	5.00	H	71	P	Quirós, 1988	80
Chascomús	0.25	1.56	H	13.8	N,P	Conzonno <i>et al.</i> , 1990	80
Chascomús	0.23	2.80	H	27	P	Quirós, 1988	80
El carpincho	1.29	5.23	H	9	N	Quirós, 1988	80
de Gómez	1.25	13.00	H	23	P	Quirós, 1988	80
Navarro	0.35	7.27	H	46	P	Quirós, 1988	80
Las Mulitas	0.10	4.74	H	103	P	Quirós, 1988	80
La Chilca	0.08	3.69	E	101	P	Quirós, 1988	80
Lobos	0.36	2.00	H	12.3	N,P	Mariñelarena y Conzonno, 1997	90
Lobos	0.30	4.67	H	34.5	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
Culú-Culú	0.32	5.26	H	36.4	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
SM del Monte	0.24	4.16	H	38.4	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
Chascomús	0.17	4.88	H	63.6	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
Vitel	0.63	3.40	H	11.9	N,P	Conzonno <i>et al.</i> , 1990	90
Yalca	0.62	0.30	E	1.1	N	Conzonno <i>et al.</i> , 1990	90
Del Burro	0.03	0.70	E	5.2	N	Conzonno <i>et al.</i> , 1990	90
Adela	0.13	4.15	H	70.7	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
Chis-Chis	0.13	0.10	E	1.7	N	Conzonno <i>et al.</i> , 1990	90
La Tablilla	0.13	4.70	H	80	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
Las Barrancas	0.14	4.24	H	67.1	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
Colis	0.32	3.36	H	23.2	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
La Salada	0.45	4.54	H	22.3	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
Todos los Santos	0.30	4.13	H	30.5	P	Izaguirre y Vinocur, 1994	90
Chascomús	0.29	8.00	H	15.2	N,P	Maizels <i>et al.</i> , 2002	2000
De la Via	0.72	20.28	H	14.9	N,P	Sosnosky y Quirós, 2005	2000
Las Balitas	0.40	18.73	H	8.96	N	Sosnosky y Quirós, 2005	2000

En las últimas décadas se ha modificado el estado trófico de eutrófico a hipereutrófico de las lagunas pampásicas (Tabla 1) y han aumentado los registros de compuestos orgánicos (Tabla 2) y metales en las mismas (Tabla 3).

**Tabla 2. Concentraciones (mg/L) de pesticidas en diferentes cuerpos de agua de la llanura pampeana.  $\alpha$ -HCH:  $\alpha$ -hexaclorociclohexano;  $\gamma$ -HCH:  $\gamma$ -hexaclorociclohexano;  $\delta$ -HCH:  $\delta$ -hexaclorociclohexano;  $\gamma$ -Clor: clordano, DDD: diclorodifenildicloreto; DDT: diclorodifeniltricloreto. (Peluso *et al.*, 2011).**

Laguna	$\alpha$ -HCH (mg/l)	$\gamma$ -HCH (mg/l)	$\delta$ -HCH	$\gamma$ -Clor	Acetoclor	Aldrin	DDD	DDT	$\alpha$ -endosulfan	$\beta$ -endosulfan	Heptacloro
La Barrancosa	2.00E <sup>-8</sup>	7.30 E <sup>-7</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.30 E <sup>-6</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
La Salada	2.00E <sup>-8</sup>	2.50 E <sup>-7</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	3.50 E <sup>-6</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
El Chifle	5.00E <sup>-6</sup>	2.50 E <sup>-7</sup>	1.50 E <sup>-6</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	1.50 E <sup>-6</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	3.00 E <sup>-7</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
San Antonio	2.00E <sup>-8</sup>	1.10 E <sup>-6</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	1.60 E <sup>-6</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
Del Estado	2.00E <sup>-8</sup>	2.50 E <sup>-6</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
MQuilla	2.00E <sup>-8</sup>	2.50 E <sup>-6</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
Lauquen	2.00E <sup>-8</sup>	2.50 E <sup>-6</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
El Paraíso	2.00E <sup>-8</sup>	2.50 E <sup>-6</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
La Brava	1.47E <sup>-5</sup>	2.50 E <sup>-7</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	6.00 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
De los Padres	5.30E <sup>-6</sup>	2.50 E <sup>-7</sup>	3.00 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
La Peregrina	9.70E <sup>-6</sup>	2.80 E <sup>-6</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.90 E <sup>-6</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	4.60 E <sup>-6</sup>	8.8 E <sup>-6</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
El Carpincho	1.73E <sup>-5</sup>	2.50 E <sup>-7</sup>	1.25E <sup>-5</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.30 E <sup>-6</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
Blanca Chica	1.80E <sup>-6</sup>	2.50 E <sup>-7</sup>	5.20E <sup>-6</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	1.66 E <sup>-5</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>
La Sirena	2.40E <sup>-5</sup>	7.00 E <sup>-7</sup>	1.50 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-8</sup>	1.50 E <sup>-8</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	5.00 E <sup>-9</sup>	2.59 E <sup>-7</sup>	1.04 E <sup>-5</sup>	4.50 E <sup>-7</sup>	2.25 E <sup>-6</sup>

