

# EL AGUA

## en la producción animal

IV Jornadas Interdisciplinarias Ciclo del Agua en Agroecosistemas



**UBA**  
Universidad de Buenos Aires



# **El Agua en la Producción Animal**

## **IV Jornadas Interdisciplinarias Ciclo del Agua en Agroecosistemas**

Editores

Alicia Fernández Cirelli

Alejo Pérez Carrera

Alejandra Volpedo

El agua en la producción animal : IV Jornadas Interdisciplinarias Ciclo del Agua en Agroecosistemas / editado por Alicia Fernandez Cirelli ; Alejo Pirez Carrera ; Alejandra Vanina Volpedo. - 1a edición para el alumno. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : 2018.  
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-42-8881-3

1. Producción. 2. Animal. 3. Jornadas. I. Fernandez Cirelli, Alicia, ed. II. Pirez Carrera, Alejo, ed. III. Volpedo, Alejandra Vanina, ed.  
CDD 636

## Índice

<b>PROLOGO</b> .....	<b>5</b>
<b>IMPORTANCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA SOCIEDAD: DE LA HIDROGEOLOGÍA A LA GESTIÓN EN ARGENTINA</b> .....	<b>7</b>
INTRODUCCIÓN .....	10
AGUA SUBTERRÁNEA.....	10
GRANDES ACUÍFEROS DEL MUNDO .....	16
ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS.....	21
ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS .....	23
EJEMPLOS DE GRANDES ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS EN AMÉRICA LATINA .....	25
<i>Acuífero Guaraní</i> .....	25
<i>Acuífero Yerandá-Toba- Tarijeño</i> .....	27
ÉTICA DEL AGUA .....	29
AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ARGENTINA .....	30
IMPORTANCIA DEL RECURSO SUBTERRÁNEO .....	39
<i>Origen del agua de riego</i> .....	40
PROBLEMÁTICAS PRINCIPALES DE LOS ACUÍFEROS.....	41
-NIVEL DE EXPLOTACIÓN .....	43
-DISPONIBILIDAD .....	44
- MONITOREO .....	45
NUEVOS HITOS.....	48
<b>EFFECTOS AMBIENTALES DE LOS TAMBOS DE PEQUEÑOS RUMIANTES</b> .....	<b>54</b>
INTRODUCCIÓN .....	55
TAMBOS DE PEQUEÑOS RUMIANTES .....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	64
<b>LA PRODUCCIÓN EQUINA EN ARGENTINA Y SUS POSIBLES IMPLICANCIAS AMBIENTALES</b> .....	<b>67</b>
INTRODUCCIÓN .....	68
LA PRODUCCIÓN EQUINA Y EL AMBIENTE.....	71
IMPLICANCIAS AMBIENTALES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75
<b>REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS SOBRE EL SÁBALO Y EL AMBIENTE EN LA CUENCA DEL PLATA EN EL PERIODO 1984-2017.</b> .....	<b>79</b>
INTRODUCCIÓN .....	80
MATERIALES Y MÉTODOS.....	81
BREVE RESEÑA PESQUERA DEL SÁBALO EN LA ARGENTINA .....	82
ECOLOGÍA GENERAL DE LA ESPECIE .....	84
EL SÁBALO: TENDENCIA DE LOS ESTUDIOS .....	87
EL SÁBALO Y LA CALIDAD DE AGUA EN ARGENTINA .....	92
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	95
<b>EL RECURSO PEJERREY. UNA MANERA DE APROVECHAMIENTO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE AMBIENTES ACUÁTICOS CONTINENTALES.</b> .....	<b>135</b>
INTRODUCCIÓN .....	136
LA PESCA DEPORTIVA.....	137
PESQUERÍAS DEPORTIVAS DE ARGENTINA.....	140
EL COMPONENTE HUMANO EN LA PESCA DEL PEJERREY .....	142
ASPECTOS ECONÓMICOS REALCIONADOS A LA ACTIVIDAD .....	144
AMENAZAS U OBSTÁCULOS .....	145
CONSIDERACIONES FINALES.....	146
BIBLIOGRAFÍA.....	147



## Prólogo

El agua es un recurso fundamental para la vida y el desarrollo de todas las actividades humanas. En este sentido, la mayor demanda de agua proviene de las actividades agropecuarias y por esta razón, en Argentina, se vuelve un recurso estratégico para el desarrollo socio-económico. El agua es clave en todas las etapas de la producción animal, desde la disponibilidad y calidad del recurso en las fuentes de captación, los requerimientos específicos que tienen los animales. Por otro lado, en el caso de la producción acuícola el agua es un eje central, ya que los organismos que viven en ella dependen totalmente de su calidad.

Este libro surge como resultado de las IV Jornadas Interdisciplinarias “Ciclo del Agua en Agrosistemas” realizados en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires y organizadas por el Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Instituto de investigación de la UBA y el Instituto de Investigaciones en Producción Animal, Instituto dependiente de la UBA y del CONICET.

En estas IV Jornadas se presentaron XX trabajos, vinculados con los ejes temáticos propuestos: i) el agua en la producción animal, ii) calidad e inocuidad agroalimentaria, iii) impacto ambiental de la producción agropecuaria y iv) gestión integrada del agua, que sirvieron como punto de partida para el intercambio de experiencias y debate entre los participantes.

Para esta publicación, el Comité Científico ha seleccionado diferentes trabajos que ponen de manifiesto estudios realizados en nuestro país y que resaltan la importancia del agua para la producción animal tradicional y no tradicional (peces).

En primer lugar se presenta un trabajo sobre la importancia del agua subterránea tanto para la producción agropecuaria como para el desarrollo socioeconómico. En este sentido este artículo presenta el contexto internacional de los acuíferos, particularmente los transfronterizos en América Latina y su uso, así como los principales problemas que enfrentan los mismos (nivel de explotación; cambios en la recarga y descarga por los cambios en el uso del suelo, gestión de los mismos, entre otras).

El segundo trabajo presenta los efectos ambientales de los tambos de pequeños rumiantes. Los efluentes de estos tambos provienen de las excretas y la limpieza de las instalaciones; o bien los que derivan de la crianza y el manejo de los animales. En el trabajo que aparece en esta publicación, se analizan estos dos tipos de efluentes y su impacto en el ambiente y se plantea la aplicación de medidas que minimicen sus efectos.

El tercer artículo muestra las implicancias ambientales de la producción equina en Argentina, vinculada principalmente con los deportes ecuestres, entretenimiento, consumo y usos medicinales. En el trabajo presentado, se analizan los potenciales impactos ambientales que genera la producción equina, y los distintos fármacos que se deben aplicar para desarrollar un plan sanitario adecuado, y los impactos que generan las excretas equinas.

El cuarto trabajo es una revisión de los estudios realizados durante los últimos 30 años, sobre el sábalo, que es la especie comercial de mayor importancia en la Cuenca del Plata y en la cual su desarrollo y distribución está estrechamente asociado a hidrometría y calidad del agua de los ambientes que frecuenta.

El quinto trabajo analiza la pesquería deportiva y artesanal del pejerrey desde el punto de vista de los servicios ecosistémicos que brinda, realizando un análisis de los aspectos económicos de la actividad, sus amenazas y obstáculos en las lagunas pampásicas.

Los editores consideramos que los trabajos aquí presentados constituyen un aporte a la valoración del agua como un factor clave en la producción animal y que este libro contribuye a transferir el conocimiento generado en el sector académico a toda la comunidad. Agradecemos a la Facultad de Ciencias Veterinarias, a FUNDAVET, a *la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica* (ANCPYT), al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), a la Asociación de Universidades del Grupo Montevideo (AUGM) por el apoyo recibido. Además, queremos expresar nuestro agradecimiento a los autores y al Comité Científico de las IV Jornadas Interdisciplinarias “Ciclo del Agua en Agroecosistemas” por su colaboración en el diseño y elaboración de esta publicación.

Los editores

## **Importancia del Agua Subterránea en la Sociedad: de la Hidrogeología a la Gestión en Argentina.**

The Importance of Groundwater in Society: from Hydrogeology to Management in Argentina.

Jorge Néstor Santa Cruz

Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280, C.A.B.A (1427), Argentina. (jorgenestorsantacruz@gmail.com)

### **Resumen**

El uso de las aguas subterráneas en el mundo ha aumentado significativamente en los últimos 50 años, y aún se enfrentan a muchos retos. La extracción global de agua subterránea ha aumentado más de cuatro veces en los últimos 50 años y se estima que han llegado a 1.000 km<sup>3</sup> / año en 2010. Los niveles de explotación más altos se producen especialmente en grandes partes de China, India, Pakistán, Bangladesh, Irán, los EE.UU., México y Europa. El 20% de los acuíferos mundiales está siendo sobreexplotados, lo que puede llegar a tener graves consecuencias, como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salada, entre otras.

Del volumen de agua subterránea extraída a escala mundial se estima que el 70 % están destinados a usos agrícolas, el 25 % a usos urbanos, y un 5 % a usos industriales; aproximadamente la mitad del agua de uso urbano en el mundo es de origen subterráneo. Las aguas subterráneas, entonces, abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y a su vez representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego.

El 32% de la superficie continental se alimenta de acuíferos poco profundos; la importancia de mantener en buen estado estos acuíferos es fundamental para la estabilidad de casi un tercio de los ecosistemas continentales.

América del Sur experimenta una creciente dependencia del uso de sus fuentes hídricas subterráneas: utiliza de ellas entre 40% y 60% del agua que consume, mientras que América Central y México dependen en un 65% de estas fuentes, muchas de ellas sobreexplotadas.

El estado de los acuíferos que abastecen los distintos usos en el mundo está estrechamente relacionado con el estado de la gobernanza de las aguas subterráneas, o sea en las medidas locales que afectan directamente el uso de las aguas subterráneas y la contaminación de los acuíferos, por lo que la sustentabilidad de este recurso implica una Correcta Gestión y Protección de los acuíferos. Los cambios en las condiciones de recarga y descarga local han comenzado a producirse a gran escala como consecuencia del cambio del uso de suelo (por ejemplo urbanización y/o deforestación entre otros).

Se presentan los antecedentes de algunos de los primeros esfuerzos en el mundo para direccionar directa y formalmente el estatus de transfrontericidad de acuíferos pertenecientes a más de un país, bajo las leyes internacionales. Se presentan los acuíferos transfronterizos de América y un panorama del Sistema Acuífero Guaraní y el Yerandá-Toba –Tarijeño. Se tratan diversos aspectos de Ética del agua como condición para una armónica convivencia social. Con referencia el agua subterránea en la Argentina se presentan los principales acuíferos y las Regiones Hidrogeológicas en que se ha dividido el país. En la República Argentina la media nacional de la contribución de las aguas subterráneas en la satisfacción de las demandas totales es del 35%, pero esta cifra no refleja adecuadamente la importancia de la misma, ya que son las reservas de agua subterránea las que aseguran una regulación plurianual e interanual de los Recursos, jugando un papel primordial en períodos de sequía o de déficit hídrico estacional. Se describen los principales usos y problemas que presentan, disponibilidad y características de Gestión.

**Palabras clave:** Agua Subterránea en el mundo, América y Argentina; acuíferos; usos y disponibilidad, Agua subterránea; gobernanza y gestión del agua subterránea.

### **Abstract**

The use of groundwater in the world has increased significantly in the last 50 years, and still faces many challenges. The global extraction of groundwater has increased more than four times in the last 50 years and is estimated to have reached 1,000 km<sup>3</sup> / year in 2010. The highest levels of exploitation occur especially in large parts of China, India, Pakistan, Bangladesh, Iran, the US, Mexico and Europe. Of the world's aquifers, 20% are being overexploited, which can have serious consequences, such as the sinking of the soil and the intrusion of salt water, among others.

Of the volume of groundwater extracted worldwide, it is estimated that 70% are destined to agricultural uses, 25% to urban uses, and 5% to industrial uses; approximately half of the urban water in the world is of groundwater origin. Groundwater, then, supplies drinking water to at least 50% of the world's population and at the same time represents 43% of all water used for irrigation.

Of the continental surface, 32% feeds on shallow aquifers. The importance of keeping these aquifers in good condition is essential for the stability of almost a third of the continental ecosystems.

South America is increasingly dependent on the use of its underground water sources: it uses between 40% and 60% of the water it consumes, while Central America and Mexico depend on 65% of these sources, much of it overexploited.

The status of the aquifers that supply the different uses in the world is closely related to the state of the groundwater governance, that is to say the local measures that directly affect the use of groundwater and the contamination of the aquifers; the sustainability of this resource implies a Correct Management and Protection of the aquifers. Changes in local recharge and discharge conditions have begun to occur on a large scale as a result of the change in land use (for example, urbanization and / or deforestation,).

The antecedents of some of the first efforts in the world, which are presented under international laws directly and formally, address the transboundary status of aquifers belonging to more than one country. It is presented the Transboundary Aquifers of America and a panorama of the Guaraní Aquifer System and the Yerandá-Toba – Tarijeño. Various aspects of Water Ethics are treated as a condition for a harmonious social coexistence.

With reference to groundwater in Argentina, it is introduced the way the country has been divided by the main aquifers and Hydrogeological. In the Argentine Republic the national average of the contribution of groundwater in the satisfaction of the total demands is 35%, but this figure does not adequately reflect the importance of it, since it is the groundwater reserves that ensure a multiannual and interannual regulation of resources, playing a primordial role in periods of drought or seasonal water deficit. It is described the main uses, problems presented, availability and management characteristics.

**Keywords:** Ground water in the world, America and Argentina; aquifers; uses and availability of groundwater; governance and management of groundwater.

## **Introducción**

### **Agua Subterránea**

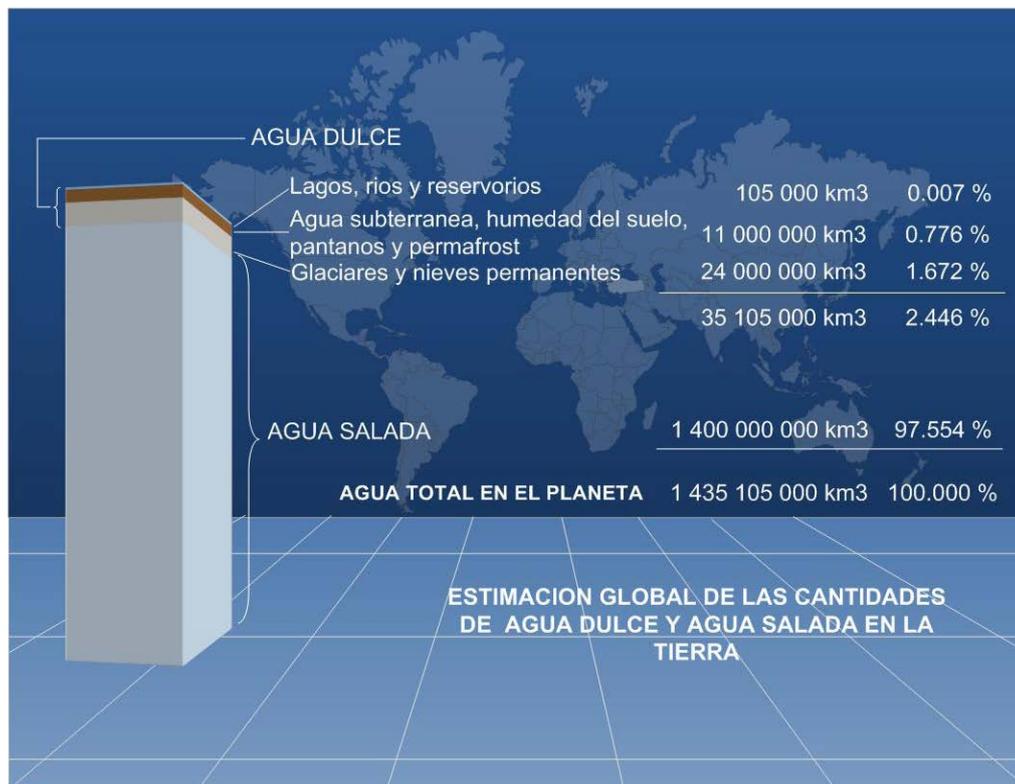
Conceptualmente, es el agua existente bajo la superficie del terreno. En concreto, es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno (Custodio y Llamas, 1983). Esta agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, o bien directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones. Aunque no toda esta agua es de fácil acceso, el agua subterránea se ha convertido en un elemento fundamental en nuestras vidas, los asentamientos, las culturas y las economías, como fuente principal de agua y como un factor en la salud ambiental y la adaptación al cambio climático.

El gran crecimiento de la demanda en el mundo ha podido ser satisfecho gracias, en buena medida, al inmenso desarrollo de las aguas subterráneas desde mediados de siglo. Entre los principales factores que han contribuido a ello pueden citarse, según Llamas y Custodio (1999): a) la invención de la bomba de turbina, que permite extraer fácilmente agua a grandes profundidades y con caudales de hasta centenares de l/s; b) la mejora y abaratamiento de las técnicas de perforación de pozos; y c) el progreso de la ciencia hidrogeológica, que permite hoy día tener un buen conocimiento sobre el origen, movimiento y localización de las aguas subterráneas.

La explotación del agua subterránea se realiza en su casi su totalidad a través de los Acuíferos<sup>1</sup>. Las aguas subterráneas constituyen alrededor del 0,8% de la totalidad del agua del planeta y dentro del 2,4% del agua dulce existente (Figura 1).

---

<sup>1</sup> Se denomina así a una formación geológica permeable capaz de almacenar, transmitir y proporcionar cantidades aprovechables de agua. ( UNESCO Glosario Hidrológico Internacional, 2012). Esta definición tiene aspectos científicos (geología, propiedades físicas de las rocas) y socio-económicos (cantidades aprovechables de acuerdo a las circunstancias).



**Figura. 1.** Porcentaje del agua subterránea y superficial del planeta.

El uso de las aguas subterráneas ha aumentado significativamente en los últimos 50 años y aún se enfrentan a muchos retos, a saber: la complejidad de los sistemas acuíferos, el creciente riesgo global del agotamiento de las aguas subterráneas, el deterioro de la calidad y de la contaminación, la creciente demanda de recursos de agua subterránea para beber y otros usos, la potencial influencia del cambio climático en los sistemas de aguas subterráneas, y la resiliencia de las comunidades y las poblaciones que dependen de fuentes de acuíferos ( UNESCO, 2003).

La extracción global de agua subterránea ha aumentado más de cuatro veces en los últimos 50 años y se estima que han llegado a 1.000 km<sup>3</sup> / año en 2010, correspondiendo al 26% aproximadamente de todo el agua dulce utilizada. La intensidad de extracción varía ampliamente; los niveles más altos se producen en grandes partes de China, India, Pakistán, Bangladesh, Irán, los EE.UU., México y Europa.

Del volumen de agua subterránea extraída a escala mundial se estima que el 70 % están destinados a usos agrícolas, el 25 % a usos urbanos, y un 5 % a usos industriales.

Las variaciones son, lógicamente, muy grandes de unos países a otros. Aunque su utilización es predominante en el regadío, su uso para satisfacer la demanda de agua potable es esencial en muchas regiones. Aproximadamente la mitad del agua de uso urbano en el mundo es de origen subterráneo (Shiklomanov, 1997).

Las aguas subterráneas, entonces, abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y a su vez representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego (FAO, 2010). A nivel mundial, 2.500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua (Gleeson, 2012).

En condiciones naturales, los sistemas de agua subterránea están equilibrando las salidas con las entradas de la media, durante períodos de tiempo más largos. La extracción intensiva de agua subterránea, sin embargo, puede interrumpir este mecanismo de equilibrio, lo que se traduce en la disminución progresiva del almacenamiento (sobregiro o sobreexplotación). Este sobregiro de aguas subterráneas resultante de la extracción excesiva de todo el mundo se estima actualmente que casi 200 km<sup>3</sup> por año, siendo casi una quinta parte de toda el agua subterránea bombeada (Konikow, 2011; Margat & Van der Gun, 2013). Por lo tanto, el 20% de los acuíferos mundiales está siendo sobreexplotados (Gleeson, 2012), lo que puede llegar a tener graves consecuencias, como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salada. También según Gleeson (2012), los países que más sobreexplotan las reservas de agua subterránea son Estados Unidos, India, China, Pakistán, Irán, Arabia Saudita y México, y las poblaciones más grandes que sufren las consecuencias son India y China. Esto implica que cerca de 1.700 millones de personas, es decir, el 25% de la población mundial vive en esas regiones en donde el agua subterránea es sobreexplotada. De acuerdo a datos de la ONU, la extracción de las reservas subterráneas de agua se multiplicó por tres durante los últimos 50 años.

De acuerdo a Konikow (2014), según datos de análisis detallados de 40 sistemas acuíferos que tienen cambios sustanciales de almacenamiento de agua subterránea durante un período de 108 años, el volumen de agua subterránea almacenada en el subsuelo en los Estados Unidos disminuyó en casi 1000 km<sup>3</sup> durante 1900-2008. Las tasas de agotamiento se aceleraron durante 1945-1960, promediando 13.6 km<sup>3</sup>/año

durante la última mitad del siglo, y después de 2000 aumentaron nuevamente a alrededor de 24 km<sup>3</sup>/año. Durante 2001-2008, el Valle Central de California tuvo la mayor intensidad de agotamiento. El estado de California, golpeado por la sequía estuvo obteniendo de las reservas subterráneas el 60 % del agua que necesita, frente al promedio del 40 % (USGS, 2013).