**Tabla 3. Concentraciones (mg/L) de metales en diferentes cuerpos de agua de la llanura pampeana.**

Laguna	Cr	Cu	Zn	Pb	Hg	Referencia
Chascomús	0,12	1,78	0,19	-	-	Barla <i>et al.</i> , 1999
Las Perdices	-	-	0,058-0,122	0,002-0,020	0,002-0,004	Dangavs, 2010
Lobos	0,002-0,031	0,01-0,035	0,011-0,122	0,002-0,011		Galindo <i>et al.</i> , 2004

De esta manera se alteran total o parcialmente los servicios ecológicos que dichos cuerpos de agua brindan (regulación de inundaciones, fuente de agua dulce para distintos usos, producción de recursos pesqueros, zonas de recreación, hábitat de especies de importancia comercial y emblemáticas, entre otras). Además, las presiones provocan cambios en el estado del ambiente que se suman a las presiones que son

consecuencia de procesos naturales (variaciones climáticas, alteraciones en los componentes del ecosistema: biodiversidad, agua, suelo), incrementando el deterioro ambiental tanto en su intensidad así como en su escala temporal.

## **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INDICADORES DE PRESIÓN-ESTADO-IMPACTO-RESPUESTA (PEIR) PARA LAS LAGUNAS PAMPÁSICAS.**

La metodología GEO selecciona: indicadores PEIR, el estado específico del ambiente en relación a los problemas ambientales, sus tendencias y las presiones que están causando el cambio ambiental, los cambios en los servicios ambientales y los impactos sobre bienestar humano.

Considerando la literatura consultada y la experiencia de nuestro grupo de investigación en los ecosistemas acuáticos de la llanura pampeana, se identifican como las principales problemáticas ambientales que afectan a los mismos a:

- Alteración de la calidad del agua por el aporte excesivo de nutrientes, compuestos orgánicos y metales pesados provenientes principalmente de las actividades agropecuarias.
- Presencia de elementos traza de origen natural (F y As) en elevadas concentraciones
- Insuficiente cobertura para el tratamiento de los efluentes líquidos por las comunidades periurbanas y rurales.
- Escasa conciencia ambiental de los principales actores del territorio.
- Incumplimiento de la normativa vigente en relación al vertido de efluentes, legislación y regulaciones ambientales.

Dichas problemáticas están interconectadas, y además que entre muchas de ellas se generan sinergias que alteran en mayor grado al ambiente.