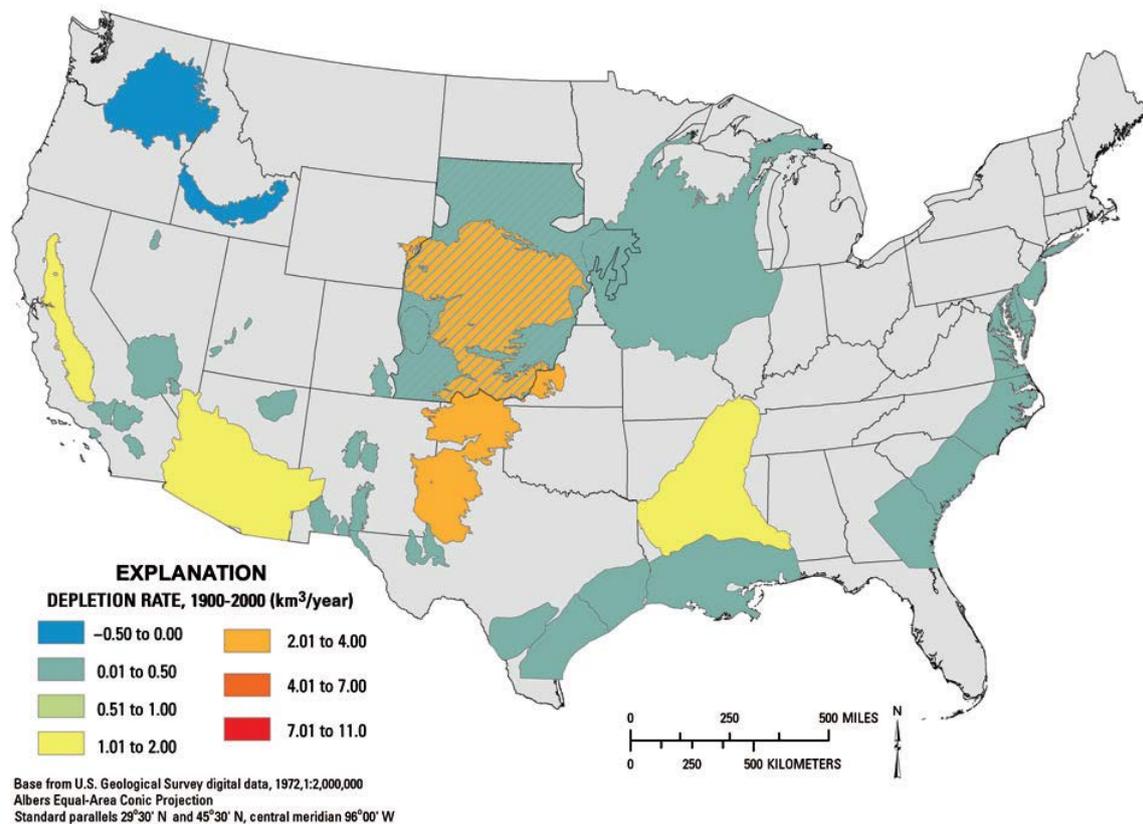
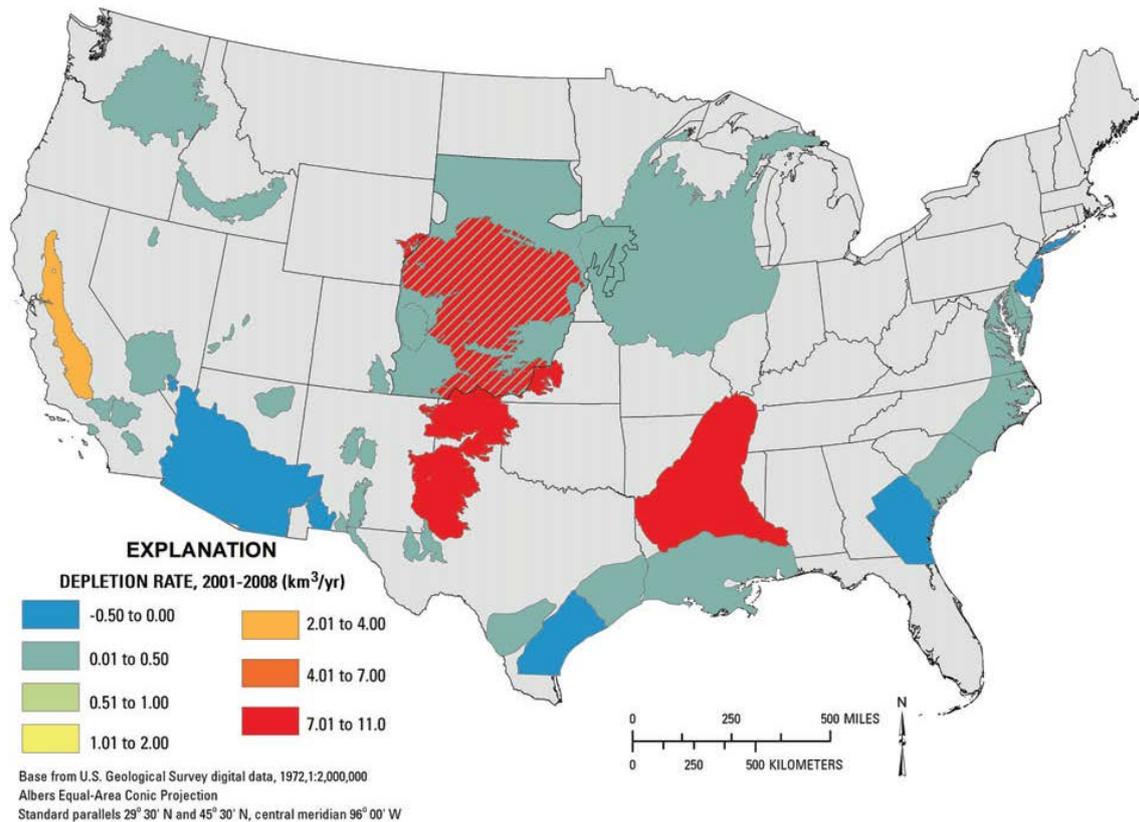


Figura 2. Cantidad de disminución de volumen de agua subterránea de acuíferos de USA, entre los años 1900 y 2000, en km<sup>3</sup>/año.



**Figura 3.** Cantidad de disminución de volumen de agua subterránea de acuíferos de USA, entre los años 2000 y 2008, en  $\text{km}^3/\text{año}$ .

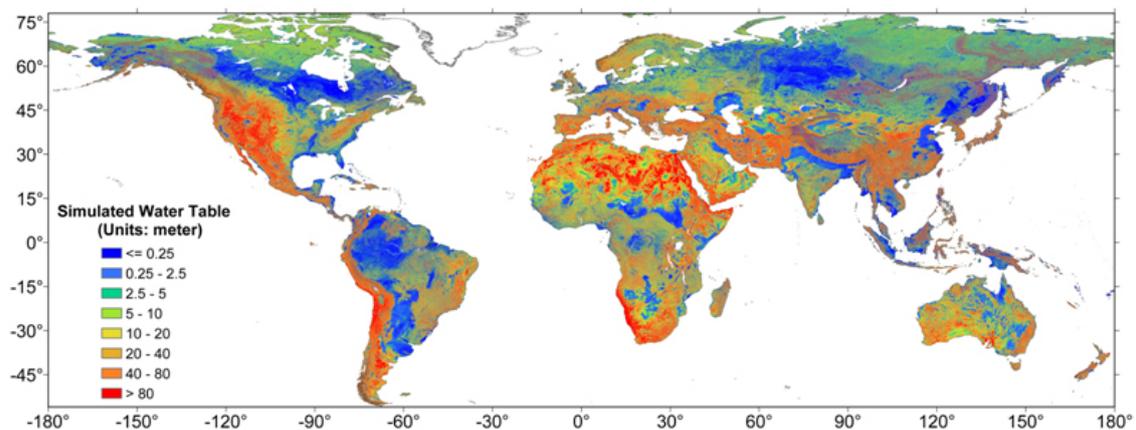
América del Sur experimenta también una creciente dependencia del uso de sus fuentes hídricas subterráneas; en efecto, utiliza de ellas entre 40% y 60% del agua que consume, mientras que América Central y México dependen en un 65% de estas fuentes.

En México por ejemplo, 102 de los 653 acuíferos se encuentran ya sobreexplotados. En las zonas de clima árido, muy árido y semiárido del país la disponibilidad de agua subterránea –entendida como la diferencia de la recarga y las descargas aprovechadas por la agricultura, uso municipal, industrial y lúdico– es deficitaria en casi todos los acuíferos estudiados (Macías González y del Arenal Capetillo, 2007) sólo hay disponibilidad en las regiones semihúmedas y muy húmedas. La disparidad en disponibilidad de agua subterránea entre el norte y el sur del territorio mexicano es ya (Macías González, et al. op.cit) en la actualidad un motivo de alarma nacional. Una proyección de distribución de población para el año 2030 indica que la mayor parte de la misma se alojará en la zona del territorio donde el agua subterránea será escasa.

Con una población en aumento, con crecientes demandas de servicios básicos y un modelo de desarrollo sostenido por la explotación de materias primas, América Latina se encamina hacia una agudización en la problemática de la explotación de sus fuentes de agua.

El 32% de la superficie continental se alimenta de acuíferos poco profundos, según un estudio publicado en 'Science' (Fan et al., 2013). Desde el momento en que la sequía es una amenaza concreta, la importancia de mantener en buen estado estos acuíferos es fundamental para la estabilidad de casi un tercio de los ecosistemas continentales. Proporcionan caudal a ríos y lagos en periodos sin lluvias, impiden el drenaje del terreno y proporcionan alimento a las raíces de los árboles cuando llega la temida sequía. Además, aunque no se vean, influyen decisivamente en el comportamiento del clima regional, por lo que su mejor conocimiento aportará mayor certeza los modelos climáticos globales (Fan et al., 2013).

#### Niveles piezométricos del agua subterránea en el mundo



**Figura 4.** Niveles piezométricos del agua subterránea en el mundo. Science' (Fan et al., 2013)

Los primeros estudios que caracterizar exhaustivamente las pérdidas mundiales de aguas subterráneas se realizaron mediante datos desde el espacio usando lecturas generadas por los satélites GRACE gemelas de la NASA. GRACE es una misión conjunta con el Centro Aeroespacial y el Centro de Investigación Alemán de

Geociencias de Alemania, en colaboración con la Universidad de Texas en Austin (<http://www.nasa.gov/grace>). GRACE mide cambios en la gravedad de la Tierra, que se ven afectados por la masa de agua. En principio, los investigadores encontraron que 13 de los 37 acuíferos más grandes del planeta estudiados entre 2003 y 2013 se estaban agotando mientras reciben poca o ninguna recarga.

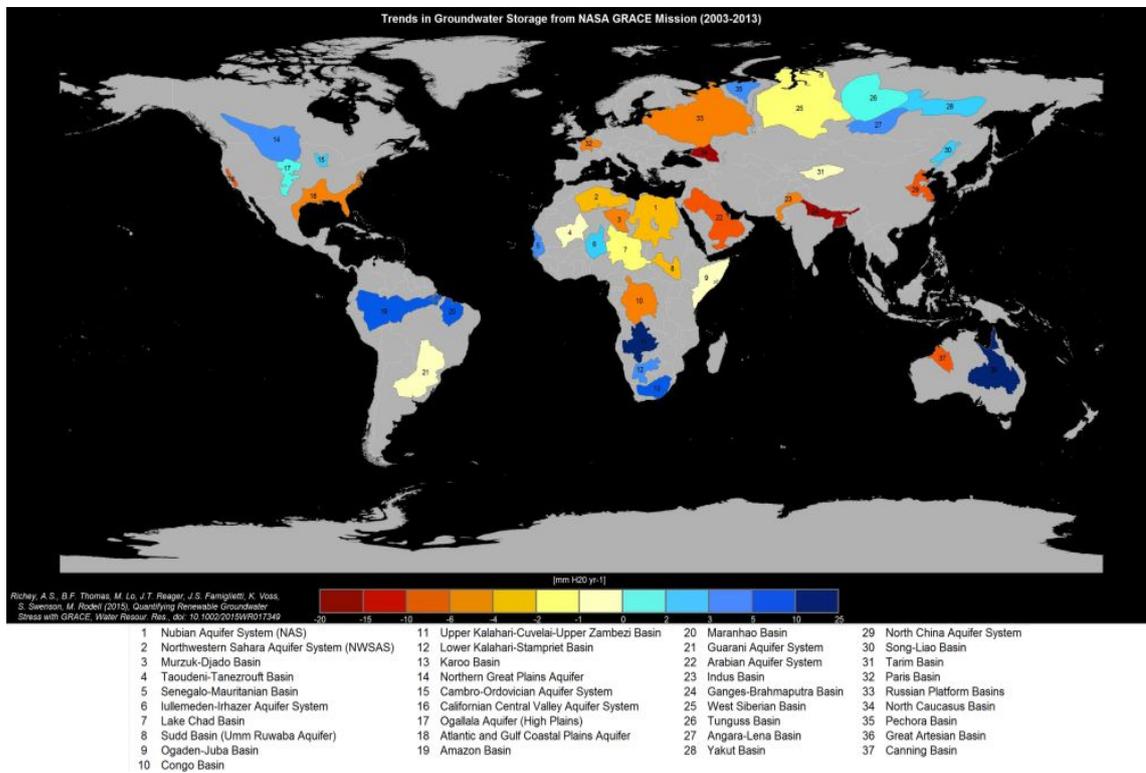
En un documento complementario los científicos concluyen que el volumen restante total de agua subterránea utilizable del mundo es poco conocida, con estimaciones que a menudo varían ampliamente. Estiman que el volumen total de agua subterránea es probablemente mucho menor que las estimaciones rudimentarias hechas hace décadas. Al comparar las tasas de pérdida de agua subterránea obtenidas por satélite a lo que existe con pocos datos sobre la disponibilidad de las aguas subterráneas, los investigadores encontraron grandes discrepancias proyectada en "tiempo de agotamiento". En el estresado Sistema Acuífero del noroeste del Sahara, por ejemplo, el tiempo de las estimaciones de agotamiento varió entre 10 años y 21.000 años. El estudio señala que la escasez de agua subterránea ya está dando lugar a un daño ecológico significativo, incluyendo ríos agotados, la disminución de la calidad del agua y subsidencia de los terrenos.

### **Grandes acuíferos del mundo**

Las aguas subterráneas también se pueden ver afectadas por el uso intensivo del territorio, la explotación minera y el desarrollo de nuevas fuentes de energía como el gas de esquisto y carbón-metano.

Por ejemplo, el aumento de la producción de gas natural mediante técnicas de fractura hidráulica o 'fracking' sobre todo en Estados Unidos ha causado desde su comienzo una gran preocupación debido a las consecuencias ambientales que pudiera tener. En los últimos años, varios estudios científicos han documentado el riesgo sísmico y de contaminación de acuíferos de los primeros pozos que se comenzaron a explotar en Oklahoma y Pennsylvania (EEUU) en los años 60 y 70 del pasado siglo. Se detectó que los problemas de contaminación provienen de fallas en la construcción de la cañería protectora del pozo en los primeros metros verticales, más que de la técnica de

la fractura hidráulica en sí, según un estudio publicado por la revista 'Proceedings of the National Academy of Sciences' (PNAS).



**Figura 5.** Acuíferos a nivel mundial.

## Gobernanza y Gestión

El estado de los acuíferos que abastecen los distintos usos en el mundo está estrechamente relacionado con el estado de la gobernanza de las aguas subterráneas, o sea en las medidas locales que afectan directamente el uso de las aguas subterráneas y la contaminación de los acuíferos. Una definición de trabajo y de criterios de carácter general de “la gobernanza de las aguas subterráneas” se podría interpretar como el conjunto de políticas o decisiones que afectan al uso de las aguas subterráneas y su protección.

La gobernanza puede ser distinguida en acciones de "gobierno" (quién decide) y de "gestión" (lo que se hace para aplicar las decisiones). En este sentido, la gobernanza de las aguas subterráneas implica tareas específicas, por ejemplo, activar un sistema de bombeo, aplicar pesticidas, realizar la gestión de residuos, etc. Este es el

tipo de decisiones que pueden tomar día tras día los servicios públicos de abastecimiento de agua, cientos de millones de usuarios de agua subterráneas y gestores del uso del suelo. Por otro lado, hay también situaciones donde muchos actores que no están involucrados en el sector del agua también pueden tomar decisiones, públicas y privadas, que afectan el uso de las aguas subterráneas y su protección.

El desafío consiste en la Gobernanza de un recurso público sujeto a intereses privados. A pesar de que la mayoría de las jurisdicciones definen toda el agua como "pública" (incluidas las aguas subterráneas), el acceso a las aguas subterráneas se percibe (culturalmente) como un problema esencialmente privado, ya que implica a un conjunto identificado de usuarios, que son quienes tienen acceso a un sistema de captación. A esto se añade la aplicación, en gran medida sin control, de fertilizantes químicos y pesticidas, y la eliminación de los residuos hacia el suelo, sin recolección ni tratamiento. Estos actos sí implican a todos y muestran que la protección de los acuíferos contra la contaminación superficial es en muchos casos un problema más difícil de gobernar que la extracción del agua subterránea.

Algunos aspectos de la gobernanza se refieren a la extracción en acuíferos muy localizados, pero otros se refieren a los procesos de recarga y gestión relacionados a grandes extensiones de tierra y acuíferos extensos. Estos aspectos involucran a dos grupos distintos, no necesariamente exclusivos, de gobernanza y de actores – que van desde los agricultores individuales, pasando por los municipios y llegando hasta los servicios públicos de energía. La determinación de quién está implicado y quién debe participar en la conservación y protección de los acuíferos para mantener el conjunto de usos del agua subterránea es un desafío clave para la gobernanza de las mismas.

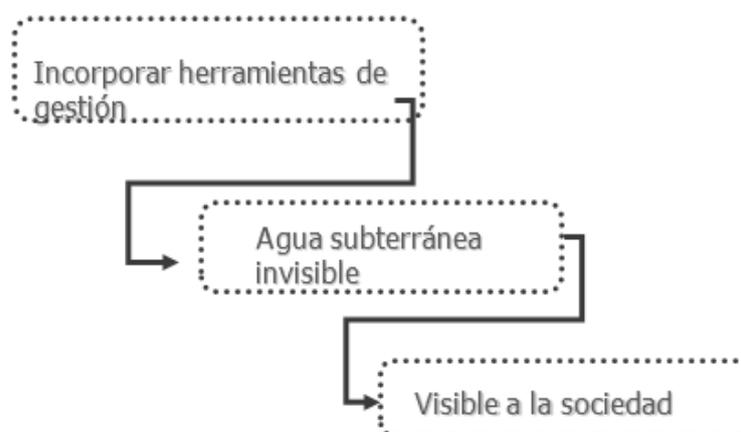
Dado el estado actual de los acuíferos y el grado de dependencia humana sobre las aguas subterráneas, en 2011 the World Bank, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the UNESCO-International Hydrological Programme and the International Association of Hydrogeologists lanzaron la iniciativa "Gobernanza de aguas subterráneas: un marco global de acción", en colaboración con muchos socios regionales y los organismos responsables de la gestión del uso de las aguas subterráneas y acuíferos protección . En el contexto de este proyecto, la gobernanza de las aguas

subterráneas "comprende la habilitación marco y los principios rectores para la acción colectiva responsable para garantizar el control, la protección y la utilización socialmente sostenible de los recursos de aguas subterráneas para el beneficio de la humanidad y los ecosistemas dependientes".

## Gestión

La Sustentabilidad del recurso agua implica una Correcta Gestión y Protección de los acuíferos

- El uso sustentable del agua subterránea normalmente comprende la explotación, a lo sumo, del promedio de recarga del acuífero, o sea de sus RESERVAS RENOVABLES DULCES en un período determinado (anual o interanual).
- Conocimiento hidrogeológico necesario para validar metodologías y brindar los elementos científicos-tecnológicos de apoyo a las decisiones de los administradores del agua.



**Figura 6.** Esquema de la gestión del agua subterránea

Por ejemplo la respuesta de los acuíferos a la extracción es a menudo invisible y, a diferencia del monitoreo de los sistemas de agua superficiales, en donde no existe una medida clara e integrada de los mismos.

Lograr un uso sostenible de las aguas subterráneas a corto plazo es un objetivo que muy probablemente no se podrá alcanzar para muchos de los acuíferos del mundo que ya están explotados intensivamente. Es más, puesto que el estado de las aguas superficiales también puede estar degradado, la interacción con las aguas subterráneas debe también ser considerada. Esto plantea las preguntas fundamentales de cómo gobernar nuestro uso de las aguas subterráneas y cómo proteger los acuíferos que las contienen al mismo tiempo que las aguas superficiales que contribuyen en forma esencial a la recarga de los mismos.

La disponibilidad generalizada del bombeo eléctrico a partir de mediados del siglo XX ha llevado a un importante aumento de la extracción de las aguas subterráneas. El uso dominante es la agricultura, pero también las extracciones locales en y alrededor de áreas urbanas para el abastecimiento municipal pueden ser aún más intensas.

La consiguiente reducción de la cantidad almacenada y de la calidad de las aguas subterráneas está teniendo impactos sociales, económicos y ambientales directos, y muchos de éstos no son reconocidos ni definidos con suficiente cuidado para inducir cambios en el comportamiento humano.

Antes de cualquier interferencia, el nivel piezométrico del agua subterránea está determinado por los cambios en las condiciones de recarga y descarga. Los cambios en la recarga y descarga local han comenzado a producirse a gran escala como consecuencia del cambio del uso de suelo (por ejemplo urbanización y/o deforestación). Los intentos llevados a cabo para revertir estas tendencias en la extracción y la contaminación no se han adoptado aun en forma generalizada en el mundo.

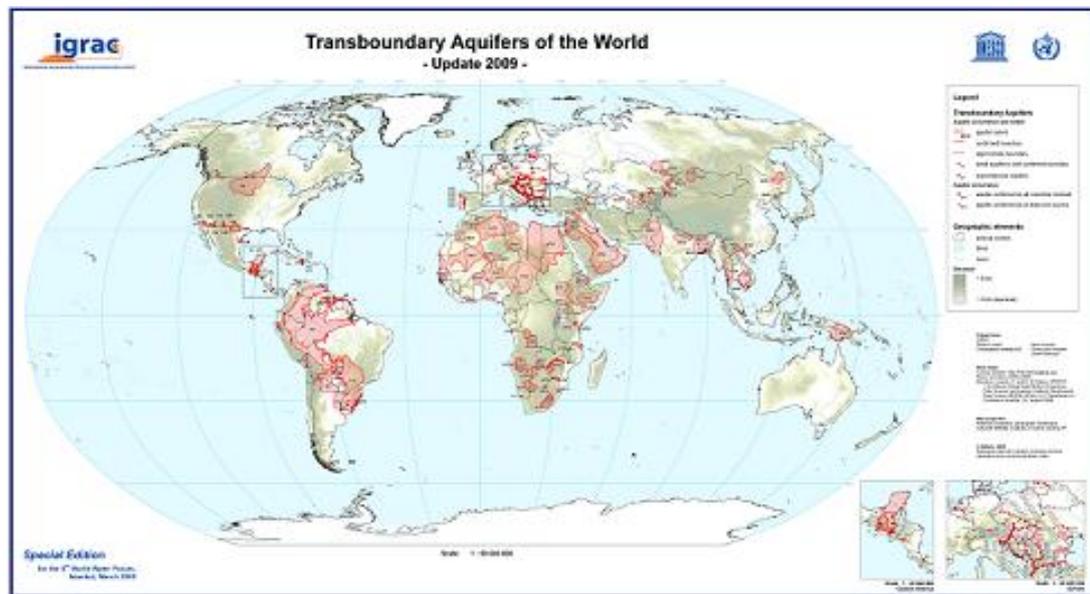
Por último, es de considerar que el uso intensivo del agua subterránea supone una modificación de las relaciones entre los componentes del ciclo, tanto en cantidad como en calidad, con notables cambios en la ecología y servicios ecosistémicos medio natural.

El impacto es mayor en climas áridos y semiáridos, como sucede en buena parte del mundo. El agua subterránea extraída se destina en buena parte a usos agrícolas, con notables beneficios económicos y sociales iniciales y con un aumento de la garantía del

suministro urbano, rural y agrario frente a sequías. En ello hay aspectos positivos y negativos importantes, no siempre suficientemente evaluados ni apreciados, y en ocasiones no reconocidos cuando hay un largo retraso entre causa y efecto, que a veces supera la experiencia del devenir de los acontecimientos humanos, lo que es común para los acuíferos de tamaño medio y grande (Llamas y Custodio, op.cit).

### Acuíferos transfronterizos

Muchos de los acuíferos más importantes del mundo son transfronterizos, o sea son compartidos por uno o más países. Tal como sucede con cualquier otro recurso transfronterizo, la gestión de estos acuíferos requiere de la colaboración entre varias instituciones nacionales y entre los diferentes países involucrados. Los acuíferos transfronterizos también representan una oportunidad de integración y colaboración regional entre los usuarios del agua (UNESCO-OEA, 2007).



La International Law Association (“ILA”) Helsinki Rules de 1966, y Seoul Rules de 1986, representan algunos de los primeros esfuerzos para direccionar directa y formalmente el estatus de transfrontericidad de acuíferos pertenecientes a más de un país, bajo las leyes internacionales.

En efecto, en 1966 la Asociación de Derecho Internacional (ILA) aprobó las Normas de Helsinki. Se estableció el concepto de *sistema internacional de curso de agua*, que constituye un recurso natural que debe compartirse y que cada Estado, en su territorio, tiene derecho a utilizar de manera razonable y equitativa el uso benéfico de las aguas superficiales y subterráneas que comparte. Las “Reglas de Seúl”, establecen que las Normas de Helsinki se aplican a un acuífero atravesado por dos o más estados, incluso si ese acuífero no se ajusta a definición de las Reglas de Helsinki de una cuenca hidrográfica internacional. Se adicionaron artículos de este documento para asegurar la protección de las aguas subterráneas, y la gestión integrada de aguas subterráneas y superficiales.

La Convención de la ONU de 1997 (art. VII) acuerda y propone un proyecto de convenio marco que incorpora en forma integrada en toda cuenca gestionada, a las aguas subterráneas y los acuíferos transfronterizos confinados. Tiene un fuerte fundamento en los denominados principios de equidad y razonabilidad como los más significativos, y presenta un análisis de los mismos a la luz de once factores relevantes de cada situación particular. Esta Convención incorpora entonces los principios de igualdad soberana y el concepto de “beneficios” del curso de agua que deben ser compartidos de manera equitativa.

En el 2008 la UN- Comisión de Derecho Internacional (CDI) – celebró, en su sede de la Oficina de las Naciones Unidas en Ginebra, la primera parte de su 60º período de sesiones aprobando el proyecto de tratado sobre “Recursos Naturales Compartidos”, que comprende un preámbulo y un conjunto de 19 proyectos de artículo - con sus comentarios-, sobre el derecho de los acuíferos transfronterizos. Establece aspectos que el principio de “Utilización Equitativa y Razonable” debería cumplir, a saber:

- Compatible con la distribución equitativa y razonable de los beneficios obtenidos entre los Estados del acuífero involucrado.
- Tratarán de elevar al máximo los beneficios a largo plazo del uso
- Elaboración individual o en conjunto de un Plan global de aprovechamiento, actual y futuro y fuentes alternativas.

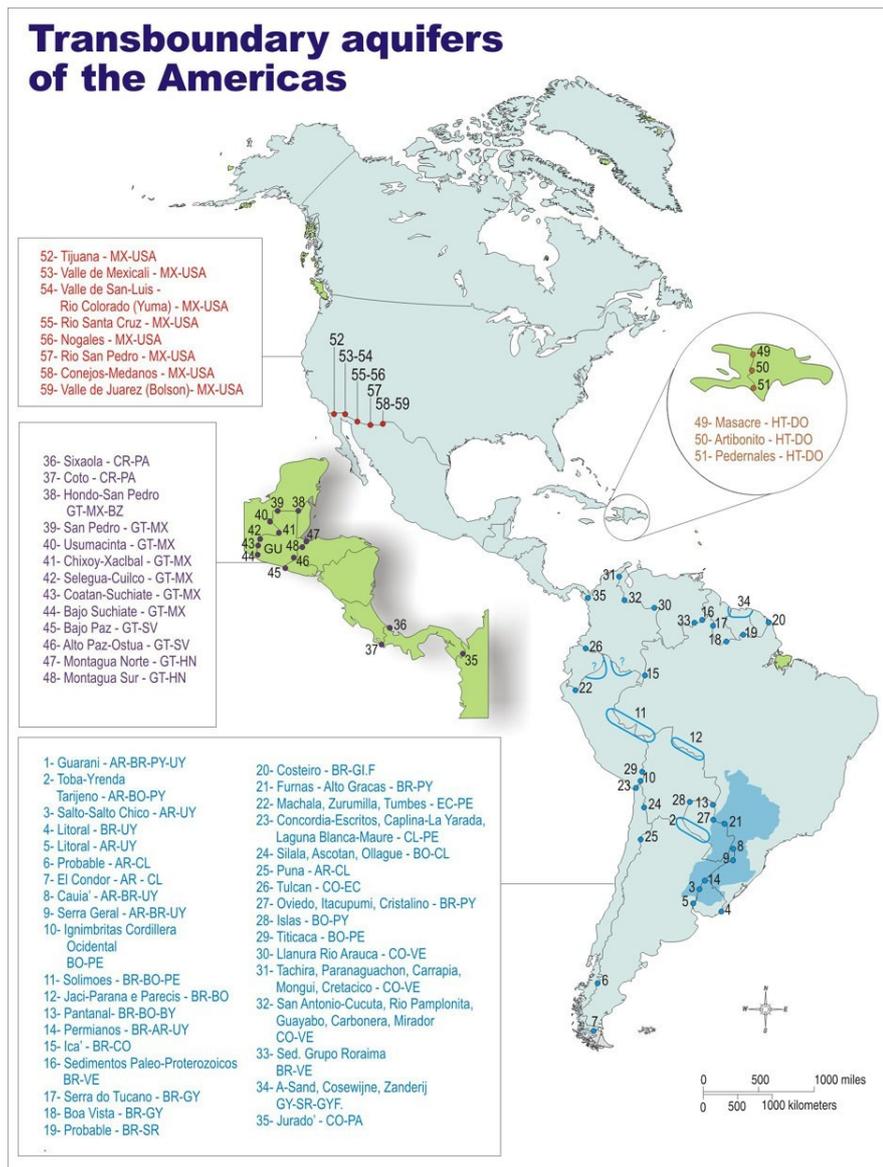
- No utilizar el acuífero o sistema transfronterizo recargable o no recargable hasta un grado que impida la continuación de su funcionamiento efectivo.

Los factores pertinentes en una utilización equitativa y razonable (con subrayado de factores comunes con la Convención del 1997) son:

- La población que depende del acuífero o sistema en cada Estado
- Las necesidades económicas, sociales y de otro tipo, presentes y futuras, de los Estados
- Las características naturales del acuífero
- La contribución a la recarga
- La vulnerabilidad del mismo.
- La utilización actual y potencial
- Los efectos reales y potenciales, y riesgos que su utilización produzca en el otro Estado
- La existencia de alternativas
- El desarrollo, protección y conservación y sus costos (Gestión Integral Sustentable).

*“El peso que se asigne a cada factor será determinado en función de su importancia con respecto a un acuífero o sistema transfronterizo en comparación con la de otros factores pertinentes en principio se considerará conjuntamente todos los factores pertinentes al momento de ponderar, se prestará especial atención a las necesidades humanas vitales”*

### **Acuíferos Transfronterizos**



**Figura.7.** Acuíferos Transfronterizos americanos (UNESCO-OEA. 2008).

La falta de gobernanza y la ausencia de mecanismos de cooperación para gestionar los acuíferos transfronterizos y los recursos hídricos subterráneos compartidos puede crear impactos negativos sin precedentes sobre la seguridad del agua a nivel regional y mundial: the Global Groundwater Governance Project ([www.groundwatergovernance.org](http://www.groundwatergovernance.org)); International Shared Aquifers Resources Management (ISARM) programme. *International Association of Hydrogeologists – IAH* en 1997 establece la Commission on Transboundary Aquifer Resource Management (TARM).

## **Ejemplos de grandes acuíferos transfronterizos en América Latina**

### **Acuífero Guaraní**

El Acuífero Guaraní (Figura 8) es una importante reserva de agua subterránea transfronteriza que se desarrolla en más de 1 millón de km<sup>2</sup> debajo de los territorios de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. El agua almacenada explotable se estima en 2.000 Km<sup>3</sup>, mientras que su nivel de recarga es de 5 Km<sup>3</sup>/año. El agua, cuya temperatura varía entre los 33° C y 65° C, es utilizada principalmente para el suministro de poblaciones, pero también para el uso industrial, irrigación agrícola y turismo termal.

Entre 2003 y 2009 se desarrolló el Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (SAG), que permitió profundizar y difundir el conocimiento técnico, desarrollar instrumentos de gestión específicos y un Programa Estratégico de Acción, dirigido a fortalecer las capacidades institucionales, la participación pública y la cooperación regional. El SAG-Sistema Acuífero Guaraní, de carácter arenoso, como entidad integrada de componentes estratigráficos e hidrológicos relacionados entre sí, transfronterizo, está localizado en sectores del subsuelo de la Argentina, el Brasil, el Paraguay y el Uruguay, coincidentemente con parte de la cuenca hidrográfica del Plata y extendiéndose desde la cuenca geológico-sedimentaria del Paraná hasta la cuenca Chacoparanaense. Se ha desarrollado entre los paralelos 16° y 32° Sur y los meridianos 47° y 60° Oeste.



**Figura 8.** Acuífero Guaraní –SAG-

Los estudios realizados ajustaron a un área de extensión a 1.084.063,90 km<sup>2</sup>. Por sobre el área del SAG se ubican alrededor de 1.500 municipios de los cuatro países, con una población total de 23.500.000 habitantes, de los cuales alrededor de 9.000.000 habitantes se abastecen de este acuífero.

El agua es utilizada principalmente para la provisión humana y de industrias, y en menor grado para explotación como termas. El país que más lo utiliza es Brasil: allí se abastecen de agua subterránea del SAG, total o parcialmente, entre 300 y 500 ciudades, con miles de pozos de explotación. En Argentina, se lo ha encontrado en el sector NE de la provincia de Entre Ríos y en la provincia de Misiones, con posibilidades en Corrientes. En la región Chaqueña contiene agua salada.

Explotaciones muy intensas y prolongadas permiten a un “macrocono de depresión” alcanzar radios de extensión de varios a decenas de kilómetros, atravesando fronteras políticas, (caso Piloto Concordia-Salto del Acuífero Guaraní). Explotaciones intensas de agua subterránea a través de pozos podría cambiar el gradiente hidráulico original de ese sector del acuífero, cambiando también el concepto de “aguas arriba y abajo” que la piezometría subterránea original indicaba, y el posible aporte de agua del flujo subterráneo de un país a otro. Alcanzando profundidades del orden de los 1.000 metros b.b.p posee transmisividades entre 350-550 m<sup>2</sup>/d. Los valores de conductividad del SAG oscilan entre 600-10000 µS/cm. con temperaturas de boca de pozo entre 33°C - 45°C en Argentina. La reserva explotable del SAG se ha considerado en 2.000 km<sup>3</sup> de agua con una recarga de 5 km<sup>3</sup> /año.

En la Asamblea del MERCOSUR, realizada en San Juan (Argentina), en agosto del 2010, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, firmaron un acuerdo de Conservación y Protección del Acuífero. La terminología utilizada es la de evitar “*perjuicio sensible*” entre las partes, uso “equitativo y razonable”, y permitir un “funcionamiento efectivo”, entre otros. Este acuerdo ya fue ratificado por Ley Nacional por la Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

### **Acuífero Yerandá-Toba-Tarijeño**

El Sistema Acuífero Yerandá-Toba-Tarijeño (*SAYTT*, Figura 9) abarca parte de *Argentina* (incluye la totalidad de la provincia de *Formosa*; la mayor parte de la provincia del *Chaco* (excepto su sector más austral); el sector oriental de la provincia de *Salta* a partir de los últimos afloramientos de las *sierras Subandinas*; el norte y centro de la provincia de *Santiago del Estero*, correspondiente a sus áreas de relieve llano; el oriente de la provincia de *Tucumán*; de *Bolivia* (sector oriental de los departamentos de *Tarija* y *Chuquisaca* y *Santa Cruz*) y el *Paraguay Occidental* (departamentos de *Boquerón*, *Alto Paraguay* y *Presidente Hayes*). En territorio argentino, esta región pertenece a la provincia geológica definida como Llanura Chacopampeana, una planicie extensa topográficamente monótona con altitudes menores a los 200 m s.n.m.



C. Sector de Altos Positivos, sólo se explotan acuíferos someros con bajos rendimientos y en sectores de paleocauces. Considerado área de descarga de los acuíferos libres.

D. Localizada al oeste de las provincias de *Formosa* y *Chaco*, en esta zona los acuíferos se restringen a acuíferos libres, de bajo rendimiento.

## **Ética del Agua**

Tal y como propone la Declaración Europea por una Nueva Cultura del Agua, debemos distinguir tres categorías éticas con sus respectivos niveles de prioridad, objetivos por cubrir, derechos y deberes en juego y, en definitiva, criterios de gestión diferentes y específicos:

- El agua-vida, en funciones básicas de supervivencia, tanto de los seres humanos como de los demás seres vivos, debe ser reconocida como prioritaria, de forma que se garantice la sostenibilidad de los ecosistemas y el acceso de todos a cuotas básicas de aguas de calidad, así como a la producción básica de alimentos para una vida digna, como un derecho humano.
- El agua-ciudadanía, en actividades de interés general de la sociedad en su conjunto, para garantizar funciones de salud y cohesión social (como los servicios urbanos de agua y saneamiento), debe situarse en un segundo nivel de prioridad, en relación con los derechos de ciudadanía, vinculados a los correspondientes deberes ciudadanos.
- El agua-crecimiento, en funciones económicas de carácter productivo, debe reconocerse en un tercer nivel de prioridad, en relación con el derecho de cada cual a mejorar su nivel de vida. Ésta es la función en la que se usa la mayor parte del agua extraída de ríos y acuíferos, y que genera los problemas más relevantes de escasez y contaminación.

En la UE, la Directiva Marco de Aguas asume como prioridad garantizar esas funciones ambientales básicas del agua. De hecho, los caudales necesarios para conservar el buen estado ecológico de ríos, lagos y humedales se consideran, por ley, una restricción a los diversos usos productivos del agua. La mayor parte de los caudales extraídos de ríos y acuíferos no garantizan los derechos humanos, ni sustentan servicios

de interés general, sino que se dedican a actividades productivas. El sector agrario utiliza por encima del 70% de los recursos hídricos extraídos de ríos y acuíferos, mientras que la industria y los servicios acaparan en torno al 20%.

Los fundamentos éticos exigen como condición *sine qua non* para una armónica convivencia social que los gobiernos asuman con severa responsabilidad las políticas de Estado necesarias para impedir el agotamiento y la contaminación de las aguas, del aire, de los suelos y, en general, de todos los recursos naturales que conforman el medio ambiente, para preservar la salud de las personas y los bienes de la naturaleza, para las generaciones presentes y futuras.

### **Aguas Subterráneas en la Argentina**

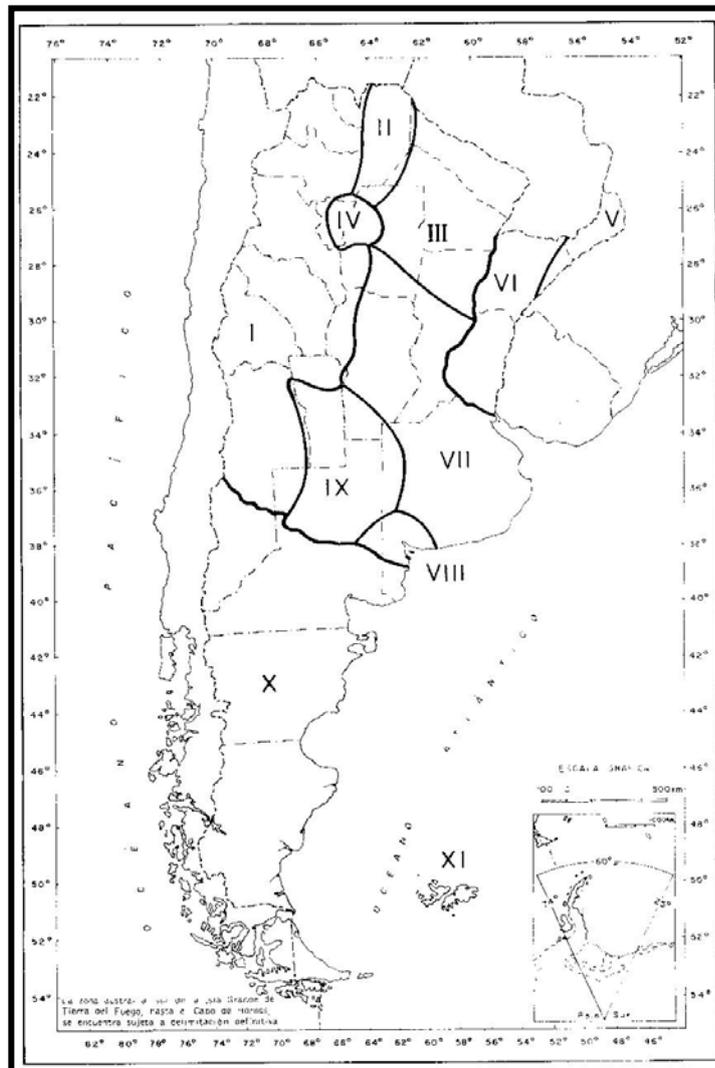
Argentina presenta una amplia distribución de acuíferos de diversas características a lo largo y ancho de toda su geografía lo que permite la provisión de agua para consumo humano, sobre todo en gran parte de las localidades del interior del país.

Principales Acuíferos (Figura 10):

- En su gran mayoría corresponden a reservorios granulares-rocas sedimentarias con una conexión al ciclo hidrológico actual.
- Los acuíferos más profundos, termales son por ejemplo los de la cuenca de Bahía Blanca (provincia de Buenos Aires); Guaraní (región litoral) y Río Hondo (Santiago del Estero). El caso del Acuífero Guaraní es transfronterizo con Brasil, Paraguay y Uruguay y el Yerandá-Toba-Tarijeño se comparte entre Argentina, Bolivia y Paraguay. También hay acuíferos profundos importantes en San Juan y Córdoba.
- Los acuíferos de mayor extensión territorial corresponden al Puelche y Pampeano en la región homónima y el Itugaingó en el litoral.
- En Formosa y parte del Chaco y Santa Fé se encuentran acuíferos en paleocauces someros y muy modernos.
- Los acuíferos de los valles intermontanos de la región central y occidental del país, también presentan una amplia distribución e importancia

- Los acuíferos en rocas fisuradas se presentan especialmente en Misiones, NE de Corrientes y sectores de la Patagonia.

Las distintas unidades acuíferas, algunas de ellas de gran extensión regional, que son identificables como unidades hidrogeológicas y se encuentran explotadas en mayor o menor medida, se han agrupado tomando como base el Mapa Hidrogeológico Argentino escala 1:2500000 (INCyTH, 1991), Mapa Hidrogeológico de la República Argentina escala 1:1000000 (INCyTH, 1984) y las subregiones hidrogeológicas definidas por Santa Cruz y Silva Busso, (1999). Se incluye una síntesis de regiones hidrogeológicas argentinas a fin de brindar un panorama generalizado de las características de las mismas.



**Figura 10.** Regiones hidrogeológicas de Argentina. I- Región de los Valles Intermontañas, II-Región del Chaco Semiárido, III-Chaqueña Centro Oriental, IV-Región Tucumano Santiagueña, V- Región de la Alta Mesopotamia, VI-Región de la

Baja Mesopotamia, VII- Región de la Llanura Pampeana, VIII-Región de Bahía Blanca, IX-Región Central Pampeana, X-Región Patagónica, XI-Región de las Islas Malvinas. Fuente INCYTH, 1984. Mapa Hidrogeológico de la RA

### **I Región de los Valles Intermontanos:**

Los caudales de agua disponible en esta región tienen origen exclusivamente en las escasas precipitaciones (160 mm anuales) que reciben los puntos más altos. La elevada evaporación del agua es la causante de la formación de sales, cuya acumulación da origen a extensos salares. El origen de los valles corresponde al plegamiento y fallamiento de formaciones paleozoicas, mesozoicas y terciarias. Los principales yacimientos de agua subterránea se encuentran en sedimentos cuaternarios, en donde la recarga del complejo acuífero se produce fundamentalmente por el aporte de corrientes superficiales y subálveas, provenientes de las áreas montañosas y muchas veces con excelentes rendimientos. Dado que en general las precipitaciones pluviales son escasas, la recarga de los acuíferos se produce por el carácter influente de los ríos que nacen en la Cordillera de los Andes con un ejemplo notorio como el de San Juan y el Jachal.