En relación a la problemática 1 “*Alteración de la calidad del agua por el aporte excesivo de nutrientes, compuestos orgánicos y metales pesados provenientes principalmente de las actividades agropecuarias*”, se evidencia la existencia de una tendencia actual de deterioro de la calidad del agua, la cual se ha intensificado en las últimas décadas (Volpedo *et al.*, 2009). Esto se manifiesta en el aumento de la cantidad de cuerpos de agua denominados lagunas “turbias o verdes” (las cuales están asociadas a áreas de uso intensivo del suelo) en relación a las lagunas “claras” presentes en áreas de menor intensidad del uso agropecuario (Quirós *et al.*, 2006). Por ello es necesario la reducción de los aportes de nutrientes, compuestos orgánicos y metales producidos por las actividades agropecuarias; ya que de continuar la tendencia actual se verán afectados los servicios ecosistémicos que estos ambientes brindan a las comunidades locales. Algunas de las acciones tendientes a minimizar los impactos de las actividades ganaderas como la cría en sistemas intensivos de engorde a corral están asociadas al mantenimiento de la capa sellante de los corrales, y al manejo de excretas y del alimento (Yoshida *et al.*, 2007; 2010; Moscuza y Fernández Cirelli, 2009).

Los indicadores PEIR propuestos para esta problemática y su forma de monitoreo se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4. Indicadores PEIR asociados a la alteración de la calidad del agua de las lagunas pampásicas.**

<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Avance de la frontera agropecuaria (ha/año)
<b>Forma de monitoreo</b>	Control anual de la superficie agropecuaria a través de imágenes satelitales periódicas, detallando superficie de cultivos y ubicación de los establecimientos de cría intensivos.
<b>Indicador de ESTADO</b>	Relación molar N/P (determina el estado trófico del cuerpo de agua) Presencia de compuestos orgánicos y metales en concentraciones mayores a los niveles guía de protección a la biota acuática sugeridos por la autoridades nacionales competentes.
<b>Forma de monitoreo</b>	Determinación estacional de Nt y Pt en las lagunas pampásicas Determinación de elementos traza Determinación de compuestos orgánicos
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Cantidad de eventos de floraciones algales anuales. Cantidad de eventos de mortandad de peces anuales.
<b>Forma de monitoreo</b>	Comparación de la cantidad de eventos de floraciones algales y de mortandad de peces durante 5 años.

La problemática 2 “*Presencia de elementos traza de origen natural (F y As) en elevadas concentraciones*” se evidencia principalmente en aguas subterráneas de la llanura pampeana (Smedley y Kinniburgh 2002; Paoloni *et al.*, 2009; Espósito *et al.*, 2011; Rosso *et al.*, 2011 a, b) sin embargo debido principalmente a la relación existente en las aguas subterráneas y las superficiales demostradas por Fernández Cirelli y Miretzky (2004) también se han determinado en aguas superficiales de sistemas lóticos y lénticos estos elementos. El origen del As y el F en la llanura pampeana es natural y se debe su presencia en los sedimentos loésicos (Smedley *et al.*, 2002). En los sistemas lóticos de la Cuenca del Salado se determinaron concentraciones de As entre 7- 220µg/L mientras que en el sudoeste bonaerense estos valores son más altos (>400 µg/L) (Galindo *et al.*, 2004; Schenone *et al.*, 2007; Rosso *et al.*, 2011a, b). Por lo que en las lagunas asociadas a estos sistemas lóticos debieran profundizarse los estudios cuerpos de agua a fin de analizar el ciclo biogeoquímico de estos elementos, su influencia en la biota acuática y en los servicios ecosistémicos de estos ambientes.

Los indicadores PEIR propuestos para esta problemática y su forma de monitoreo se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5. Indicadores PEIR asociados a la presencia de elementos traza de origen natural (F y As) en elevadas concentraciones.**

<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Elevadas concentraciones de As y F ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>Forma de monitoreo</b>	Determinación estacional de As y F ( $\mu\text{g/L}$ ) en aguas de las lagunas pampásicas, cuerpos de agua superficiales aledaños y aguas subterráneas de la misma región.
<b>Indicador de ESTADO</b>	Presencia de As y F ( $\mu\text{g/L}$ ) en concentraciones mayores a los niveles guía de protección a la biota acuática sugeridos por la autoridades nacionales competentes y entidades internacionales (OMS).
<b>Forma de monitoreo</b>	Determinación estacional de concentraciones de As y F ( $\mu\text{g/L}$ ) en las lagunas pampásicas.
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Alteraciones anatomohistológicas en la biota acuática. Presencia de hidroarsenicismo crónico endémico argentino (HACREA) y/o fluorosis en la población aledaña al cuerpo de agua
<b>Forma de monitoreo</b>	Comparación de la cantidad de organismos acuáticos (por ejemplo peces) con alteraciones anatomohistológicas producidas por As y/o F durante 5 años. Cantidad de casos de HACREA y fluorosis en la población local.

La problemática 3 “*Insuficiente cobertura para el tratamiento de los efluentes líquidos por las comunidades periurbanas y rurales*” se manifiesta en que en la provincia de Buenos Aires, de los 15.481.752 personas que habitan e integran 4.789.484 hogares, sólo el 47,56% poseen acceso a la red pública de saneamiento (2.278.609 hogares), el resto de población (52,44%) posee cámara séptica, pozos ciegos u excavaciones precarias) (Censo 2010; INDEC, 2011). Esto determina que en áreas rurales y algunos centros urbanos y periurbanos de la Provincia de Buenos Aires, los efluentes domésticos sean vertidos directa o indirectamente a los cuerpos de agua, en particular a las lagunas pampásicas, realizando un aporte de nutrientes importante y deteriorando la calidad del agua de las lagunas. De continuar esta tendencia los servicios ecosistémicos que brindan las lagunas pampásicas pueden verse alterados siendo en algunos casos, irreversible su recuperación.

Los indicadores PEIR propuestos para esta problemática y su forma de monitoreo se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6. Indicadores PEIR asociados a la insuficiente cobertura para el tratamiento de los desechos líquidos por las comunidades periurbanas y rurales.**

<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Aumento de población sin acceso a la red de saneamiento pública
<b>Forma de monitoreo</b>	% de hogares con acceso a la red de saneamiento pública, % de hogares con acceso a sistemas de tratamientos de efluentes
<b>Indicador de ESTADO</b>	Relación molar N/P (determina el estado trófico del cuerpo de agua)
<b>Forma de monitoreo</b>	Determinación estacional de Nt y Pt en las lagunas pampásicas
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Cantidad de eventos de floraciones algales anuales. Cantidad de eventos de mortandad de peces anuales.
<b>Forma de monitoreo</b>	Comparación de la cantidad de eventos de floraciones algales y de mortandad de peces durante 5 años.

La problemática 4 “*Escasa conciencia ambiental de los principales actores del territorio*” se observa en toda la provincia de Buenos Aires y no sólo en las áreas aledañas a las lagunas pampásicas. Si bien se han iniciado a nivel gubernamental y no gubernamental iniciativas para sensibilizar a la población respecto a la temática ambiental y a la conservación de los recursos, las acciones son aisladas y discontinuadas. De no modificarse esta tendencia, tanto las lagunas pampásicas como sus recursos poseen riesgo de no poder ser utilizados por las generaciones futuras. Los indicadores PEIR propuestos para esta problemática y su forma de monitoreo se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7. Indicadores PEIR asociados a la escasa conciencia ambiental de los principales actores del territorio.**

<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Disminución de la participación de la población en actividades gubernamentales y no gubernamentales relacionadas a la conservación de los recursos naturales.
<b>Forma de monitoreo</b>	Cantidad de pobladores que participan en actividades y en OG y ONGs relacionadas a la conservación de los recursos naturales en áreas aledañas a las lagunas pampásicas.
<b>Indicador de ESTADO</b>	Cantidad de pobladores sensibilizados ambientalmente.
<b>Forma de monitoreo</b>	Nivel de participación en actividades relacionadas a la conservación de las lagunas pampásicas en los diferentes niveles educativos, y en educación ambiental no formal e informal.
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Disminución de los usos y beneficios que los pobladores obtienen de la laguna (por ejemplo recursos pesqueros, recreación) Pérdida de ingresos por afectaciones a la pesca deportiva y al turismo.
<b>Forma de monitoreo</b>	Comparación de la cantidad de usos y beneficios que los pobladores le dan a la laguna.

La problemática 5 “*Incumplimiento de la normativa vigente en relación al vertido de efluentes, legislación y regulaciones ambientales*” se manifiesta en el desconocimiento a nivel de la población local de las reglamentaciones y los escasos controles locales que se ejercen. La Republica Argentina, la Provincia de Buenos Aires, así como los partidos bonaerenses, poseen gran cantidad de normativas ambientales, y gran parte de ellas está reglamentadas. Sin embargo el cumplimiento, el control y la ejecución de las penas por no cumplimiento son escasas, esto produce conflictos en el uso.