- ✓ Subregión Puna
- ✓ Subregión Cordillera Oriental y Sierras Subandinas:
- ✓ Subregión Sierras Pampeanas:
- ✓ Subregión Precordillera Norte:
- ✓ Subregión Precordillera Sur

### **II Región del Chaco Semiárido:**

Esta región se desarrolla al este de las Sierras Subandinas hasta el arco de circunferencia que pasa por la localidad de Monte Quemado. Se caracteriza por el gran espesor del relleno sedimentario, alternancia de limos, arenas y arcillas y hasta gravas y por la cantidad y calidad de los acuíferos alumbrados. Al oeste de la localidad de Monte Quemado, en la zona de Taco Pozo (provincia de Chaco), se han identificado seis acuíferos de buena calidad hasta la profundidad de 300 m y caudales que superan los 100 m<sup>3</sup>/h, mejorando las condiciones en la dirección mencionada y detectándose capas surgentes. Al Este de Salta y Oeste de Formosa se detectó un acuífero a aproximadamente unos 300 metros de profundidad de agua de buena calidad.

### **III Región Chaqueña Centro Oriental:**

Esta región comprende gran parte de la llanura que se extiende en las provincias de Formosa, Chaco, centro y norte de Santiago del Estero y norte de Santa Fe. Los estudios basados en el inventario hidrogeológico, la fotointerpretación y la prospección geofísica han comprobado la existencia de depresiones lacustres, cauces actuales y antiguos, así como de lineamientos morfológicos que evidencian características de la geotectónica de las rocas consolidadas ubicadas en profundidad. La morfología de los paleocauces, compuestos de meandros, lagunas semilunares y albardones, es donde se encuentran los lugares de mayor interés aparente para localizar agua subterránea de buena calidad. El rendimiento de los pozos es bajo y se debe tener muy en cuenta los límites del reservorio y la recarga del mismo para decidir el régimen de explotación.

### **IV Región Tucumano- Santiagueña:**

La serie de conos de deyección que acompañan al pie de las sierras del Aconquija y a las que rodean por el oeste la llanura tucumana, constituye la zona de recarga de los acuíferos que se extienden hacia el este y sudeste hasta penetrar en territorio santiagueño. Las numerosas perforaciones efectuadas en la región muestran niveles hidrostáticos con presión suficiente como para que, en muchos casos, se produzca surgencia natural. Dentro de estos rasgos geomórficos, el denominado “cono de deyección tucumano”, constituido por un cono antiguo dispuesto en terrazas y otro más joven asentado en el anterior, presenta una gran diversidad de acuíferos. Hacia el sudeste, la sierra de Guasayán actúa como dique para las aguas subterráneas que provienen de las montañas del oeste, originándose consecuentemente una presión hidrostática positiva.

### **V Región de la Alta Mesopotámica:**

La provincia de Misiones y el noreste de Corrientes están cubiertas, en casi toda su extensión, por coladas de basalto de edad cretácica inferior, con areniscas cuarcíticas intercaladas. El agua proveniente de las abundantes precipitaciones, después de atravesar el suelo laterítico y el basalto alterado, ambos permeables, alcanza la zona fracturada, constituyendo los clásicos acuíferos de rocas fisuradas. La posibilidad de obtener agua subterránea en cantidades significativas está condicionada a los acuíferos fisurados y materiales modernos sobreimpuestos.

## **VI Región de la Baja Mesopotámica:**

En esta región se incluye al resto de la provincia de Corrientes y a la de Entre Ríos. Hacia el oeste, las coladas basálticas aflorantes en la alta Mesopotámica quedan cubiertas por formaciones cenozoicas de carácter arenoso y limoso. La cantidad de agua subterránea, en general de buena calidad, depende de la potencia de la cubierta sedimentaria. El sector noroeste de la provincia de Corrientes, presenta las mejores posibilidades hidrogeológicas en la Formación Ituzaingó, saturadas con agua de buena calidad y en general altos caudales. El sector oriental de la provincia presenta en parte afloramientos de basaltos y cuarcitas y una irregular cubierta sedimentaria que determina áreas con menores posibilidades de buenas explotaciones. En las regiones V y VI se encuentra en explotación el agua termal del Sistema Acuífero Guaraní y de otro acuífero termal profundo salado. En la provincia de Entre Ríos la formación arenosa aflorante en el valle del Río Paraná contiene diversos niveles acuíferos con aguas de buena calidad. Hacia el centro y sur de la provincia existen caudales y aptitud química en los acuíferos alumbrados principalmente en la Formación Ituzaingó - Salto Chico. Santa Cruz y Silva Busso, (1999) han definido dos subregiones hidrogeológicas.

- ✓ Subregión Mesopotámica Septentrional
- ✓ Subregión Sistema Termal Mesopotámico

## **VII Región de la Llanura Pampeana:**

En esta región se incluyen a los acuíferos de llanura Pampeana y la Cuenca Chacoparanense. Se caracterizan fundamentalmente porque sus límites hidrogeológicos de cuenca no se corresponden con los superficiales. Son de gran extensión regional y de difícil limitación; además suelen poseer varias capas acuíferas conectadas entre si por distintos niveles geológicos que semiconfinan a los mismos. Estos acuíferos son los más explotados del país e hidrogeologicamente los más complejos de estudiar, siendo de recarga vertical, es decir que se alimentan de las precipitaciones de la región, se comportan con una clara correspondencia con el ciclo hidrológico externo. Los parámetros hidráulicas de los mismos también dependen de la litología, y el espesor de la capa acuífero pero varían frecuentemente a causa de su variable grado de confinamiento y su variación de permeabilidad. Estos acuíferos en régimen natural alimentan los cursos fluviales de la región siendo estas últimas zonas de descarga de los mismos. Los acuíferos de la Fm. Pampeano y Fm. Puelches corresponden a esta región.

Estos dos acuíferos involucran a varias de las provincias argentinas económicamente más activas y que aportan alrededor del 60% del PBI del país proveyendo de agua potable a millones de personas y agua para riego, ganadería e industrias.

Se puede considerar dividida en varias subregiones que han sido redefinidas por Santa Cruz y Silva Busso, (1999) a partir de la subdivisión realizada por el INCyTH, (1984).

- ✓ Subregión Río Paraná
- ✓ Subregión Médano Invasor (incluida como Subregión)
- ✓ Subregión Pampeana
- ✓ Subregión Médanos Costeros
- ✓ Subregión Sistema Termal Bahía Blanca (incluida como Subregión)
- ✓ Subregión Periserrana de Tandilia
- ✓ Subregión Periserrana de Ventania
- ✓ Subregión Oriental Cordobesa
- ✓ Subregión Sierra Chica Oriental
- ✓ Subregión Pampeana Deprimida

#### **VIII Región de Bahía Blanca** (redefinida Subregión Hidrogeológica Sistema Termal Bahía Blanca)

La zona comprendida entre la Sierra de la Ventana por el noreste y los afloramientos de rocas impermeables de Pichi Mahuida, cerro Los Viejos, serranías de Cuchillo Co por el sudeste, han sido cubierta por grandes espesores de sedimentos de origen continental y marino, encerrando niveles acuíferos. El acuífero principal es encuentra en la formación rojiza del Mioceno a profundidades variables entre los 500 m y 1086 m para la laguna Chasicó y Puerto Belgrano, respectivamente. Los caudales son variables y el agua es surgente, con alrededor de 60°C de temperatura siendo apta para el consumo humano. Actualmente se la ha redefinido y se la considera una Subregión de la región VII Llanura Pampeana (Santa Cruz y Silva Busso, 1999).

#### **IX Región Central Pampeana** (redefinida Subregión Hidrogeológica Médano Invasor)

Comprende el sur de las provincias de San Luis y parte de Córdoba, La Pampa y oeste de Buenos Aires. Se caracteriza por la presencia de sedimentos de origen eólico que constituyen depósitos de agua de buena calidad. En general se trata de lentes de agua dulce sobre agua salada. Los rasgos geomorfológicos que se destacan son médanos, fijos o móviles, desprovistos de vegetación, que dan a la región un aspecto de llanura

suavemente ondulada. Los caudales que se pueden extraer son pobres, estando condicionada la calidad, a la recarga por precipitación y al régimen de explotación. Actualmente se propone como una Subregión de la región VII Llanura Pampeana (Santa Cruz y Silva Busso, 1999).

## **X Región Patagónica**

Podemos dividir a esta amplia región en tres ambientes que debido a su escasa información hidrogeológica no han sido definidos como subregiones. Estos ambientes son el ambiente cordillerano, elevaciones centrales, terrazas patagónicas incluyendo dentro de esta última, los valles de los principales cursos de agua. Esta última ha sido estudiada recientemente y se ha separado al región de los bajos definiendo una Subregión hidrogeológica.

El ambiente cordillerano es una región montañosa integrada por rocas de baja permeabilidad que origina fuertes escurrimientos de las precipitaciones. La erosión glacial que actuó durante un largo periodo modificó parcialmente la tendencia al escurrimiento por la lixiviación de los terrenos y la formación de nuevos acuíferos con las rocas erosionadas. Debido al retransporte fluvial, las morenas glaciales perdieron gran parte de su material mas fino, aumentando consecuentemente la permeabilidad. Los sedimentos fluviales o lacustres presentan en la cordillera los mejores valores de transmisividad y almacenamiento, por lo que la búsqueda de agua subterránea, debe orientarse a ubicar paleocauces y en ellos, los puntos dístales de las morenas frontales o de retroceso. En Tierra del Fuego en su cuenca del río Grande, el reservorio acuífero propiamente dicho esta integrado por los sedimentos glaciares, glacifluviales y fluviales, depositados durante los periodo de hielo y deshielo.

El ambiente de las elevaciones centrales se engloban en forma muy genérica a todas aquellas áreas que superaron los niveles alcanzados por las transgresiones marinas, desde el Oligoceno-Mioceno hasta la actualidad. La integran la meseta de Somuncurá en Río Negro, las elevaciones centrales de Chubut, el nesocratón del Deseado y parte de la divisoria entre los ríos Santa Cruz y Chalia en el sur de Santa Cruz. Estas áreas carecen en su conjunto de la cubierta de “rodados patagónicos” de fundamental importancia en la recarga hídrica de los acuíferos subterráneos de Patagonia. En Somuncurá el almacenamiento de agua subterránea se halla vinculado a la fisuración de las coladas basálticas. En las serranías centrales del Chubut el control del

almacenamiento está regido por las líneas estructurales de tipo sinclinal, originadas en los plegamientos de fines del Cretácico y principios del Terciario.

En el ambiente de terrazas y mesetas patagónicas la erosión ha fragmentado parcialmente las antiguas terrazas constituyendo hoy relictos que por su magnitud forman mesetas. La cubierta de todas estas terrazas está formada por una gruesa camada de rodados que, salvo en los niveles mas altos, corresponden a una segunda, tercera o enésima redepositación de los materiales glaciarios que les dieron origen. Estas camadas de rodados son fundamentales en el comportamiento del ciclo hidrológico por su alta permeabilidad vertical, que facilita la infiltración.

Las posibilidades de almacenamiento subterráneo dependen de los sedimentos infrayacentes a los rodados. La presencia de arenas del Santacrucense o el Patagoniano superior constituyen los mejores acuíferos permitiendo, por la carga hidráulica que generan, el lavado de los sedimentos aun inferiores al Patagoniano. Se transforman así en reservas hídricas utilizables, como sucede en Comodoro Rivadavia, Caleta Olivia, Puerto Deseado, San Julián, Valcheta, entre otros, aunque con variaciones hidráulicas e hidroquímicas muy importantes.

La calidad de agua en general es muy variable a lo largo de la hidrodinámica y litología de los acuíferos. Los caudales dependen de la transmisividad de los acuíferos, generalmente baja, que obliga a utilizar grandes superficies de captación. Las terrazas costeras o en formación originan acuíferos potables, pero de difícil explotación por la facilidad de la contaminación con agua de mar.

### **XI Región Antártica e Islas Australes:**

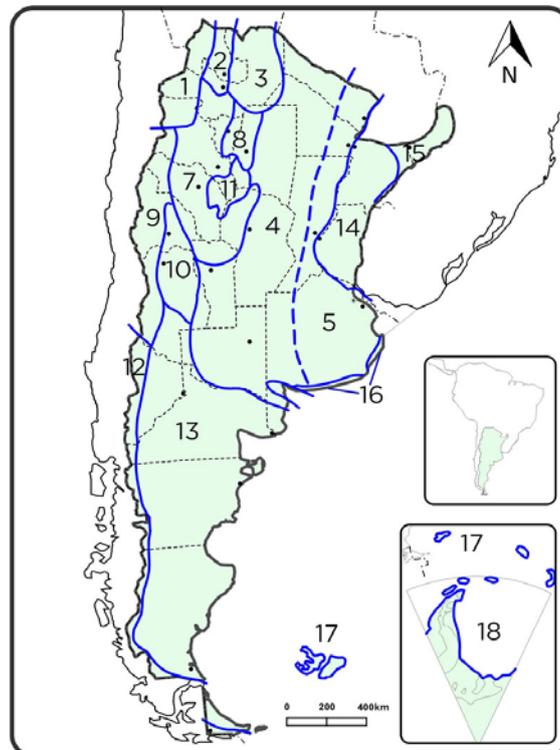
La información sobre esta región es escasa, sin embargo se puede inferir que las condiciones hidrogeológicas responden a acuíferos fracturados, ya que las rocas aflorantes son de edad paleozoica y triásica continentales. Estas rocas poseen agua de buena calidad en grietas y fisuras. Los caudales están condicionados al tipo y extensión de las fracturas. También existen en las Islas Malvinas depósitos constituidos por gran cantidad de rodados y bloques, procedentes de las areniscas cuarcíticas del Devónico, capaces de almacenar gran cantidad de agua subterránea, de fácil captación.

La región Antártica al sur del paralelo 60° ha tenido particular atención (Silva Busso et.al., 2000 y 2009). Los acuíferos pueden ser clasificados como acuíferos suprapermafrost (sobreimpuestos al suelo congelado), interpermafrost e infrapermafrost. De estos últimos no existe información hidrogeológica directa, solo en ciertas regiones la

información geofísica y geológica permite inferir la existencia de acuíferos en niveles de areniscas marinas de edad eocena poco consolidadas (Fm La Meseta) suficientemente permeables y capaces de contener agua líquida todo el año, probablemente confinados o semiconfinados se desconoce sus características hidráulicas e hidroquímicas.

Los acuíferos suprapermafrost son un poco más conocidos, casi todos libres, de poco espesor, litología variable y muy relacionados a la dinámica criológica de cada región. En términos generales la hidrología e hidrogeológica antártica se encuentra controlada por las variaciones climáticas al este y oeste de la Península Antártica considerando estas variaciones suele definirse las Subregiones Antárticas Occidental y Oriental donde su principal característica con las variaciones hidrometeorológicas a ambos lados de la Península.

También Auge et.al. (2006) subdividieron al territorio argentino en 18 regiones hidrogeológicas (Figura 11), sobre la base de la incidencia que ejercen en el agua subterránea los componentes geológico, climático, geomórfico y biótico.



**Figura 11.** Regiones hidrogeológicas 1) Puna 2) Cordillera Oriental- Sierras Subandinas y sus valles 3) Piedemonte y Llanura Chaco-salteña 4) Llanura Chaco-pampeanaárida 5) Llanura Chaco-pampeana húmeda 6) Cuencade Bahía Blanca 7)

Sierras Pampeanas y sus valles 8) Piedemonte y Llanura Tucumano-santiagueña 9) Precordillera-Cordillera Frontal-Cordillera Principal y sus valles 10) Piedemonte y Llanura cuyana 11) Llanos Riojanos y salinas asociadas 12) Cordillera Patagónica y sus valles 13) Patagonia Extra-andina 14) Entre Ríos y Corrientes 15) Misiones 16) Costa Atlántica Bonaerense 17) Islas Malvinas y del Atlántico Sur 18) Antártida.

### **Importancia del Recurso Subterráneo**

En la República Argentina la media nacional de la contribución de las aguas subterráneas en la satisfacción de las demandas totales es del 35%, pero esta cifra no refleja adecuadamente la importancia de la misma, ya que son las reservas de agua subterránea las que aseguran una regulación plurianual e interanual de los Recursos, jugando un papel primordial en períodos de sequía o de déficit hídrico estacional

Aproximadamente el 50% de la población de la República Argentina se abastece de agua subterránea, principalmente las zonas rurales aunque también lo hacen conglomerados urbanos. La proporción de aguas subterráneas empleadas en riego, ganadería, industria y uso doméstico alcanzaría a un 35% del agua total empleada (Prosap, inf. verb.).

El mayor consumo es el de riego para la producción agrícola. El riego insume en promedio el 70% del agua subterránea dulce extraída, aunque una parte significativa de esa demanda es debida al uso de técnicas ineficientes como el riego por inundación.

La superficie regada total es del orden de 2.200.000 hectáreas de las cuales el 65% son con agua superficial y un 35 % con agua subterránea, y con eficiencias que van de 0,35 a 0,60. Hay un gran potencial de expansión (4.000.000 de hectárea más), pero en muchos casos se requieren aún grandes inversiones para llegar a entregar el agua a las áreas a incorporar. El potencial de tierras aptas para riego en la Argentina es del orden de 6.300.000 hectáreas.

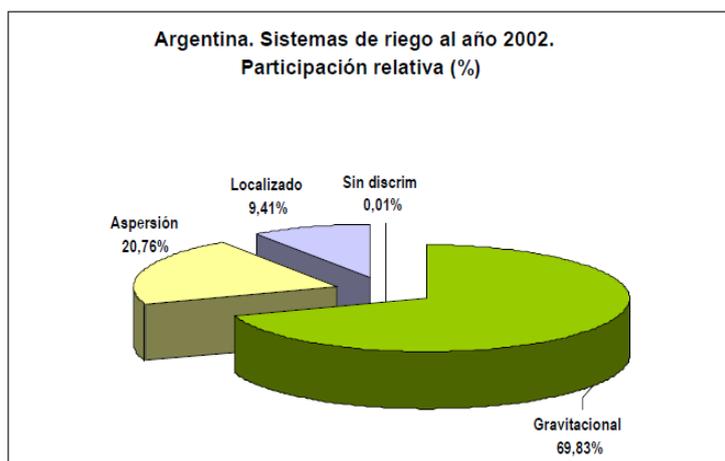
El 68% de la superficie bajo riego se ubica en las regiones áridas y semiáridas del país y el 32% restante en las regiones húmedas, tratándose en estos casos de riego

complementario de cereales y leguminosas, o riego para arroz. Aunque el área bajo riego representa solamente 5% del área agrícola del país (30 millones de hectáreas), su participación en el valor de la producción sectorial ha oscilado entre 25% y 38%.

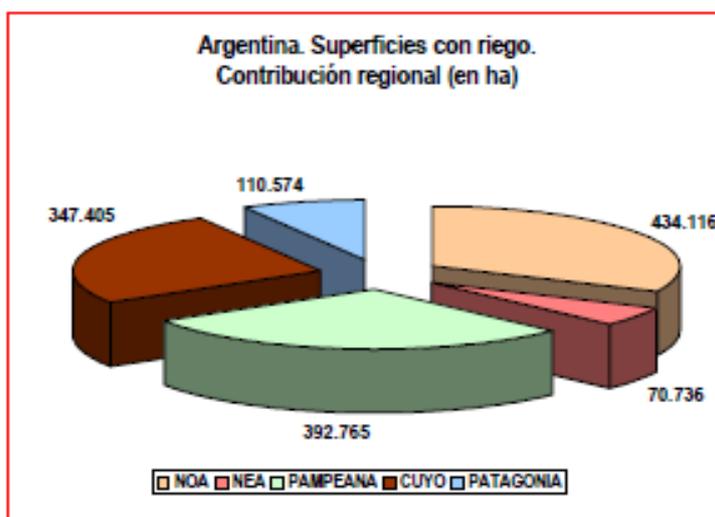
La eficiencia de uso del agua, en general se encuentra en niveles muy bajos, con una media inferior a 40% y del total de 1,5 millones de hectáreas bajo riego, se considera que existen 500.000 hectáreas que están afectadas, en distintos grados de intensidad, por problemas de drenaje o salinidad.