La normativa existente posee diferentes niveles y alcances. La Constitución de la Nación Argentina sancionada el 22/08/1994, en su artículo 41 enuncia el derecho de todos los habitantes a gozar de una ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. En relación al agua, la Ley 25688 enuncia el Régimen de Gestión Ambiental de las Aguas. Ley de Presupuestos Mínimos, y la Ley 22190 menciona el Régimen de prevención y vigilancia de la contaminación de las aguas u otros elementos del medio ambiente por agentes contaminantes provenientes de buques y artefactos navales;

derogación de la Ley 20.481. A nivel provincial la Ley 12257 de la Provincia de Buenos Aires explicita el Código de Aguas -Régimen de Protección; Conservación y Manejo del Recurso Hídrico siendo la normativa que rige para la protección de este recurso. Los indicadores PEIR propuestos para esta problemática y su forma de monitoreo se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8. Indicadores PEIR relacionada al incumplimiento de la normativa vigente en relación al vertido de efluentes, legislación y regulaciones ambientales.**

<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Aumento de vertidos de efluentes domésticos y agropecuarios cuyos parámetros no cumplen la normativa vigente.
<b>Forma de monitoreo</b>	% vertidos que no cumple la normativa, aumento del % de casos de enfermedades relacionadas a la mala calidad del agua (ej: enfermedad del bebe azul, diarreas, hepatitis, parasitosis).
<b>Indicador de ESTADO</b>	Relación molar N/P (determina el estado trófico del cuerpo de agua) Determinación de elementos traza Determinación de compuestos orgánicos
<b>Forma de monitoreo</b>	Determinación estacional de Nt y Pt en las lagunas pampásicas Presencia de compuestos orgánicos y metales en concentraciones mayores a los niveles guía de protección a la biota acuática sugeridos por la autoridades nacionales competentes.
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Disminución de los usos y beneficios que los pobladores obtienen de la laguna (por ejemplo recursos pesqueros, recreación) Pérdida de ingresos por afectaciones a la pesca deportiva y al turismo. Cantidad de eventos de floraciones algales y mortandad de peces anuales.
<b>Forma de monitoreo</b>	Comparación de la cantidad de usos y beneficios que los pobladores le dan a la laguna.

## **POSIBLES RESPUESTAS ANTE LAS PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES RELACIONADAS CON LAS LAGUNAS PAMPÁSICAS**

La metodología GEO denomina como “respuestas” a las estrategias y políticas públicas que influyen sobre las fuerzas motrices, presiones y estados ambientales y que contribuyen a reducir el impacto socioeconómico de los cambios ambientales. Además las respuestas que minimizan un impacto ambiental contribuyen a desarrollar la capacidad de adaptación en los seres humanos, lo que a mediano plazo colabora a reducir la vulnerabilidad de las poblaciones locales al cambio ambiental.

En relación a las lagunas pampásicas, algunas de las políticas públicas que podrían implementarse en diferentes niveles relacionadas al manejo adecuado de efluentes domésticos y de actividades agropecuarias pueden ser:

### **a) Acciones locales**

- Conservación del pastizal nativo en las áreas perimetrales de las lagunas pampásicas
- Aplicación de manuales de buenas prácticas agropecuarias,
- Controles en el manejo y uso de agroquímicos,

- Manejo adecuado de la capa sellante de corrales de establecimientos de cría intensiva de bovinos
- Manejo de efluentes, manejo del alimento y de fármacos de uso veterinario en los sistemas de cría intensiva.
- Incremento de las redes de abastecimiento y saneamiento de áreas urbanas y periurbanas
- Implementación de tratamiento de efluentes domésticos alternativos en las áreas rurales
- Sensibilización de la población respecto a la temática

***b) Acciones relacionadas a las normativas***

- Adecuación de las normativas municipales, provinciales y nacionales respecto a los emplazamientos de establecimientos de cría intensiva a corral (feedlots, criaderos de pollo, cerdos)
- Control riguroso del cumplimiento de la normativa respecto a la aplicación de agroquímicos (dosis, veces, periodos) según tipo de cultivo

***c) Acciones relacionadas al fortalecimiento institucional***

- Análisis de las misiones y funciones de los organismos con competencia en la temática a fin de minimizar superposición de funciones e identificar vacíos de autoridad
- Capacitación de recursos humanos en relación a las principales problemáticas identificadas que afectan a las lagunas pampásicas
- Planes de monitoreo sistematizados y base de datos de monitoreo actualizada y pública.

***d) Acciones asociadas a las políticas de ciencia y técnica***

- Desarrollo de nuevas tecnologías de tratamiento de efluentes domésticos
- Estudio relacionados a la seguridad sanitaria en la reutilización de efluentes agropecuarios
- Estudio del comportamiento ambiental de fármacos veterinarios y de agroquímicos
- Desarrollo de metodologías de alerta temprana para eventos de floraciones algales e identificación temprana de causas generadoras de mortandad de peces
- Identificación de toxinas algales producidas en las floraciones que produzcan riesgo sanitario y mortandad en la biota acuática.

Si bien estas acciones son un ejemplo de las múltiples actividades potenciales que pueden desarrollarse para minimizar los impactos que afectan a las lagunas pampásicas y los servicios ecológicos que ellas brindan; solo articulando los diferentes tipo de acciones (locales, relacionadas con normativas, fortalecimiento institucional, políticas de ciencia y técnica, entre otras) se puede contribuir a una mejorar real y a corto y mediano plazo del estado de estos ecosistemas acuáticos.

La metodología GEO es una herramienta útil para evaluar integralmente estos ambientes y buscar alternativas de respuesta a las problemáticas ambientales que los mismos presentan a fin de garantizar su conservación y la preservación de sus servicios ecológicos.



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Buenos Aires (UBACYT CC05, VO9), al CONICET y a la ANPCyT (PICT 2010-1372) por el financiamiento de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

Barla, MJ; RU Escaray y JF Bustingorry, 1999. Copper, zinc and chromium in water, sediments and biota in the pampean Chascomús Lake (Argentina). *Natura Neotropicalis* 30 (1-2): 67-76.

Censo 2010; INDEC, 2011 <http://www.censo2010.indec.gov.ar/> revisada 5/9/2011  
Consejo Federal de Inversiones (CFI). 1962. Evaluación de los recursos naturales de la Argentina. *Recursos Hidráulicos superficiales* 1: 1-459.

Conzonno, VH y A Fernández Cirelli, 1997. Ecosistemas lagunares de la Provincia de Buenos Aires. 115-140. En: *Agua: uso y manejo sustentable*. Eudeba, Buenos Aires.

Conzonno, VH y E Claviere, 1990. Chemical characteristics of water of Chascomús pond (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Limnological implications. *Revista brasileira de Biología* 50(1): 1-15.

Dangavs, NV, 2010. Geología ambiental de la laguna de las Perdices, Monte, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS*, 1:67-104

Espósito, ME, JD Paoloni; ME Sequeira; NM Amiotti y M del C Blanco, 2011. Natural Contaminants in Drinking Waters (Arsenic, Boron, Fluorine and Vanadium) in the Southern Pampean Plain, Argentina. *Journal of Environmental Protection*, 2: 97-108

Fernández Cirelli, A y P Miretzky, 2004. Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes (Buenos Aires, Argentina). *Quaternary International* 114: 113-121

Fernández Cirelli, A; C Du Mortier y AV Volpedo, 2006. Influencia de las Actividades Agropecuarias en los Procesos de eutrofización en la Cuenca Baja del Río Salado (Provincia de Buenos Aires, Argentina). (p.17-34) En: J.G. Tundisi, T. Matsumura-Tundisi, C. Sidagis Galli (eds.). *Eutrofização na América do Sul: Causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle*, Instituto Internacional de Ecologia, Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental, Academia Brasileira de Ciências, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Inter - Academy Panel on International Issues, InterAmerican Network of Academies of Sciences. 531p José Galizia Tundisi, Takako Matsumura Tundisi y Corina Sidagis Galli (Eds) *Eutrophication in South America: causes, consequences and technologies for management and control*. Instituto Nacional de Ecologia de São Carlos, pp.17-34.