### Origen del agua de riego:

- 65% con aguas superficiales
- 35% con aguas subterráneas



**Figura 12.** Participación de relativa de sistemas de riego.



**Figura 13.** Superficies con riego. Fuente: PROSAP

## **Problemáticas principales de los acuíferos**

### **- Contaminación**

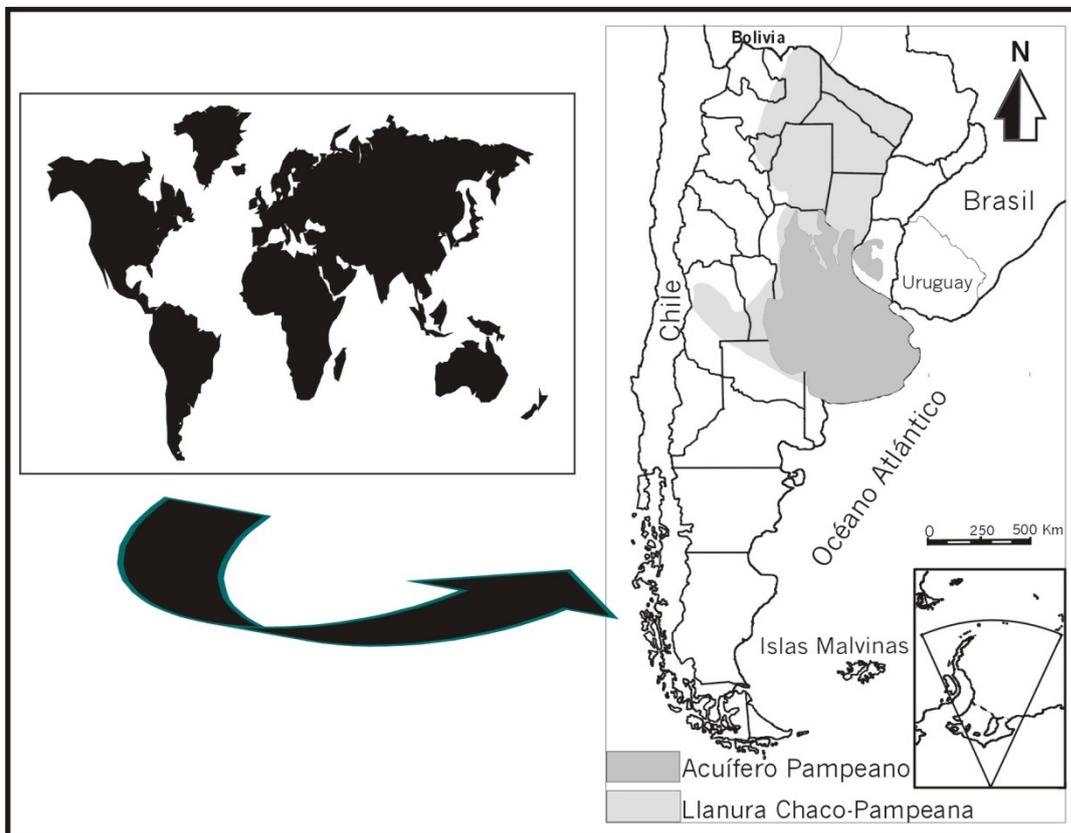
La contaminación de acuíferos por disposición de líquidos cloacales en pozos ciegos, como ocurre por ejemplo con los acuíferos Pampeano y Puelches en la Provincia de Buenos Aires o el desarrollo urbano industrial intensivo como sucede en el cordón urbano industrial que bordea al Río Paraná desde Rosario hasta La Plata, donde se observan ríos en estado muy grave de contaminación como el Matanza -Riachuelo y el Reconquista, en la zona del Gran Buenos Aires. La cuenca Matanza Riachuelo con sus aproximadamente 2240 kilómetros cuadrados y tres millones de habitantes sufre la contaminación de aproximadamente tres mil empresas que vuelcan a diario residuos tóxicos y no tóxicos, sólidos y líquidos a los que se suman los efluentes cloacales.

En el interior del país, las grandes industrias y las actividades productivas extensivas son causa de contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea. Por ejemplo, la minería, la industria petroquímica, y extracción de calizas (Región Pampeana), la extracción petrolera, la industria azucarera, y fundiciones de plomo (Noroeste), extracción petrolera y de uranio (Cuyo), y la extracción petrolera y de carbón (Patagonia Sur). Hidrocarburos como benceno, naftaleno y tolueno abundan en aguas y sedimentos cercanos a destilerías en industrias petroquímicas en las cercanías del área Berisso-Ensenada.

En Argentina una gran parte del agua extraída del subsuelo (especialmente del Pampeano) proviene de sedimentos finos de origen eólico (loees), ricos en vidrio volcánico (vitroclastos) y responsables de los elevados contenidos de arsénico, flúor y vanadio entre otros que se lo encuentra especialmente en aguas ricas en bicarbonato de sodio. Se presenta en las aguas del subsuelo en forma muy heterogénea, con desigual distribución tanto horizontal como vertical.

En diversas regiones del país, la provisión de agua para bebida se ve seriamente dificultada por la existencia de aguas subterráneas con elevado contenido de estos elementos, lo que las hace tóxica para el consumo pues los mismos se acumulan en el organismo produciendo patologías denominadas hidroarsenicismo y fluorosis.

El arsénico está presente en gran parte de las provincias de Córdoba, Santa Fe, Santiago del Estero, Chaco, Buenos Aires, Noroeste de La Pampa y sectores de Río Negro, San Luis, Mendoza, San Juan, La Rioja, Catamarca, Tucumán, Jujuy y Salta, coincidiendo con el área de distribución de los depósitos pampeanos mencionados. Las concentraciones en acuíferos son muy variables, desde valores muy bajos hasta varios mg/L. Se estima que aproximadamente 1,5 millones de personas están expuestas a niveles superiores a los exigidos por la normativa en lo que respecta a la concentración máxima de arsénico. Estas personas están en riesgo de contraer enfermedades relacionadas con la ingestión prolongada de dichas aguas, especialmente el hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE), además de diabetes, hipertensión y neuropatías, entre otras.



**Figura 14.** Distribución del Acuífero Pampeano dentro de la llanura Chacopampeana coincidiendo con la distribución aproximada del arsénico (Fuente internet).

Actualmente se encuentran en operación en algunas provincias plantas de eliminación de Arsénico a través del proceso de ósmosis inversa, que solucionan el

abastecimiento de agua de bebida pero generalmente generando un problema de disposición de los residuos y equipos de abatimiento de concepción más sencillos.

Los altos contenidos naturales de flúor y de nitratos originados en residuos urbanos, registrados en las aguas subterráneas explotadas para el abastecimiento a la población, constituyen otros riesgos para la salud pública. En las zonas urbanas y rurales del noroeste de la provincia de Buenos Aires el acuífero Puelches, uno de los más grandes del mundo, presenta diferentes niveles de contaminación, especialmente con nitratos y bacterias coliformes, asociada a residuos sólidos de basurales y a pozos negros. Las concentraciones elevadas de nitratos causan trastornos sanguíneos. Además los elevados niveles de nitratos y fosfatos estimulan el crecimiento de algas verde-azuladas que llegan a la eutrofización de las aguas. En nuestro país, se comenzó a trabajar en esta temática a iniciativa del Ministerio de Salud, teniendo como principal objetivo la detección temprana de estas floraciones a fin de prevenir sus efectos nocivos.

La contaminación de las aguas subterráneas, producto del mal manejo de los acuíferos (sobre-explotación generalizada o sobre-extracción localizada, falta de medidas de protección y de conservación), y de las fallas en los sistemas de saneamiento que contaminan directamente las fuentes de abastecimiento, es el problema de contaminación más importante en la Argentina.

### **-Nivel de explotación**

En la República Argentina, la media nacional de la contribución de las aguas subterráneas en la satisfacción de las demandas totales se estima en un 35%. Pero esta cifra no refleja adecuadamente la importancia de la misma, ya que son las reservas de agua subterránea las que aseguran una regulación plurianual e interanual de los recursos, jugando un papel primordial en períodos de sequía o de déficit hídrico estacional.

Las aguas subterráneas han tenido un papel fundamental, particularmente en el desarrollo socioeconómico de las regiones áridas y semiáridas, como fuente de abastecimiento a la población, la industria y el riego. Las áreas urbanas, así como la población rural, se abastecen total o parcialmente con agua subterránea. No obstante se

presentan limitaciones para determinados usos por su calidad y vulnerabilidad de los acuíferos explotables ya sea, por el uso no sustentable que se realiza sobre los acuíferos, o de la contaminación de los sistemas provocada por las actividades humanas. Por otro lado no se realizan, ni se han realizado, en general monitoreos sistemáticos de niveles y calidades de los acuíferos más explotados, salvo excepciones como en Mendoza y otras áreas en sectores semiáridos y áridos del país

### **-Disponibilidad**

Las reservas de agua subterránea de todas las cuencas estudiadas en la Argentina alcanzarían a 1,7 millones de  $\text{Hm}^3$ . Se estima la existencia de unas 580.000 perforaciones para los diversos usos (G. Bonorino, et.al. INGEOSUR-Departamento de Geología, U.N.S. y AIH-Grupo Argentino).

Estimaciones iniciales presentadas para el litoral, la provincia de Buenos Aires, Mendoza, La Rioja, Corrientes y La Pampa, pueden indicar que las disponibilidades anuales con diferentes grados de sustentabilidad (reservas renovables anuales), en todo el país, podrían llegar a un orden de magnitud mínimo de unos: veinte mil (20.000)  $\text{Hm}^3/\text{año}$ .(Santa Cruz, 1998)

Las reservas renovables anuales estimadas de la Argentina para algunas provincias son:

#### La Pampa

- Cantidad de pozos: 1.500
- Volumen total explotado: 200  $\text{hm}^3/\text{año}$
- Disponibilidad Total aproximadamente entre 30 a 40.000  $\text{hm}^3$

#### Mendoza

- Cantidad de pozos: 16.000 pozos
- Volumen total explotado: 448.2  $\text{hm}^3/\text{año}$

#### La Rioja

- Cantidad de pozos: 1.000
- Volumen total explotado: 1.000  $\text{hm}^3/\text{año}$

Corrientes

- Reservas renovables anuales: 5.000 hm<sup>3</sup>
- Reservas totales almacenadas: 240.000 hm<sup>3</sup>

Buenos Aires

- Volumen de agua gravitacional almacenada: 620.000 hm<sup>3</sup>

<i>Total Has.</i>	<i>Recarga Anual (Método Balance)</i>	<i>Reservas Renovables Anuales</i>	<i>Valor Representativo de Recarga por Ascenso Fréatica Anual</i>	<i>Reservas Renovables Anuales</i>
	<i>Promedio</i>	<i>Total</i>	<i>Promedio</i>	<i>Total</i>
6.322.800	512 m <sup>3</sup> /año/Ha	3.180 Hm <sup>3</sup> /año	1.002,5 m <sup>3</sup> /año/Ha	5.714 Hm <sup>3</sup> /año

Pampa Húmeda. Reservas Renovables Anuales de acuerdo a dos métodos de cálculo

### **- Monitoreo**

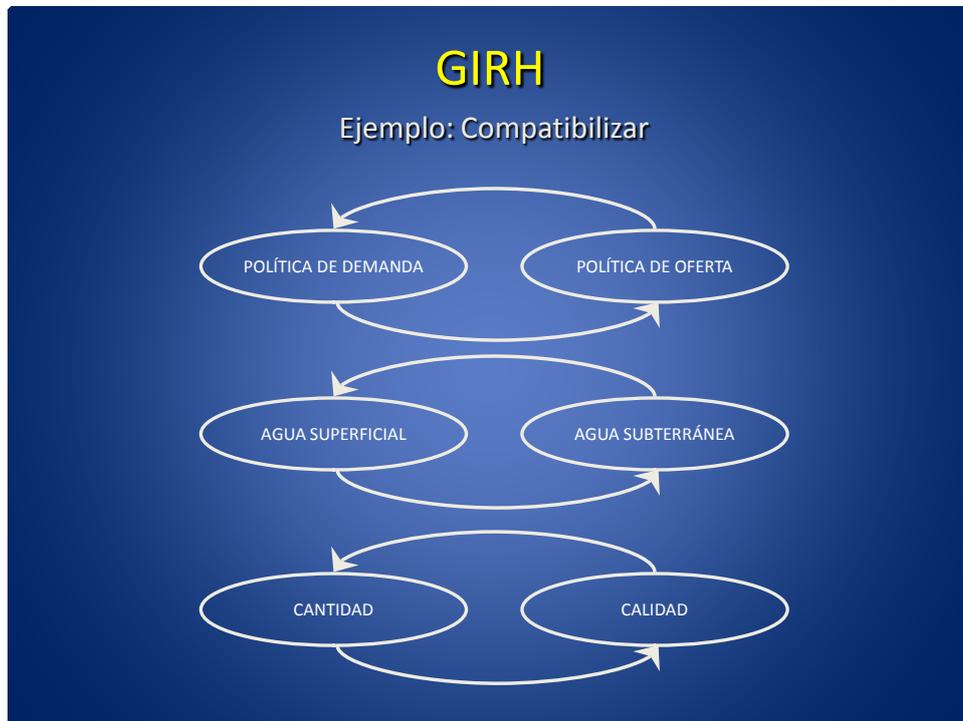
Son muy escasos o nulos los trabajos de escala regional que permitan cuantificar reservas totales y explotaciones actuales. Más aún las reservas renovables anuales. Se presentan algunos casos de provincias, faltando acciones sistemáticas de búsqueda y procesamiento de información a nivel de provincias y regiones.

### **- Gestión en la Argentina del Agua y Agua Subterránea**

El desafío consiste en la Gobernanza de un recurso público sujeto a intereses privados. A pesar de que la mayoría de las jurisdicciones definen toda el agua como "pública" (incluidas las aguas subterráneas), el acceso a las aguas subterráneas se percibe (culturalmente) como un problema esencialmente privado, ya que implica a un conjunto identificado de usuarios, que son quienes tienen acceso a un sistema de captaciones.

La Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), que aboga por coordinar y equilibrar las necesidades sociales, económicas y ambientales, está internacionalmente aceptada como el camino a seguir para un desarrollo y gestión eficiente, equitativa y ambientalmente sostenible de los recursos hídricos y atender a las demandas

conflictivas. La gestión integral de los recursos hídricos es hoy considerada un objetivo claro para conseguir una buena gobernanza de estos recursos.



**Figura 15.** Gestión Integrada de los Recursos Hídricos-GIRH

Argentina está organizada como una república, con un sistema de gobierno representativo y federal, compuesta por 23 provincias (con casi dos mil municipios) y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Dado el carácter federal de su sistema de gobierno, no existe en Argentina una autoridad nacional de aguas. Sin embargo, tanto a nivel nacional como a nivel provincial, existe una amplia y diversa cantidad de organismos con injerencia en la gestión del agua. Las provincias han regulado a través de Códigos de aguas y leyes de aguas, mediante las cuales establecen el uso y administración de sus recursos hídricos.

Organismos de cuenca: La extensión de las cuencas hidrográficas supera los límites jurisdiccionales generando la necesidad de acuerdos interjurisdiccionales y el diseño de instancias legales que permitan su regulación, coordinación y gestión integral

- Constitución de 1994.

- ...."las provincias poseen el dominio original de los recursos naturales existentes en su territorio".....
- .... Todos los habitantes gozan del derecho a un 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.....

-Código Civil de la república Argentina

- Art. 2340. *“Quedan comprendidos entre los bienes públicos: 3 - Los ríos, sus cauces, las demás aguas que corren por cauces naturales y toda otra agua que tenga o adquiera la aptitud de satisfacer usos de interés general, comprendiéndose las aguas subterráneas, sin perjuicio del ejercicio regular del derecho del propietario del fundo de extraer las aguas subterráneas en la medida de su interés y con sujeción a la reglamentación”;*

-Ley Nacional N° 25688 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental

El principio precautorio, consagrado en la Ley nacional n° 25675 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental, indica que:

*“Cuando haya peligro de daño grave o irreversible la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente” (artículo 4°).* El principio precautorio exige la adopción de medidas tendientes a evitar daños ambientales graves e irreversibles a los acuíferos, debido a que se trata de un recurso finito que debe estar en equilibrio.

**Artículo 5°** *Se entiende por utilización de las aguas a los efectos de esta ley:*

- f) *La colocación e introducción de sustancias en aguas subterráneas;*
- g) *La toma de aguas subterráneas, su elevación y conducción sobre tierra, así como su desviación;*

**Artículo 7°** *La autoridad nacional de aplicación deberá:*

- b) *Definir las directrices para la recarga y protección de los acuíferos;*
- c) *Fijar los parámetros y estándares ambientales de calidad de las aguas;*

- Ley N° 24.051 Residuos Peligrosos

## CAPITULO I

### DEL AMBITO DE APLICACION Y DISPOSICIONES GENERALES

ARTICULO 1° - La generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos quedarán sujetos a las disposiciones de la presente ley, cuando se tratare de residuos generados o ubicados en lugares sometidos a jurisdicción nacional o, aunque ubicados en territorio de una provincia estuvieren destinados al transporte fuera de ella, o cuando, a criterio de la autoridad de aplicación, dichos residuos pudieren afectar a las personas o el ambiente más allá de la frontera de la provincia en que se hubiesen generado.....

ARTICULO 2° - Será considerado peligroso, a los efectos de esta ley, todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

### CATEGORIAS SOMETIDAS A CONTROL

#### OPERACIONES DE ELIMINACION

- D3. Inyección profunda (por ejemplo, inyección de desperdicios bombeables en pozos, domos de sal, fallas geológicas natural, etcétera).

## Nuevos Hitos

- 2003 – **Creación del Consejo Federal de Recursos Hídricos (COHIFE)**  
El COHIFE es la instancia federal de las 23 Jurisdicciones y Nación apuntando al tratamiento de aspectos de carácter global, estratégico, interjurisdiccional e internacional de los Recursos Hídricos.
- 2009- **Reconocimiento legal del COHIFE**
- **Principios Rectores de Política Hídrica-Acuerdo Federal del agua:-**  
Acordado por la totalidad de las jurisdicciones del país, brindan lineamientos que permiten integrar aspectos técnicos, sociales, económicos, legales, institucionales y ambientales del agua en una gestión moderna de los recursos hídricos. En el Art. 19-Unidad de Planificación y Gestión- dice:” ...las cuencas hidrográficas o los acuíferos constituyen la unidad territorial más apta para la planificación y gestión coordinada de los recursos hídricos...”

## Bibliografía

- Auge M, Wetten C., Baudino G., Bonorino G., Gianni R., González N., Grizinik M., Hernández M., Rodríguez J., Sisul, A., Tineo A y Torres C. 2006. Hidrogeología de Argentina. Boletín Geológico y Minero, 117 (1): 7-23. España.
- BM, 2009. Informe sobre el Desarrollo Mundial 2009: reestructuración de la geografía económica (Español) 2009, Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial 1818 H Street, N.W., Washington, D.C. 20433
- Busso.A A. 2009. El agua en el norte de la península antártica / compilado por Adrián Angel Busso - 1a ed. - Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Calcagno A. *et al.*, 2000. Informe sobre la gestión del Agua en la R. Argentina. Buenos Aires; *Global Water Partnership; 2000. 141 p. Tab.*
- Custodio, E. y Llamas, M.R. 1983.Hidrología Subterránea. Edic.Omega,S.A. Segunda Edición.Platón 26-Barcelona-6 España
- FAO, 2002. El Estado Mundial de Agricultura y la Alimentación organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación Roma, 2002
- FAO, 2010. el estado mundial de la agricultura y la alimentación 2010-2011. organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación .Roma.
- Fan Y., Li H. , Miguez-Macho G. 2013. los modelos climáticos globales. *Science* 22 Feb 2013: Vol. 339, Issue 6122, pp. 940-94
- Gleeson, Tom. 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. . *Nature* 488,197–200 (09 August 2012).

- Hoekstra A.Y. y Mekonnen M.M., 2012. The water footprint of humanity . Department of Water Engineering and Management, University of Twente, P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands
- Konikow, Leonard F. 2011. Contribución de agotamiento del agua subterránea mundial desde 1900 a la subida del nivel del mar. Geoph. Res. Vamos, Vol 38.
- Konikow L.F. 2014. National Center, U.S. Geological Survey, Reston, VA 20192, 53 (1): 2–9.
- Llamas, M.R. y Custodio, E. 1999. Aguas Subterráneas. Revista CIDOB d’Afers Internacionals, nº 45-46, Fundació CIDOB, Barcelona, 35-57.
- Macías González, H.L. y del Arenal Capetillo, R. 2007. La distribución del Agua Subterránea en México. Rev. Ciencia, 58-3. UNAM. México.
- Margat J. y Van der Gun, 2013. Groundwater around the World A Geographic Synopsis. CRC Press/Balkema P.O. Box 11320, 2301 EH Leiden, The Netherlands
- PNUD, 2006. Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Publicado para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Mundi-Prensa Libros, s.a. Castelló, 37 - 28001 Madrid
- Naciones Unidas. 2015 Informe de las Naciones Unidas sobre los Recursos Hídricos en el Mundo, 2015. División de Ciencias del Agua, UNESCO 06134 Colombella, Perugia, Italia
- ONU. 1997. NACIONES UNIDAS Asamblea General. Convención sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación

- ONU. 2008. Comisión de Derecho Internacional (CDI) Anuario de la Comisión de Derecho Internacional, Vol II, Parte 2
- PNUMA, 1999. Geo - América Latina y el Caribe. perspectivas del medio ambiente Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ORPALC) División de Información, Evaluación Ambiental y Alerta Temprana (DIEA&AT) Boulevard de los Virreyes #155, Colonia Lomas Virreyes 11000, México DF, México
- PNUD, 2013. Informe sobre Desarrollo Humano 2013 El ascenso del Sur: Progreso humano en un mundo diverso. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo 1 UN Plaza, Nueva York, NY 10017, Estados Unidos
- Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG). 2009. GEF, BM, OEA, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, 2003-2009. Informes Finales. PEA. Disponible en: [www.hidricosargentina.gov.ar/Acuifero Guaraní Argentina y](http://www.hidricosargentina.gov.ar/Acuifero_Guarani_Argentina_y) <http://www.ceregas.org/>
- Santa Cruz, J.N. 1998. En: agua problemática regional. enfoques y perspectivas en el aprovechamiento de recursos hídricos. Congreso Internacional del Agua, Asociación Universidades Grupo Montevideo. Agua “Problemática Regional”. Enfoques y Perspectivas en el Aprovechamiento de Recursos Hídricos. EUDEBA, pág. 27-32, Buenos Aires, 1998.
- Santa Cruz JN. 2009. Sistema Acuífero Guaraní. Revista *Ciencia Hoy* 19 (112): 8-21 , Buenos Aires.
- Santa Cruz JN. 2011. Acuífero Guaraní: propuesta de Acciones Hidrogeológicas en Concordia (AR) – Salto (UY), acompañando el Acuerdo Transfronterizo 2010 entre los 4 países involucrados. *VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano- Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Temas Emergentes en la Gestión de las Aguas Subterráneas.* Salta, Argentina

- Santa Cruz JN. 2012. Acuíferos Transfronterizos: los conceptos “Equitativo y Razonable” aplicados Hidrogeológicamente al Acuífero Guaraní. P 327-342 En: Sánchez Bravo A (Ed) *Agua & Derechos Humanos*. ArCiBel Editores. Sevilla, España
- Shiklomanov, J.1997. Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world: assessment of water resources and water availability in the world; UNESCO-sponsored programmes and publications. 88 p., maps.
- Silva Busso, A., Sánchez, R. y Fresina, M. 2000. Caracterización del Comportamiento Hidrogeológico en la Isla Marambio, Antártida. Primer Congreso Mundial Integrado de Aguas Subterráneas, ALSHUD.AIH 292 (en CD), 21p., Fortaleza
- The Helsinki Rules on the Uses of Water of International Rivers. 1966. art. II, 52nd *Conference of the International Law Association Helsinki*. [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/legal\\_board/2010/annexes\\_groundwater\\_paper/Annex\\_II\\_Helsinki\\_Rules\\_ILA.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/legal_board/2010/annexes_groundwater_paper/Annex_II_Helsinki_Rules_ILA.pdf)
- The Seoul Rules on International Groundwaters. 1986. International Law 1986. Association Sixty-Second Conference Held at Seoul. [http://www.internationalwaterlaw.org/documents/intldocs/seoul\\_rules.html](http://www.internationalwaterlaw.org/documents/intldocs/seoul_rules.html)
- UNESCO. 2003 *Agua para Todos, Agua para la Vida*. Día Mundial del Agua, durante el 3<sup>er</sup> Foro Mundial del Agua en Kioto, Japón.
- UNESCO/OEA-ISARM AMÉRICAS. 2007. Programa acuíferos transfronterizos de las Americas. Montevideo/ Washington DC

- UNESCO-OEA. 2008. Marco legal e institucional en la Gestión de los Acuíferos Transfronterizos en las Américas. PHI-VII/Serie ISARM-AMERICAS N° 2 UNESCO, París: 110 p
  
- UNESCO. 2012. Glosario Hidrológico Internacional, WMO-No. 385. París.
  
- USGS, 2013. Groundwater Depletion in the United States (1900–2008) By L.F.Konikow Scientific Investigations Report 2013-5079. /
  
- WRG, 2009. The Water Resources Group Background, Impact and the Way Forward. Briefing report prepared for the World Economic Forum Annual Meeting 2012 in Davos-Klosters, Switzerland.

## **Efectos ambientales de los tambos de pequeños rumiantes**

Environmental effects of small ruminant dairy farms

Galotta, María Laura y Fernández Cirelli, Alicia\*

Instituto de Investigaciones en Producción Animal / INPA (UBA-CONICET) / Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA); Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Av. Chorroarín 280, C1427CWO, Buenos Aires, Argentina. \*afcirelli@fvet.uba.ar

### **Resumen**

La leche de los pequeños rumiantes tiene propiedades que la diferencia de la leche de vaca, principal leche producida y comercializada en el mundo. El tambo de pequeños rumiantes es una actividad reciente y con pocos antecedentes en el país. El destino principal de la leche es la elaboración de quesos y en menor medida, la elaboración de dulce de leche. Los efluentes que se pueden originar a partir de la actividad tambo consisten en dos tipos de residuos con características bien definidas. Por un lado, los provenientes de las excretas y la limpieza de las instalaciones del tambo: materia orgánica, nutrientes y en menor medida, detergentes. Por otro lado, los que derivan de la crianza y el manejo de los animales, destacando el uso de antibióticos como promotores de crecimiento. Estos efluentes pueden tener efecto por infiltración en agua subterránea y también en agua superficial. En el caso de la materia orgánica, principal efluente de los tambos, puede aumentar la concentración de nitratos en agua sobretodo en acuíferos someros y/ o producir una eutrofización en cuerpos de agua superficiales por escorrentía. Para mitigar los efectos ambientales de la actividad tambo es importante implementar medidas tendientes a atenuar el contenido de detergentes y materia orgánica, y en el caso de residuos de antibióticos minimizar su utilización.

**Palabras claves:** producción lechera, efluentes, acuíferos, buenas practicas

## **Abstract**

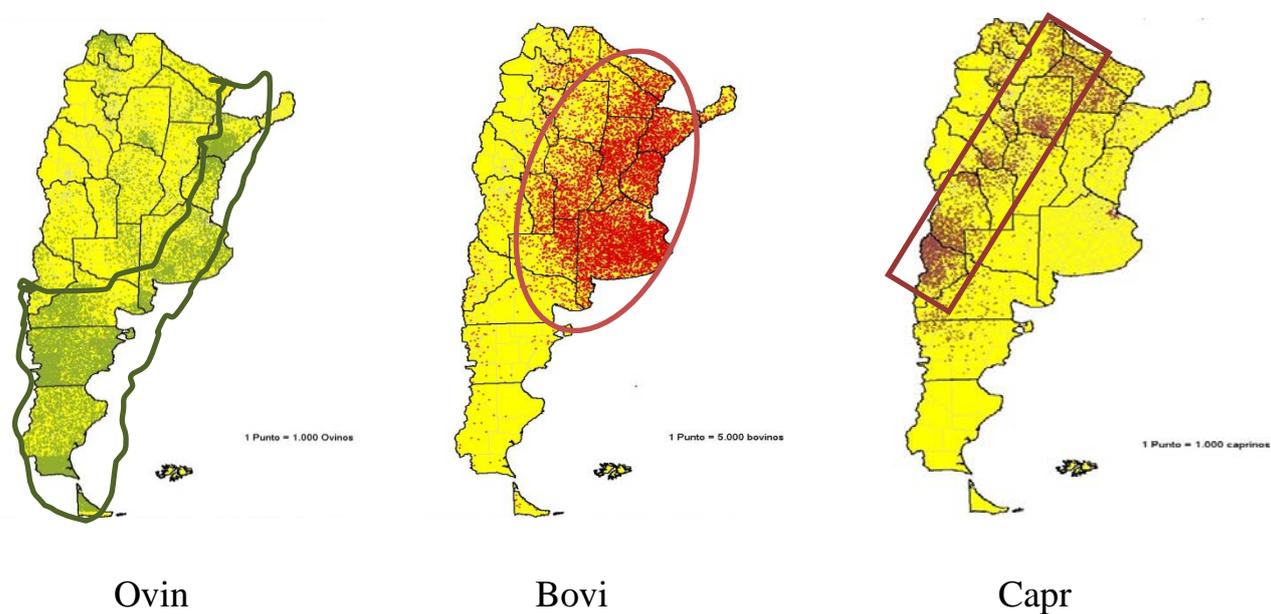
The properties of the milk produced by small ruminants such as goats and sheep are different from the one produced by cows which is the most consumed. The dairy farm of small ruminants is a recent activity with few antecedents in Argentina. The main destination is the production of cheese and secondly, the production of dulce de leche. The effluents originated from the dairy activities consist of two types of waste with well-defined characteristics. First, those from the excreta and the cleaning of the dairy facilities such as organic matter, nutrients and detergents. The other type of waste comes from breeding and handling of animals, highlighting the use of antibiotics as growth promoters. These effluents can affect not only surface water but also groundwater due to infiltration. In the case of organic matter, the main effluent of dairy farms, it could increase the concentration of nitrates in shallow aquifers and could lead to eutrophication in ponds and lakes due to runoff. To mitigate the environmental effects of this activity, it is important to implement measures to reduce the content of detergents and organic matter and, in the case of antibiotic residues, minimize their use.

**Key words:** dairy production, effluents, aquifers, good practices

## **Introducción**

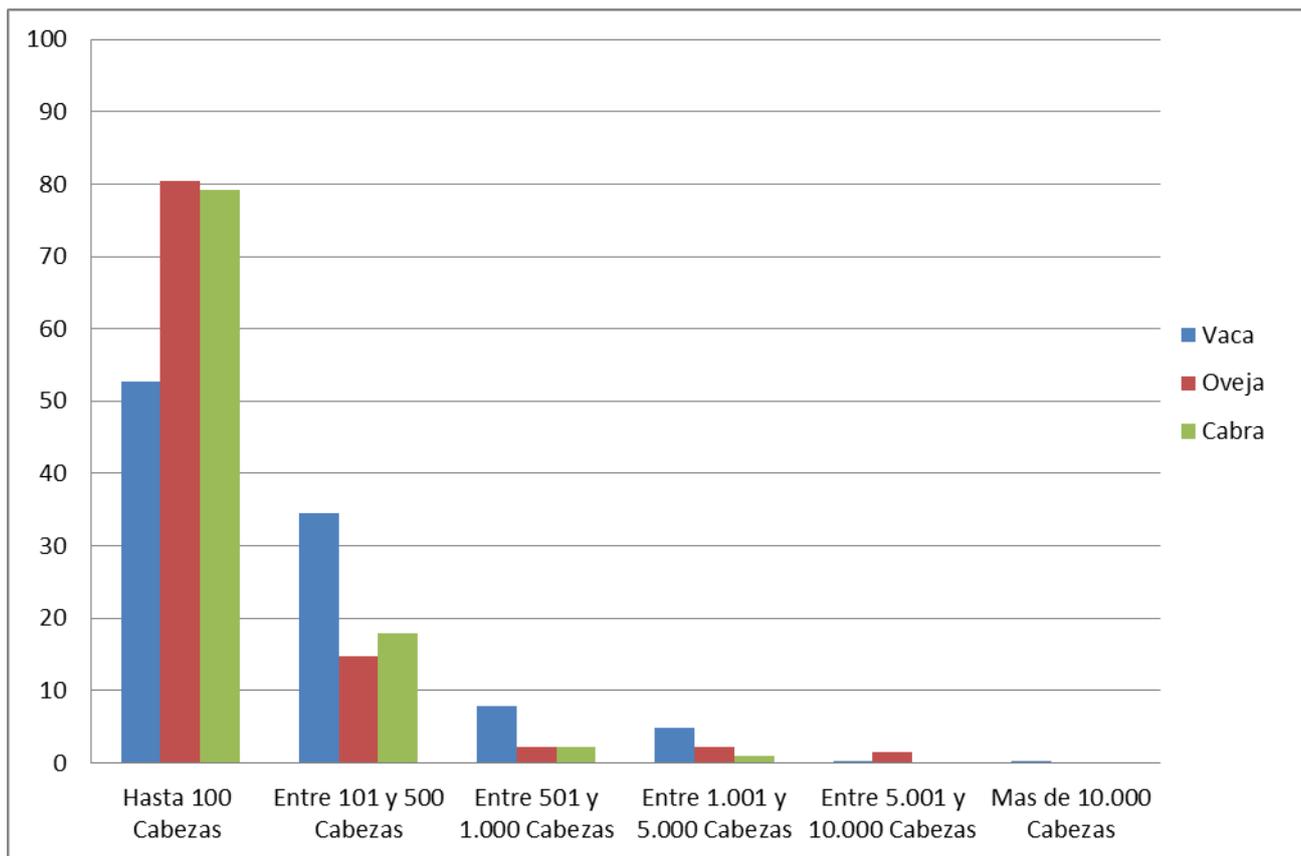
La producción agrícola- ganadera constituye la principal actividad económica de nuestro país. Las características edafoclimáticas, la disponibilidad de vastas superficies y el avance de la frontera agrícola dieron lugar a un proceso de readaptación y de desarrollo regional de las distintas actividades pecuarias. En particular, la ganadería se desplazó hacia tierras de menor aptitud, mientras que, en regiones de alto rendimiento productivo, los establecimientos ganaderos sufrieron una fuerte intensificación. En los últimos años, el stock nacional de rumiantes se mantuvo relativamente estable, tanto para las existencias bovinas (53 millones), ovinas (14 millones) como caprinas (4 millones). La distribución geográfica de estas especies de rumiantes es particular y complementaria a lo largo del territorio nacional (Figura 1). Es decir, mientras que el ganado caprino se ubica desde suroeste a noreste, el ovino ocupa una gran extensión de la Patagonia subiendo hacia suroeste por la provincia de Buenos Aires, Entre Ríos y Corrientes. El bovino, en cambio, se extiende desde provincia de Buenos Aires hacia el noroeste, norte y noreste del país. Esta distribución da cuenta de la adaptabilidad de las

distintas especies y la diversificación por parte del productor para mantener una actividad rentable a lo largo del tiempo.



**Figura 1.** Distribución de las existencias de rumiantes en la Argentina, 2017. Fuente: Informe y estadísticas Senasa, (2017).

Al analizar el tamaño de las explotaciones, podemos observar que el 80 % de los establecimientos de pequeños rumiantes se caracterizan por tener menos de 100 animales (Figura 2). En cambio, los establecimientos de ganado bovino tuvieron que aumentar la carga animal (animal/ hectárea) e intensificar su sistema de producción, consecuencia de una disminución en la superficie destinada a la actividad.



**Figura 2.** Distribución de las existencias según el tamaño de los establecimientos. Fuente elaboración propia a partir de informe y estadísticas. Senasa (2017)

La importancia de estudiar estas producciones no se debe solo a su aporte al PBI (producto bruto interno) para la economía nacional, sino también el valor que adquieren para la economía regional. En particular, la producción de ovinos y caprinos, al ser realizadas por pequeños productores, constituye una actividad sumamente importante para la subsistencia o autoconsumo de estos productores.

Los rumiantes proveen productos que forman parte de la dieta básica de la población como la leche y la carne. A pesar de que cada especie tiene ventajas productivas es de notar que el bovino es el animal más explotado. Sin embargo, al analizar la economía regional debemos notar que los pequeños rumiantes tienen un rol significativo.

En Argentina, el consumo de leche de vaca se estima en 40.3 litros/habitante/año, mientras que en Uruguay, por ejemplo, es de 65 litros/habitante/año (Tabla 1). Las leches no tradicionales (ovinas y caprinas), en general están asociadas a escalas de

producción regionales y a la elaboración artesanal de productos de elevado valor agregado. En los últimos años, se registró en nuestro país un aumento en la producción de leche de cabra y oveja coincidiendo con una tendencia observada a nivel mundial (Mueller, 2013). Este crecimiento se vio impulsado por la implementación de la cuota lechera establecida por la Unión Europea, los movimientos ecológicos y el aumento en la demanda de productos y subproductos de origen caprino y ovino.

La leche de los pequeños rumiantes tiene propiedades que la diferencian de la leche de vaca, principal leche comercializada y consumida en el mundo. La leche de cabra, por ejemplo, difiere de la de la vaca por su mejor digestibilidad (presencia de glóbulos grasos pequeños), alcalinidad y capacidad buffer siendo además la composición de ácidos grasos diferente entre ambas especies. La presencia de ácidos grasos esenciales de cadena corta, media y larga (ácidos caproico (C6: 0), caprílico (C8: 0) y cáprico (C10: 0) como así también cantidades de ácidos poli y mono insaturados es uno de los elementos que la hace valiosa nutricionalmente. Es también una leche que aporta gran variedad de vitaminas y minerales (Park et al., 2007). Esta leche tiene un sabor más fuerte que la leche ovina por la liberación de ácidos grasos de cadena corta durante el ordeño desprendiendo un olor característico (Sanz Sampelayo et al., 2007). Por otro lado, la leche de oveja tiene mayor gravedad específica, viscosidad, índice de refracción, acidez titulable y menor punto de congelación que la leche de vaca (Tabla 2).

**Tabla 1.** Evolución del consumo promedio en litros/habitante/año (L/h/año) en los países de América del Sur

Países	Consumo (L/h/año)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Argentina	43.4	46.1	44.1	42.9	45.3	40.3
Brasil	59.9	60.9	47.7	43.1	48.6	48.2
Chile	22.7	23.7	24.0	27.9	27.7	27.1
Colombia	50.9	55.6	37.5	38.0	37.2	36.9
Uruguay	70.3	67.0	64.4	63.8	64.2	63.5

Canadian Dairy Information Centre (CDIC), 2017.

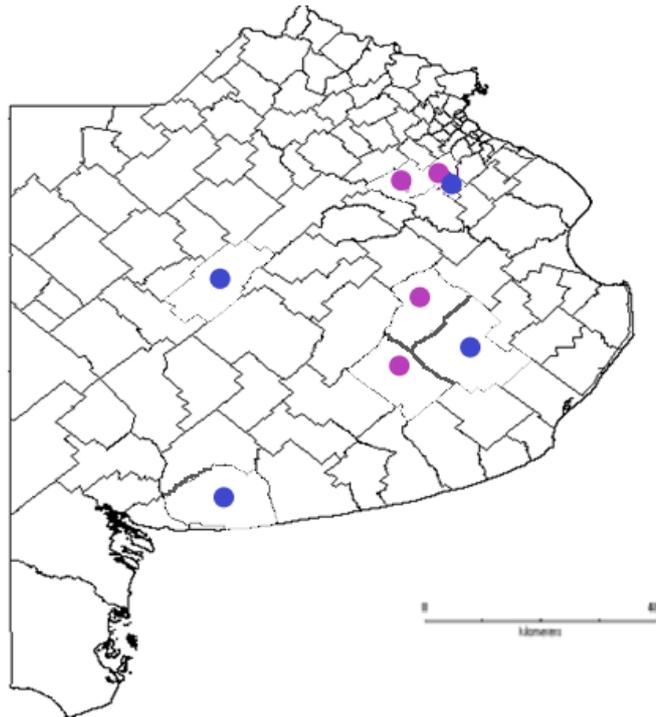
**Tabla 2.** Composición promedio de los elementos mayoritarios de la leche ovina, caprina y bovina. (Park, 2007)

Composición	Cabra	Oveja	Vaca
Grasa (%)	3.8	7.9	3.6
Sólidos no grasos (%)	8.9	12.0	9.0
Lactosa (%)	4.1	4.9	4.7
Proteína (%)	3.4	6.2	3.2
Caseína (%)	2.4	4.2	2.6
Albuminas y globulinas (%)	0.6	1.0	0.6
Nitrógeno no- proteico (%)	0.4	0.8	0.2
Cenizas (%)	0.8	0.9	0.7
Calorías/100 mL	70	105	69
Densidad	1.029–1.039	1.0347–1.0384	1.0231–1.0398

La composición de la leche depende de varios factores como la alimentación, el ambiente (estación del año), el manejo y factores fisiológicos (raza, individualidad, número de partos).

### **Tambos de pequeños rumiantes**

El tambo de pequeños rumiantes es una actividad reciente y con pocos antecedentes en el país. Con la finalidad de conocer las características productivas de los establecimientos dedicados a la actividad tambo en la provincia de Buenos Aires, se se llevó una encuesta relevando el 50% de los establecimientos de la región. Es importante destacar que el número aproximado de tambos ovinos y caprinos es de 10 establecimientos de cada especie (Departamento de ley ovina y caprina de la provincia de Buenos Aires). Las localidades de influencia en el caso de ovinos fueron Uribelarrea, Bolívar, Ayacucho y Coronel Dorrego. En el caso de los caprinos, los establecimientos encuestados se encuentran en Uribelarrea, Lobos, Tandil, Suipacha y Villanueva (Figura 3).



**Figura 3.** Localidades donde se ubican los tambos ovinos y caprinos encuestados en la provincia de Buenos Aires. Los tambos caprinos se encuentran coloreados con violeta (■) y los ovinos con azul (■). Mapa confeccionado con DIVA GIS.

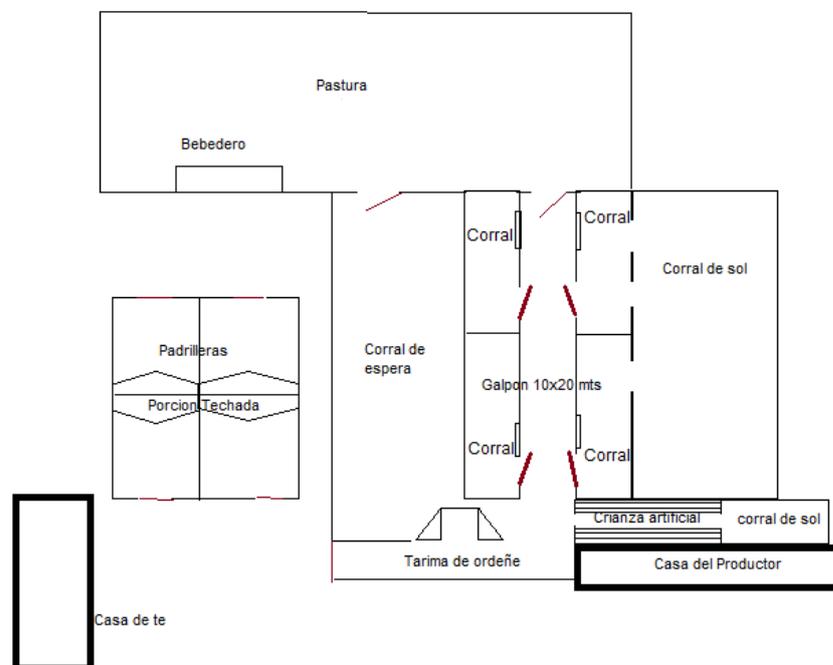
Los establecimientos ovinos encuestados realizan el ordeño una vez por día, con un número variable de ovejas en lactancia durante el año sin superar en ninguno de los tambos los 100 animales en lactancia. El destino principal de la leche es la elaboración de quesos y, en un único caso, además la producción de dulce de leche. Un solo establecimiento realiza crianza artificial y la forma de administración del sustituto es de forma colectiva (todos los animales al mismo tiempo). En el resto de los lugares, a los 15 días o al mes de vida de los corderos, comienzan a realizar la media leche. Este tipo de modalidad es muy común en los tambos ovinos; y consiste en el encierre de los corderos cierta parte del día, ordeñar a las ovejas y extraer la leche acumulada en la cisterna mamaria antes de juntarlas de nuevo con sus corderos. En relación al tratamiento a realizar ante una posible diarrea, todos los establecimientos utilizaron un antibiótico de amplio espectro junto con sales rehidratantes como primera instancia en el tratamiento de estas patologías. En general, los antibióticos que se utilizan en estas explotaciones de manera cotidiana ante cualquier enfermedad son las oxitetraciclinas, amoxicilina, cefalexina y penicilina- estreptomicina.