- Galindo, G; MA Herrero; S Korol y A Fernández Cirelli, 2004. Water resources in the Salado River drainage basin, Buenos Aires, Argentina: Chemical and microbiological characteristics. *International water resources association*: 1-10.
- Iriondo, M, 2004. Large wetlands of South America: a model for quaternary humid environments. *Quaternary International* 114 (1): 3-9.
- Izaguirre, I y A Vinocur, 1994. Typology of shallow lakes of the Salado River basin (Argentina), based on phytoplankton communities. *Hydrobiología* 277: 49-62.
- López, H; O Padín y J Iwaskiw, 1994. *Biología pesquera de las lagunas encadenadas del sudoeste*. Provincia de Buenos Aires. División Vertebrados. Museo de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
- Magrin, GM; I Travasso y GR Rodríguez, 2005. Changes in climate and crop production during the 20th century in Argentina. *Climatic Change*, 72: 229–249.
- Maizels, P; E Etchepare; E Chomonaz ; J Bustingorry; R Escaray y V Conzonno, 2002. Parámetros abióticos y biomasa fitoplansctónica en la Laguna de Chascomús (periodo de inundación 2002). <http://www.biblioteca.org.ar/LIBROS/8224.pdf>
- Mariñelarena, A y VH Conzonno, 1997. Chemical characteristic and trophic status of Lobos pond (Buenos Aires, Argentina). *Natura Neotropicalis* 28(1): 7-13.
- MINAGRI, 2011. (Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Pesca de Argentina). <http://www.minagri.gob.ar/site/index.php> revisada 13/9/2011.
- Miretzky P; VH Conzonno y A Fernández Cirelli, 2000. Hydrochemistry of pampasic ponds in the lower stream bed of Salado River drainage basin, Argentina. *Environmental Geology* 39: 951-956.
- Miretzky, P; V Conzonno y A Fernández Cirelli, 2001a. Geochemical mechanism controlling pampasic ponds hydrochemistry. Salado River drainage basin. Argentina. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 6 (4): 29-39.
- Miretzky, P; VH Conzonno y A Fernández Cirelli, 2001b. Geochemical procesesprocesses controlling silica groundwater concentration. Salado River drainage basin (Argentina). *J. Geochemical Exploration* 73: 155-166.
- Moscuzza, C.H. y A. Fernández Cirelli, 2009. Trace elements in confined livestock production systems in the Pampean Plain of Argentina. *World Applied Sciences Journal* 7(12):1583-1590.
- Paoloni, JD; ME. Sequeira; ME. Espósito, CE. Fiorentino; y M del C Blanco, 2009. Arsenic in Water Resources of the Southern Pampa Plains, Argentina. *J Environ Public Health*. 470-477.

Peluso F; F Grosman; J González Castelain; N Othax; L Rodríguez y FL Lo Nostro, 2011. Health Risk by Chlorinated Pesticides in Water Bodies Used for Recreational Bathing in Argentina. 179- 206. En: M. Stoytcheva. *Pesticides - The impacts of pesticide exposure*. Capítulo 9. InTech, Croacia, Pp. 446.

Pizarro, J, 2003. Evolución de la producción agropecuaria pampeana en los últimos 50 años (1950-2000). XIII Economic History Congress, Buenos Aires 22-26 de July 2002. PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, División de Evaluación y Alerta Temprana); Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD), 2009. *Manual de Capacitación para Evaluaciones Ambientales Integrales y elaboración de informes* 123 pp.

Quirós, R, 1988. Relationships between air, temperature, depth, nutrients and chlorophyll in 103 Argentinean lakes. *Verh. Internnat. Verein. Limnol.* 23:647-658.

Quirós, R; JJ Rosso; A Rennella; A Sosnovsky y M Boveri, 2002. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). *Interciencia* 27(11): 584-591.

Quirós, R; MB Boveri; CA Petracchi; AM Rennella; JJ Rosso; A Sosnovsky y HT von Bernard, 2006. Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas (p: 1-16). En J.G. Tundisi, T. Matsumura-Tundisi, C. Sidagis Galli (eds.). *Eutrofização na América do Sul: Causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle*, Instituto Internacional de Ecología, Instituto Internacional de Ecología e Gerenciamento Ambiental, Academia Brasileira de Ciências, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Inter - Academy Panel on International Issues, InterAmerican Network of Academies of Sciences. 531 pp.

Ringuelet, RA, 1972. Tipología de las lagunas de la Provincia de Buenos Aires. La Limnología regional y los tipos lagunares. *Physis* 21(82): 1-55.

Ringuelet, RA, 1962. Ecología acuática continental. Eudeba. Buenos Aires. 137 pp.

Ringuelet, RA; A Salibián; E Clavero y S Ilhero, 1968. Limnología química de las lagunas pampásicas. *Physis* 22 (71):201-221.

Rosso JJ; JJ Troncoso y A Fernández Cirelli, (2011 a) Geographic distribution of arsenic and trace metals in lotic ecosystem of Pampa Plain, Argentina. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 86:129–132.

Rosso, JJ; ML Puntoriero; JJ Troncoso; AV Volpedo y A Fernández Cirelli, 2011 b. Occurrence of Fluoride in Arsenic-rich Surface Waters: a Case Study in the Pampa Plain, Argentina. *Bull Environ Contam Toxicol* 87(4): 409-413

Sala, JM, 1975. Geología de la Provincia de Buenos Aires. *Recursos hídricos. Relatorio VI Cong. Geol. Arg.*:169-251.

Schenone, N; AV Volpedo y A Fernández Cirelli, 2007. Trace Metal Contents in water and sediments in Samborombón Bay wetland, Argentina. *Wetland ecology and management* 15: 303-310.

Schenone, N; AV Volpedo y A Fernández Cirelli, 2008. Estado trófico y variación estacional de nutrientes en los ríos y canales del humedal mixohalino de Bahía Samborombón (Argentina). *Limnética* 27 (1): 65-72.

Smedley P y D Kinniburgh, 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Appl Geochem* 17:517-568.

Smedley PL; HB Nicolli; DMJ Macdonald, AJ Barros y JO Tullio, 2002 Hydrogeochemistry of arsenic and other inorganic constituents in groundwaters from La Pampa, Argentina. *Appl Geochem* 17:259-284

Sosnovsky, A y R Quirós, 2005. Efectos de la intensidad de uso de la tierra en pequeñas lagunas pampeanas (Argentina) (p: 197-215). En I. Vila y J. Pizarro (eds.) *Tercer Taller Internacional de Eutrofización de Lagos y Embalses*. CYTED. Patagonia Impresores, Santiago, Chile. 215 pp.

Toresani, N; N Iriart y S Gómez, 1994. Lagunas de la Provincia de Buenos Aires. Dirección de Intereses Marítimos, Dirección Provincial de Pesca e Intereses Marítimos, Subsecretaría de Pesca, Ministerio de la Producción de la Provincia de Buenos, 108 pp.  
Volpedo, AV, 2007. El proceso de eutrofización en aguas superficiales. En: Marcelo Míguez, Alicia Fernández Cirelli, Mariana Vaccaro y Cecile du Mortier Eds “*El agua como fuente de vida y desarrollo*” FVET, Universidad de Buenos Aires.

Volpedo, AV; N Schenone y A Fernández Cirelli, 2009. El proceso de eutrofización en la región pampeana (Argentina). 110-126. En Fernández Cirelli, A y I. Amaral. Eds. *Los recursos hídricos en la Región del Mercosur: estudios de caso*. Jaboticabal FUNESP.

Yoshida, N; M Castro; C Du Mortier y A Fernández Cirelli, 2007. Environmental behavior of antibiotic monensin: preliminary studies in Argentina. *Environmental Chemistry Letters* 5: 157-160.

Yoshida, N; M Castro; y A Fernández Cirelli, 2010. Degradation of monensin on soils: influence of organic matter and water content. *Chemistry and Ecology* 26 (1): 27-33.