La producción lechera caprina tiene gran importancia en la región noroeste, donde existe la cuenca lechera de Río Dulce (Santiago del Estero). Esta cuenca aporta el 50% del total de la producción lechera del país. Otras provincias que se destacan en esta actividad son Catamarca, Salta, Córdoba, Mendoza y Buenos Aires. Sin embargo, en los últimos años, la producción lechera ha evolucionado notablemente en diferentes regiones como por ejemplo en los alrededores de la ciudad de Buenos Aires, cuyo producto es utilizado principalmente para la producción de quesos artesanales. La lechería caprina en la provincia de Buenos Aires se encuentra confinada en establecimientos de poca superficie y con distintos niveles de intensificación. Las existencias de animales en lactancia superan en algunos de los establecimientos a los 200 animales. Este número coincide con el grado de intensificación del tambo donde se incorporan herramientas tecnológicas como la crianza artificial y que permiten la obtención de mayor producción. La leche es destinada para la elaboración de quesos y dulce de leche y las cabras se ordeñan durante 8 a 10 meses. Es interesante destacar que la crianza artificial de cabritos, ya sea con una modalidad de alimentación colectiva o individual, se realiza en el 60 % de los establecimientos encuestados. Los cabritos permanecen en la etapa de cría hasta un promedio de 80 días, para luego ser deslechados cuando alcanzan pesos superiores a los 12 kilos. La alimentación láctea varía desde leche de cabra, sustituto lácteo de ternero y leche en polvo de vaca. En aquellos lugares donde realiza crianza artificial se ordeña 2 veces al día, obteniendo mayor cantidad de leche para la elaboración de subproductos. Para finalizar, las drogas utilizadas con mayor frecuencia en los tambos caprinos son las oxitetraciclinas, sulfamidas y tilosina.

Un establecimiento típico caprino, de una superficie de 6 hectáreas y un promedio de 80 cabras en producción, fue analizado en profundidad (Figura 4). En este tambo, los animales se alimentan de pasturas y se suplementan a base de concentrados (maíz- pellets de alfalfa- extrusado de soja) e hidroponía (en corrales). El ordeño de los animales se realiza dos veces al día lo que implica la utilización de la tarima, la maquina ordeñadora y los instrumentos de recolección de leche; y por ende, la limpieza de los mismos. Los residuos que se generan en esta parte del sistema (excretas, detergente, leche) terminan, por un sistema de cañerías, depositándose en el suelo sin tratamiento previo. Anualmente, en este tambo, se producen dos pariciones con lo que la utilización de las instalaciones de ordeño puede considerarse continua.

En esta actividad, las crías son separadas de sus madres, alojadas en corrales con pisos de madera (tarimas) y alimentadas con sustitutos lácteos hasta alcanzar la edad de destete. Esta categoría recibe de forma estratégica la administración, en el alimento, de antibióticos (sulfonamidas) como promotores del crecimiento. Una vez administrados, los fármacos son absorbidos y parcialmente metabolizados para ser excretados por orina y materia fecal, inalterados o como metabolitos (Tolls, 2001). Estos compuestos son añadidos para mejorar la eficiencia en la digestión (Boxall et al., 2002), la conversión alimenticia (2-5%) y el crecimiento animal (4-8%), reduciendo la mortalidad y morbilidad a causa de enfermedades clínicas y subclínicas (Butaye et al., 2003). La materia fecal, orina, agua, restos de leche y antibiótico se dirigen a una cámara de decantación de sólidos que luego, por un sistema de tubos perforados subterráneos, son distribuidos en un potrero adyacente.

De la evaluación realizada se identificaron dos tipos de efluentes con características bien definidas. Por un lado, los provenientes de la limpieza de las instalaciones del tambo y por el otro, los que derivan de la crianza y manejo de los animales (destacando el uso de antibióticos como promotores del crecimiento).



**Figura 4:** Esquema de un tambo caprino típico. Elaboración propia



**Figura 5:** Efluentes de la limpieza de un tambo hacia el ambiente. Fuente propia

Los tambos de pequeños rumiantes cuentan con diferentes niveles de especialización e intensificación buscando aumentar sus márgenes productivos. Como consecuencia de la intensificación, las excretas se depositan en un espacio reducido a diferencia de un sistema extensivo donde se distribuyen en una mayor superficie. Por esto, resulta necesario evaluar el riesgo potencial que trae aparejado este tipo de manejo. Los acuíferos inevitablemente son vulnerables a la contaminación y a la sobreexplotación causada por el aumento de las actividades. La presencia de nitratos en el agua es indicio de contaminación con materia orgánica o compuestos nitrogenados, ocasionada generalmente por un deficiente manejo de efluentes. Teniendo en cuenta que los acuíferos de la provincia de Buenos Aires son someros, es decir, se encuentran a poca profundidad, la contaminación de nitratos proveniente de la materia orgánica en este caso será mayor. Por otro lado, los efluentes pueden por escorrentía alcanzar los acuíferos superficiales produciendo eutrofización en estos cuerpos de agua (Fernández, Cirelli et al., 2010).

Por lo dicho anteriormente, es necesario implementar medidas tendientes a disminuir la contaminación asociada a la falta de tratamiento de los efluentes de los establecimientos de pequeños rumiantes. En relación a los efluentes que se pueden originar de la actividad tambo, se puede implementar, por ejemplo, un biodigestor que

reciba los efluentes con alto contenido de detergente y materia orgánica. En el caso de los residuos de antibiótico se deberán buscar alternativas de manejo que permitan obtener buenos resultados de crecimiento disminuyendo la dosis del mismo a través de buenas prácticas de manejo.

## **Bibliografía**

- Canadian Dairy Information Centre (CDIC). 2007. Agriculture and Agri-Food Canada, - Canadian Dairy Industry. URL <http://www.dairyinfo.gc.ca/>
- Boxall, A.B.A., Blackwell, P., Cavallo, R., Kay, P., Tolls, J., 2002. The sorption and transport of a sulphonamide antibiotic in soil systems. *Toxicol. Lett.* 131, 19–28. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(02\)00063-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(02)00063-2)
- Butaye, P., Devriese, L.A., Haesebrouck, F., 2003. Antimicrobial growth promoters used in animal feed: Effects of less well known antibiotics on gram-positive bacteria. *Clin. Microbiol. Rev.* 16, 175-188. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.2.175-188.2003>
- Fernández, Cirelli, A., Scenone, N., Pérez, Carrera, A., Volpedo, A., 2010. Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *Augmdomus* 1.
- Mueller, J., 2013. La Producción Ovina en la Argentina. *Inta* 20–22.
- Park, Y.W., 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68, 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.015>
- Park, Y W, Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W., 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68, 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>

- Sanz Sampelayo, M.R., Chilliard, Y., Schmidely, P., Boza, J., 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68, 42–63. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.017>
  
- Senasa, 2018. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria [WWW Document]. URL <http://www.senasa.gob.ar/cadena-animal/caprilinos/informacion/informes-y-estadisticas> (accessed 4.15.18).
  
- Tolls, J., 2001. Sorption of veterinary pharmaceuticals in soils: A review. *Environ. Sci. Technol.* 35, 3397-3406. <https://doi.org/10.1021/es0003021>



## **La producción Equina en Argentina y sus posibles implicancias ambientales**

Equine production in Argentina and its possible environmental implications

Mariana Vaccaro<sup>1,2\*</sup> y Alicia Fernández Cirelli<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>-Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias .Cátedra de Salud y Producción Equina Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup>- CONICET- Universidad de Buenos Aires. Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA) Buenos Aires, Argentina. Av. Chorroarín 280, C1427CWO, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. <sup>3</sup>- Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA). Buenos Aires, Argentina. \*mvaccaro@fvvet.uba.ar

### **Resumen**

En Argentina se crían 25 razas para producción equina, esta producción es fuente de empleo en zonas rurales y urbanas. Los equinos son utilizados principalmente para deportes, carreras, entretenimiento, consumo y usos medicinales. Se crían en haras de forma extensiva y semi-extensiva, principalmente en la región pampeana. En este trabajo se analiza los potenciales impactos ambientales que genera la producción equina, desde la obtención de insumos básicos como agua y alimento, hasta los distintos fármacos que se deben aplicar para desarrollar un plan sanitario adecuado, y los impactos que generan las excretas equinas.

**Palabras clave:** ambiente, producción equina, manejo.

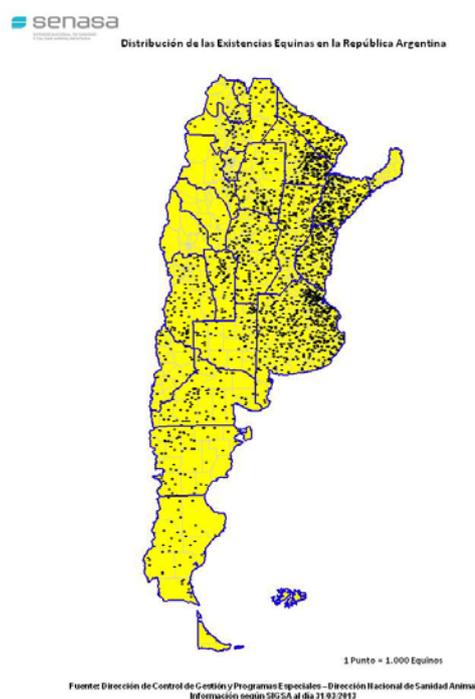
### **Abstract**

In Argentina 25 breeds are raised for equine production, this production is a source of employment in rural and urban areas. Equines are used mainly for sports, racing, entertainment, consumption and medicinal uses. They are farmed extensively and semi-extensively, mainly in the Pampas region. This paper analyzes the potential environmental impacts generated by equine production, from obtaining basic inputs such as water and food, to the different drugs that must be applied to develop an adequate health plan, and the impacts generated by equine excreta.

**Keywords:** environment, equine production, management.

## Introducción

La producción equina está ampliamente distribuida en nuestro país, con un total de 2.442.130 cabezas (SENASA 2014, Fig 1). Argentina es reconocida mundialmente como productor de equinos de excelencia, ubicándose entre los 10 países del mundo donde esta producción es importante.



**Figura 1.** Distribución de la existencia de producción equina en Argentina (Fuente: SENASA)

Las condiciones naturales referidas al clima, pasturas de calidad, y suelos, sumadas a una larga tradición de vínculo e identificación con el caballo, abonan esta condición, por lo que se crían en Argentina más de 25 razas equinas. Dichas razas son criadas con distintas finalidades y por año se registran más de 22.000 nacimientos de animales puros de raza en tres Registros Genealógicos reconocidos por el Estado Nacional (MINAGRI 2014).

La industria hípica es considerada fuente de producción de empleo en zonas rurales y urbanas. Los equinos son utilizados principalmente para deportes, carreras, entretenimiento, consumo y usos medicinales (gonadotrofinas, inmunosueros, sueros homólogos, sueros heterólogos que incluyen antiarácnicos, antiofídicos, antitoxina tetánica, botulínica y diftérica).

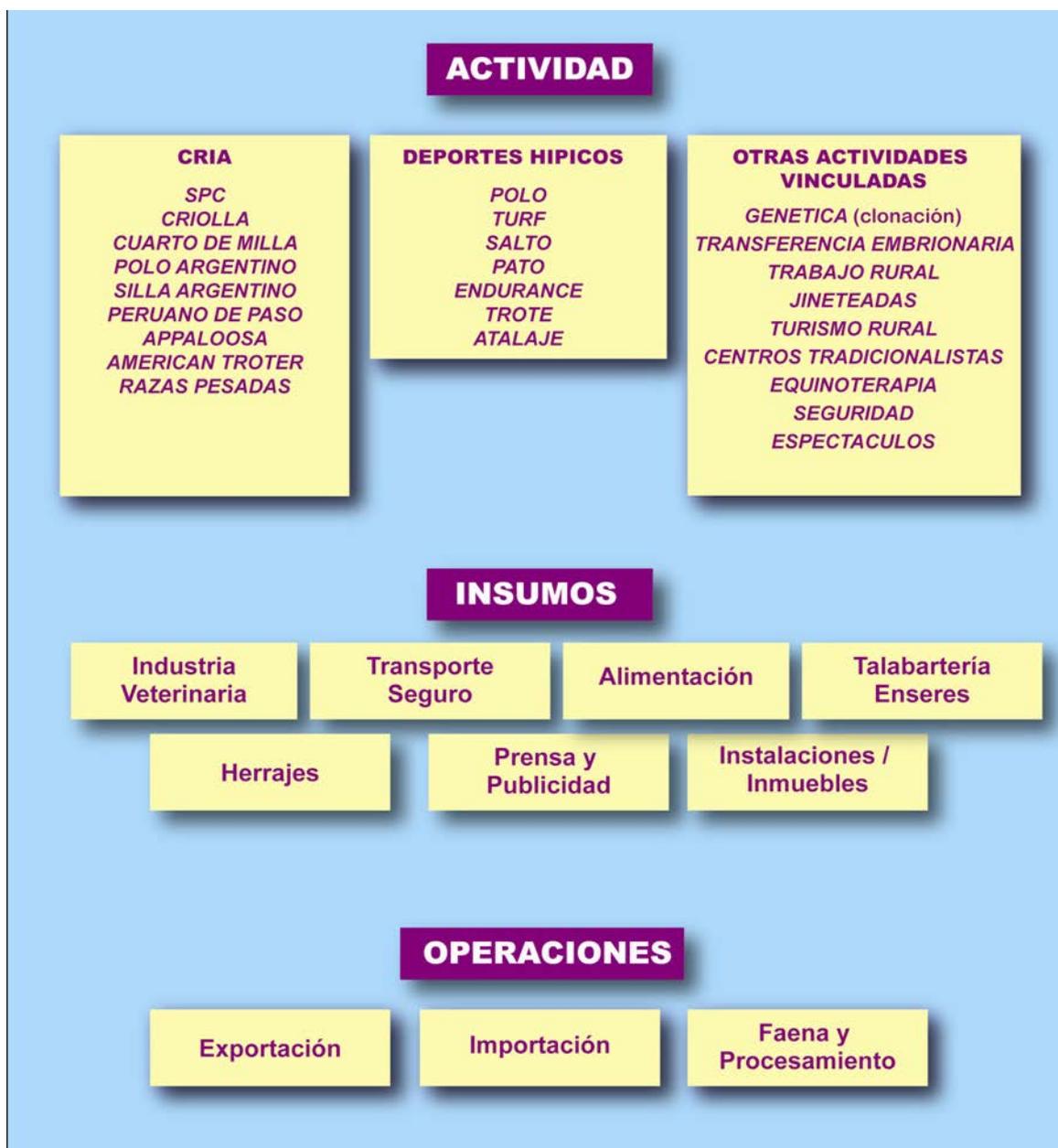
En términos cuantitativos, en embriones y clonación, Argentina está en tercer lugar después de Brasil y Estados Unidos con aproximadamente 14.000 preñeces por año producto de implante de embriones, de las cuales el 90 % corresponden a caballos de polo. Además existen 73 centros registrados de inseminación artificial y trasplante de embriones principalmente para caballos de salto, polo y en menor medida cuarto de milla, árabe y peruano de paso (MINAGRI 2014).

El valor de los caballos está determinado por su carga genética, su aptitud para el uso que se le desea dar que depende de la raza, el grado de adiestramiento, los logros obtenidos, el potencial de rendimiento y otros factores. Los caballos difieren genéticamente en sus aptitudes. Hoy en día, el origen de los productos que saldrán al mercado influirá notablemente en su valor. Esto hace referencia a la trayectoria de los padres, abuelos y hermanos, en el caso de padrillos o yeguas, a sus hijos. Las asociaciones de criadores llevan estadísticas de los logros de los animales y de sus líneas. Por tal motivo, se pueden encontrar potrillos que no han sido domados y tienen un valor comercial muy alto debido a la carga genética que presentan y a la probabilidad de éxito que esta representa.

La cría con fines comerciales en la Argentina se produce principalmente en haras de forma extensiva y semi-extensiva. La mayor cantidad de establecimientos se encuentra en la región pampeana, debido a las condiciones productivas favorables de esta zona y a la mayor cercanía de los centros hípicos en los cuales los Equinos se encuentran estabulados.

El movimiento ecuestre se realiza a nivel nacional; la provincia de Buenos Aires es la sede de los principales eventos, tanto exposiciones, como carreras o concursos hípicos. Las disciplinas hípicas se podrían diferenciar en carreras, equitación (prueba completa, salto, adiestramiento), polo, pato y otras actividades como pueden ser

jineteadas y pruebas de rienda, entre otras. Las principales razas en la Argentina son Pura Sangre de Carrera, Criolla, Polo Argentino, Silla Argentino, Silla Francés, Cuarto de Milla, Árabe y Percherón, entre otras.



**Figura 2.** Diagrama que resume las acciones vinculadas con la Producción Equina

Es muy importante considerar las diferencias del enfoque de la medicina del deporte en las distintas actividades hípcas, ya que los factores a los que está expuesto este animal (humano, deportivo, económico, ambiental) varían considerablemente.

Se debe tener en cuenta que cada deporte trabaja con distintos biotipos de caballos, aspectos biomecánicos propios de la actividad y variación en las edades que

condicionan diferencias en el enfoque terapéutico y por ende diferencias en el impacto sobre el ambiente.

En este trabajo se analiza los potenciales impactos ambientales que genera la producción equina.

### **La producción equina y el ambiente.**

La producción equina necesita como insumos básicos para desarrollarse agua y alimento. El agua constituye un elemento esencial para los seres vivos., el aporte de agua de bebida en cantidad adecuada y de buena calidad es fundamental para la salud animal y para lograr índices productivos adecuados.

En los caballos, el agua es particularmente importante ya que interviene en funciones primordiales y vitales, tales como el desarrollo de los tejidos, eliminación de productos metabólicos a través de la orina y la transpiración, producción de leche en las yeguas, colaborando también en el transporte de las sustancias alimenticias. El consumo de agua de bebida para caballos de 450 kilos de peso vivo depende de la actividad y de la temperatura a la que estén. Por ejemplo, caballos en descanso pueden consumir entre 17 a 34 Litros/animal/día, mientras que ejerciendo un trabajo medio consumen un promedio de 41 a 63 Litros/animal/día y con trabajo pesado de 54-63 Litros/animal/día. Las hembras en periodo de gestación consumen de 32 a 41 Litros/animal/día, aumentando esta cantidad en el periodo de lactancia (41 a 50 Litros/animal/día).

Los potrillos dependiendo de los días que tengan desde el nacimiento tienen más requerimientos de agua de bebida. Los animales de 30 a 44 días necesitan 3,9 Litros/animal/día, mientras que los potrillos más grandes de 60 a 74 días consumen 5,5 Litros/animal/día.

Los requerimientos de alimento para la producción equina se presentan en la tabla 1 y están asociadas a los diferentes sexos, así como estadios de desarrollo y actividades de los caballos. En cuanto a la alimentación, los hidratos de carbono son la fuente de energía más importante para los caballos, seguidos de los ácidos grasos. Los

requerimientos en proteínas son elevados en cantidad y calidad, ya que la proteína microbiana sintetizada en el aparato digestivo posee escaso o nulo valor nutritivo para los equinos, el aminoácido esencial y considerado limitante es la lisina.

Los suplementos alimenticios están principalmente compuestos por Ca, P, K, Na, Cl, Mg y S, siendo Ca, P, Co y Zn los elementos más importantes debido a su implicancia en el desarrollo del sistema osteoartromuscular. En las raciones de alimento cuyo contenido es inferior a 50 mg por kg de ración, se considera que hay que suplementar con Co, Cu, F, I, Fe, Mn, Se y Zn.

**Tabla 1.** Requerimientos de nutrientes.

<b>Estado Fisiológico</b>	<b>Peso Kg.</b>	<b>Ganancia peso/dia gr.</b>	<b>E. D Meal</b>	<b>Proteína gr.</b>	<b>Calcio gr.</b>	<b>Fosforo gr.</b>	<b>Consumo Kg.**</b>
Mantenimiento	500	0.0	16.4	630	23	14	7.5
Yeguas últimos 90 días de gestación.	-	550	18.4	750	34	23	7.4
Yeguas hasta 3 meses de lactancia.	-	0.0	28.3	1360	50	34	10
Yeguas 3-6 meses de lactancia.	-	0.0	24.3	1100	41	27	9.4
Potros 3 meses de edad.*	155	1200	13.7	750	33	20	4.2
Potros 6 meses de edad.	230	800	15.6	790	34	25	5.0
Potros 12 meses de edad.	325	550	16.8	760	31	22	6.0
Potros 18 meses de edad.	400	350	17.0	710	28	19	6.5
Caballos 24 meses de edad.	450	150	16.4	630	25	17	6.6

\*\*100% MS

\*Requerimiento además de lo aportado por la leche.

La producción equina también utiliza diferentes fármacos para desarrollar un plan sanitario adecuado, el cual incluye vacunas obligatorias y la aplicación de diferentes medicamentos.

Las vacunas obligatorias que pide el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) mediante la Resolución N°521 son: las vacunas contra los virus de la encefalomiелitis equina del este (EEE) y del oeste (EEO), y la vacuna contra influenza equina para el ingreso y permanencia de equinos en establecimientos de riesgo.

El plan sanitario consiste en para influenza equina, se vacuna a los potrillos a los 3 o 4 meses la primera dosis, luego repetir a las 2 o 6 semanas con un refuerzo anual. Para desparasitaciones, se realizan desparasitaciones sistemáticas con diferentes combinaciones de las siguientes drogas fenotiacinicos, piperacina, organofosforados, tetrahidropirimidinas, benzimidazoles, avermectinas, salicilsalisidas y niclosamida, cada cuatro meses.

### **Implicancias ambientales**

En promedio, un caballo produce entre 18 y 22 kg de excretas por día pero esto depende del tipo de dieta y del consumo de agua. Uno de los principales dilemas en relación a la conformación de las excretas y sus implicancias ambientales es la concentración de nutrientes en la dieta y la sobrealimentación.

La sobrealimentación en los equinos y la suplementación en exceso pueden ser una de las principales causas de contaminación ambiental. El fósforo y el nitrógeno, incluidos en la mayoría de los suplementos nutricionales para los equinos, devuelto al ambiente en el estiércol tiene el potencial de afectar negativamente generando eutrofización. Las prácticas de manejo deficientes del pastoreo y de las excretas traen como resultado un aumento del movimiento de sedimentos, nutrientes, fármacos y patógenos hacia las aguas superficiales cercanas, disminuyendo su calidad.

La Eutrofización es uno de los principales problemas que sufren algunos cuerpos de agua, las actividades agropecuarias contribuyen al mismo, a nivel mundial se está

estudiando el aporte de la producción equina a la misma. Este proceso es el enriquecimiento de las aguas con nutrientes (P y N) a un ritmo acelerado, se manifiesta por el crecimiento algal y de plantas acuáticas (macrófitas) y la disminución del oxígeno disuelto en el agua. Este hecho limita las condiciones para la vida en el cuerpo de agua, produciéndose la muerte en masa de algunos organismos como algas y animales (principalmente peces). Además el metabolismo anaeróbico produce, óxidos de azufre, sulfuro de hidrógeno e hidrocarburos que generan emisiones malolientes. El proceso de eutrofización puede ser influenciado por diversos factores como el clima, la morfología del cuerpo de agua, el área de drenaje, su geología y sus suelos, y la hidrología (Volpedo, 2007).

En Argentina la eutrofización se presenta en algunos lagos y embalses de Argentina así como en sistemas lóticos, y depende de las características ambientales regionales y de los usos de la tierra de la región. Los cuerpos de agua naturalmente eutróficos de Argentina son las “lagunas pampásicas” (Volpedo y Fernandez Cirelli, 2010). En este sentido la mayoría de los establecimientos equinos bonaerenses (figura 1) están próximos a cuerpos de agua, por lo que podrían contribuir al desarrollo de este proceso con el aporte de nutrientes de las excretas. Por eso es tan importante un manejo adecuado de las mismas.

La eutrofización deteriora los ecosistemas acuáticos limitando su uso, alterando su dinámica y disminuyendo la riqueza específica presente en los mismos, por lo que el manejo y gestión sustentable de estos cuerpos de agua, así como de las actividades que se desarrollen en sus proximidades, es la base para la conservación de estos ambientes y sus recursos.

Los fármacos veterinarios también afectan los cuerpos de agua, sin embargo en el caso de los fármacos utilizados para equinos no hay estudios sobre aspectos ambientales de estos compuestos.

En general a nivel mundial y en nuestro país en particular, hay escasas investigaciones en relación al impacto ambiental de la producción de equinos (Topliff y Potter, 2002, Bott et al., 2013, Vaccaro et al., 2017). Es por ello que evaluar la calidad

del agua de bebida y caracterizar el manejo de efluentes de la producción equina permitiría minimizar los efectos ambientales.

## **Conclusión**

Existe muy poca información con base científica disponible sobre los impactos ambientales de la producción equina. Los desafíos de la producción equina imponen la integración de las instituciones estatales, universidades y los diferentes actores del mundo ecuestre a fin de presentar al sector como un bloque, tanto en el ámbito local como internacional, y posicionar a la industria hípica como parte del aparato productivo de la República Argentina. Las investigaciones vinculadas con algunos de los factores que intervienen en el desarrollo de esta producción favorecerán sin lugar a dudas dicho posicionamiento.

La inclusión del ambiente en la planificación de un sistema de producción eficiente, y el reconocimiento de los efectos que se producen sobre el mismo permitirá lograr una producción sustentable adecuada a las características socio-económicas de la República Argentina

## **Bibliografía**

- American Horse Council. National economic Impact of the U.S horse industry. <http://www.horsecouncil.org/nationaleconomicsphp>. 29 July 2011
- Angel RC, Powers WJ, Hainze MTM, Muntifer RB, Wood CW, McCall CA, Wood BH. Fecal phosphorus excretion from horses fed typical diets with and without added phytase. *Anim Feed Sci Technol* 2003;117: 265
- Applegate TJ, Tamim NTM, Christman MC. Influence of phytase on water-soluble phosphorus in poultry and swine manure. *J Environ Qual* 2005; 34:563-71.

- APHA, AWWA, WPCF (1993). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17<sup>a</sup> Edic. Díaz de Santos S.A.
- Barla, M..J., 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.
- Beever, E et al. Examining Ecological Consequences of Feral Horse grazing using exclosures. *Western North American Naturalist* 60(3), © 2000, pp. 236–254
- Bott, R ; Greene, E ; Koch, K . Production and Environmental Implications of Equine Grazing. *Journal of Equine Veterinary Science* 33 (2013) 1031-1043
- Catorci, A Gatti , R Effect of sheep and horse grazing on species and functional composition of sub-Mediterranean grasslands *Applied Vegetation Science* 15 (2012) 459–469
- Crane, K.K., M.A. Smith, and D. Reynolds. Habitat selection patterns of feral horses in southcentral Wyoming. *Journal of Range Management* 50:374–380. 1997
- De Stoppelaire, G et al. Use of Remote Sensing Techniques to Determine the Effects of Grazing on Vegetation Cover and Dune Elevation at Assateague Island National Seashore: Impact of Horses *Environmental Management* Vol. 34, No. 5, pp. 642–649 <sup>a</sup> 2004 Springer Science+Business Media, Inc
- Knowlton KF, Herbein JH. Phosphorus partitioning during early lactation in dairy cows fed diets varying in phosphorus content. *J Dairy Sci* 2002;85:1227-36.

- Parvage, M ;Ulén, B. Are horse paddocks threatening water quality through excess loading of nutrients?. *Journal of environmental Management* 147 (2015) 306-313
- Powers WJ, Fritz ER, Fehr W, Angel R. Total and water-soluble phosphorus excretion from swine fed low-phytate soybeans. *J AnimSci*2006;84:1907-15.
- Prokopy LS, Perry-Hill R, Reimer AP. Equine farm operators: an underserved target audience for conservation practice outreach? *J Equine Vet Sci* 2011;31:447-55.
- Swinker AM, Johnson DE. Equine industries manure disposal practices, variations and magnitude. *Prof AnimSci* 1995;11:210-3. [16] Westendorf ML, Joshua T, Komar SJ, Williams C, Govindasamy R. Effectiveness of cooperative extension manure management programs. *J Equine Vet Sci* 2010;30:322-5
- Topliff DR, Potter GD, 2002. Comparison of dry matter, nitrogen, and phosphorus excretion from feedlot steers and horses in race/ performance training. Written testimony presented to the United States Environmental Protection Agency; 2002. Washington, DC.
- Vaccaro, M., García Liñeiro, A.; Fernandez Cirelli, A. 2017. Management of Equine production and its environmental impact: the case of settlements in Buenos Aires (Argentina). *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*; 5:17-24
- Volpedo, A.V. 2007. El proceso de eutrofización en aguas superficiales. 77-82. En: “El agua como fuente de vida y desarrollo” Marcelo Míguez, Alicia Fernández Cirelli, Mariana Vaccaro y Cecile du Mortier Eds. Facultad de Ciencias Veterinarias. 119 pp

- Westendorf, M et al. P Dietary and Manure Management Practices on Equine Farms in Two New Jersey Watersheds Journal of Equine Veterinary Science 33 (2013) 601-606
  
- Westendorf , ML, Joshua T, Komar SJ, Williams C, Govindasamy R. Manure management practices on New Jersey equine farms. Prof AnimSci 2010;26: 123-9.

## **Revisión de los estudios sobre el sábalo y el ambiente en la Cuenca del Plata en el periodo 1984-2017.**

Review of studies on sábalo and the environment in the Cuenca del Plata for the period of 1984-2017.

Sabina Llamazares Vegh<sup>1\*</sup> y Alejandra Volpedo<sup>1y2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA-UBA-CONICET). Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280, C.A.B.A (1427), Argentina. <sup>2</sup>Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280, C.A.B.A (1427), Argentina. \*sabinallamazares@gmail.com

### **Resumen.**

El sábalo, *Prochilodus lineatus*, es el recurso pesquero más explotado en la baja Cuenca del Plata. La pesquería de este recurso tiene gran impacto social por su aporte a la seguridad alimentaria y a las economías familiares regionales y una importancia significativa en términos económicos, debido al volumen exportable y al desarrollo turístico. En el presente trabajose describen aspectos relevantes de la ecología de la especie. A su vez, se revisan los estudios en la Cuenca del Plata de los distintos aspectos asociados al sábalo en el periodo 1984-2017, con foco en los trabajos que estudian el efecto de contaminantes antrópicos, tales como metales, aguas residuales, herbicidas, pesticidas y elementos traza en esta especie. Finalmente, se discuten los vacios de información para el manejo y conservación de la especie.

**Palabras clave:** curimbata, ecotoxicología, calidad de agua, peces de aguas continentales.

### **Abstract**

The sábalo, *Prochilodus lineatus*, is the most fishingexploited resource in the lower Cuenca del Plata. The fishery of this resource has great social impact for its contribution to food security and regional family economies and a significant economic importance due to the exportable volume and tourism development. The present work describes

relevant aspects of the ecology of the species. At the same time, we reviewed the studies of sábalo in the Plata Basin between the period 1984-2017, with focus on the publications that study the effect of anthropic pollutants such as metals, wastewater, herbicides, pesticides and trace elements in this species. Finally, we discuss the information gaps for the management and conservation of the species.

**Keywords:** curimbata, ecotoxicology, water quality, freshwater fish.

## Introducción

La Cuenca del Plata, abarca territorios de Argentina, Brasil, Bolivia, Uruguay y Paraguay, con una extensión de 3.200.000 km<sup>2</sup> y una población de casi 130 millones de personas. En cuanto a su dimensión, es la quinta cuenca más grande del mundo y la segunda de América del Sur. La Cuenca del Plata está formada principalmente por los ríos Paraná, Paraguay, Uruguay y Río de la Plata, siendo una de las actividades más importantes la pesca (Cappato y Yanosky, 2009). Hasta la década del 90, la pesquería de esta cuenca en Argentina, era considerada ligera a moderadamente explotada (Quirós y Cuch, 1989; Espinach Ros y Fuentes, 2001).

Sin embargo, a partir del año 2000 se observó un importante aumento en la explotación de los recursos pesqueros particularmente el sábalo (*Prochilodus lineatus*) y otros peces de interés comercial como el surubí (*Pseudoplatystoma* spp.), la boga (*Leporinus obtusidens*) y el dorado (*Salminus brasiliensis*) (Espinach Ros y Sánchez 2007; Iwaszkiw y Lacoste 2011; Baigún *et al* 2013). Estas especies comerciales tienen la particularidad de ser especies migratorias lo que trae aparejado dificultades en el manejo de sus poblaciones. Esta dificultad reside en parte en el hecho de que estas especies constituyen recursos transfronterizos, ya que poseen amplias distribuciones y realizan extensos desplazamientos que abarcan diferentes jurisdicciones tanto nacionales como internacionales. Si bien, los ríos son ecosistemas continuos con organización longitudinal, se caracterizan por una heterogeneidad espacio-temporal y se encuentran influenciados por un gran número de factores (Townsend, 1996).

Las heterogéneas variaciones espaciales y temporales de estos cuerpos de agua tienen influencia directa sobre la dinámica de los nutrientes, la vegetación circundante y

las características antropogénicas (Santos y Rocha, 1998). En particular, el aumento del impacto humano en la baja Cuenca del Plata está determinado por el crecimiento de la población ya que en esta región se encuentran las ciudades mas grandes de Argentina y por ende el aporte de efluentes y la construcción de infraestructura (modificaciones en el cauce del río, canalizaciones y cambios de drenaje) y otras construcciones asociadas (sistemas viales). Estos impactos alteran la dinámica, la biodiversidad del río y sus ecosistemas asociados (llanuras inundables, humedales) (Van Dijk *et al*, 1996).

Las contribuciones de nutrientes y xenobióticos por las actividades antropogénicas desarrolladas en las cercanías del río han deteriorado la calidad del agua (Moscuza *et al*, 2007). En el caso de los peces, existe una estrecha relación con el ambiente y la calidad de agua, ya que su ciclo de vida ocurre, y depende, completamente de los ambientes acuáticos. En este sentido este trabajo revisa los estudios de la Cuenca del Plata de los distintos aspectos ambientales y biológicos asociados al sábalo del periodo 1984-2017, particularmente la relación de la especie con la calidad del agua y se discuten los vacíos de información.

## **Materiales y métodos**

Se revisa la bibliografía del periodo 1984-2017 a través de la base de publicaciones Mendeley<sup>®</sup>, utilizando como filtro de búsqueda “*Prochilodus linetaus*”. A partir de las citas obtenidas se agruparon las publicaciones por: Año de publicación, País de Origen del primer autor, Ambiente y Estudio. Las categorías para “Estudio” fueron: Reproducción, Ecología, Genética, Parasitología, Nutrición, Pesquería, Crecimiento, Morfología, Fisiología, Acuicultura y Ecotoxicología.

A su vez, para la bibliografía obtenida en el campo “Ecotoxicología” se registró: el tóxico estudiado (elemento traza, metal, pesticida, etc.), origen de muestras (en campo o en laboratorio) y clase de muestra (sangre, hígado, branquia, riñón, cerebro, músculo, etc.). En los casos que fueron posibles, se especificó la talla de los ejemplares (Largo total y/o Largo Estándar en cm), el peso (en g.) y otros parámetros destacables de la publicación (concentración de exposición; CL50, concentración letal 50; etc.). Con los resultados se identificaron los artículos sobre estudios ecotoxicológicos realizados en el

ambiente con el fin de determinar vacíos de información y proponer nuevas líneas de trabajo.

### **Breve reseña pesquera del sábalo en la Argentina**

Las pesquerías continentales de la Argentina tienen gran impacto social por su aporte a la seguridad alimentaria y a las economías familiares regionales y una importancia significativa en términos económicos, debido al volumen exportable y al desarrollo turístico (Fig.1 y Fig.2). La actividad local predominante es la pesca artesanal, ya sea de subsistencia o como actividad comercial, con más de 8.500 pescadores que forman parte del patrimonio cultural de la región. A lo largo de la Cuenca existe una gran diversidad de ambientes por lo cual se utilizan una amplia variedad de artes de pesca, tales como: redes de espera, redes de deriva, cerco, tijera, entre otras.

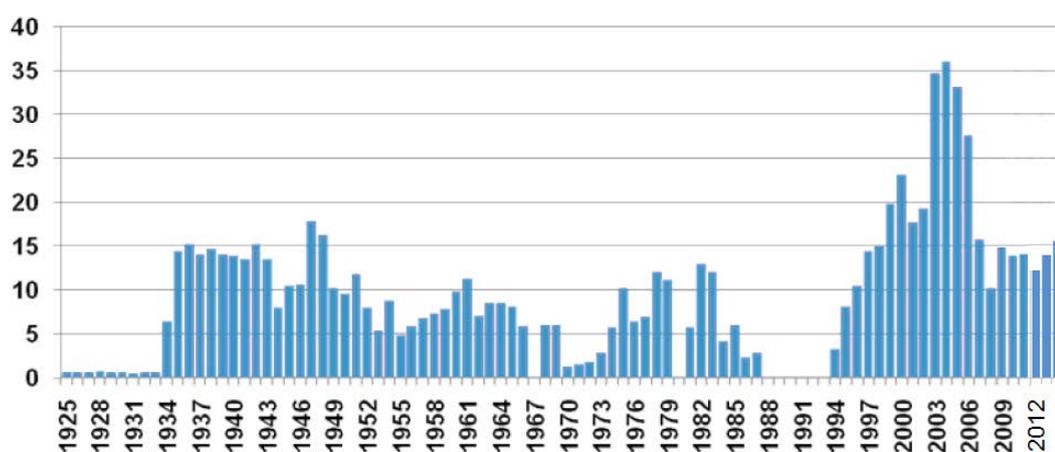
Históricamente, las capturas a gran escala de sábalo comenzaron en la década de 1930, con el desarrollo de plantas para la elaboración de aceite de pescado y “guano” (fertilizante) con la fracción sólida, que posteriormente se utilizó para la fabricación de harina de pescado para alimentos balanceados (Espinach Ros y Sánchez, 2007). Entre 1982 y 1984 se realizaron exportaciones de sábalo eviscerado congelado, para consumo, a países sudamericanos y africanos, con un máximo de 10.738 toneladas en 1982.

A mediados de la década de 1990, se impulsó un rápido incremento de las capturas a niveles sin precedentes a raíz de una fuerte reactivación de la actividad exportadora (Gobierno de Santa Fe, 2007). Entre 1994 y 2004 las exportaciones registradas pasaron de 2.785 toneladas a 32.000 toneladas de sábalo eviscerado (correspondientes a aproximadamente 3.133 y 36.000 toneladas de pescado entero), situando a esta especie en un lugar destacado en las exportaciones argentinas (Gobierno de Santa Fe, 2007). Este incremento estuvo acompañado por una reducción en el tamaño medio de los peces capturados, debido al aumento del esfuerzo de pesca y a la progresiva disminución del tamaño de malla de las redes utilizadas (Gobierno de Santa Fe, 2007).

En 2005, surge el proyecto “Evaluación biológica y pesquera de especies de interés deportivo y comercial en el Río Paraná, Argentina”, como respuesta a la necesidad de los integrantes de la comisión de pesca continental y acuicultura (CPCyA) de obtener conocimiento acerca de los recursos pesqueros de la cuenca y, de este modo, contar con fundamentos científico-técnicos para la toma de decisiones e implementación de políticas de manejo (Lozano *et al*, 2014).

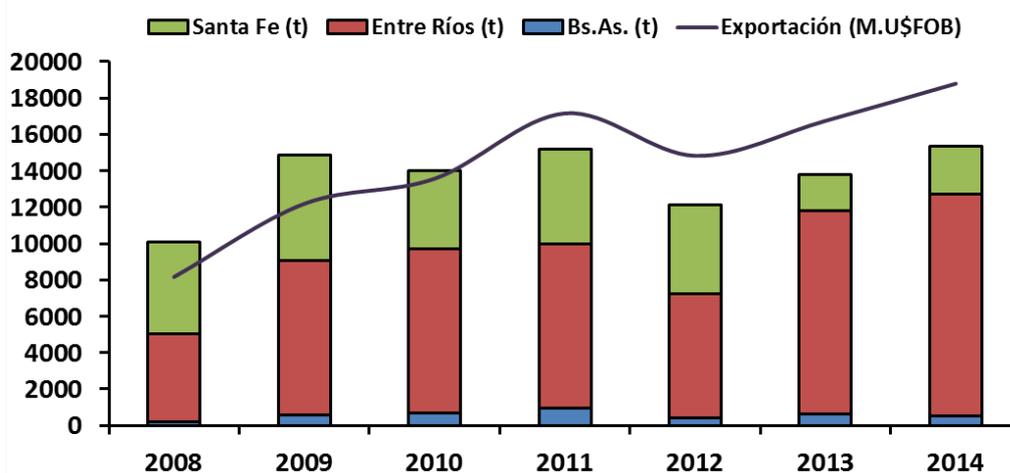
La información y datos registrados en las campañas son de uso común en los estudios de biología pesquera y permiten estimar distintas variables de interés tales como: abundancia, estructuras de tallas de las poblaciones presentes, presencia de cohortes e importancia relativa de las localidades en el esfuerzo reproductivo. (Lozano *et al*, 2014). Esta evaluación del recurso pesquero ha generado abundante información sobre la especie en cuanto a la distribución y estructura poblacional (tamaño, edades y sexos), crecimiento individual, ciclo reproductivo, fecundación y mortalidad, entre otros, la que se utilizó para elaborar medidas de manejo del recurso (DPC, 2017).

Desde el año 2007 la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación regula la exportación de pescado de río, estableciendo cupos anuales por especie de acuerdo a los criterios definidos y consensuados en la CPCyA-CFA. El mayor volumen de sábalo capturado en la cuenca tiene como destino la exportación, principalmente a Bolivia, Brasil, Colombia y Nigeria ([http://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/pesca\\_continental/estadisticas](http://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/pesca_continental/estadisticas)).



**Figura 1.** Capturas de sábalo en miles de toneladas entre 1925 y 2014, no se dispone de información entre 1988 y 1993; los datos a partir de 1994 corresponden solamente a las

capturas para exportación. (Fuentes: ex Dirección Nacional de Pesca Continental, SENASA y Administración Nacional de Aduanas).



**Figura 2.** Exportación de sábalo en toneladas entre 2008 y 2014 por provincia de origen y el valor de las exportaciones (línea violeta). Ref.: (t) toneladas, (M) millones, FOB: free on board (Elaboración propia en base a los informes de la Dirección Nacional de Pesca Continental y datos de ADUANA).

### Ecología general de la especie

*P. lineatus* (Valenciennes 1837, Characiformes: Prochilodontidae) es una de las especies de agua dulce comerciales más importantes de América del Sur (Fig.3). Esta especie, distribuida en la Cuenca del Plata, es explotada por Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay (Espinach Ros y Fuentes, 2000) (Fig.4). Siendo la especie predominante en las capturas de la baja Cuenca del Plata, y en especial en la cuenca del Río Paraná (Paraná medio-Paraná inferior). Esta especie es llamada “sábalo” en el sur de Sudamérica y “curimbatá” en Brasil. Estos peces son iliófagos, es decir que se alimentan de detritus, algas y microorganismos asociados (Bowen, 1983; Bowen y Bonetto, 1984). Constituyen la base de la cadena trófica ya que son depredados por diferentes especies, principalmente peces y aves ictiófagas (Winemiller, 1996; Duque *et al*, 1998).

El sábalo presenta adaptaciones especiales para la vida en el valle aluvial, ya que tiene una fuerte dependencia de ese tipo de ambientes como área de alimentación y de cría, y está expuesto frecuentemente a condiciones extremas de temperatura,

disponibilidad de oxígeno disuelto, hacinamiento (con incremento de depredación y propagación de enfermedades) y desecación completa de los cuerpos de agua.

Su ciclo de vida es complejo, ya que involucra desplazamientos ascendentes y la deriva de huevos y larvas en sentido descendente (Fuentes *et al*, 2015). Los datos de recaptura de sábalos marcados en el sector meridional de la cuenca, sugieren que el ciclo migratorio en la región involucra movimientos ascendentes en marzo desde el Río de la Plata y el río Uruguay, hacia el Paraná inferior y medio, y desplazamientos descendentes durante la primavera hasta el Paraná inferior, Río de la Plata y río Uruguay inferior, que constituirían su área trófica (Sverlij *et al*, 1993).

La realización de migraciones río arriba y el desove en aguas abiertas, acoplado a las crecientes, como mecanismo de dispersión de huevos y larvas en las áreas de cría del valle aluvial representa una estrategia reproductiva exitosa que, entre otros factores, explica su gran abundancia (Sverlij *et al*, 1993; Ros y Sánchez, 2007). En este sentido, los resultados obtenidos por Fuentes (1998), en el río Paraná medio, muestran que el sábalo presenta pulsos de desove principales entre noviembre y enero, los cuales se extienden de 15 a 25 días. Los meses de pulsos concuerdan con los de mayor actividad reproductiva de sábalo (noviembre, diciembre y parte de enero) estudiada por Oldani (1990) y Telichevsky *et al* (1987).

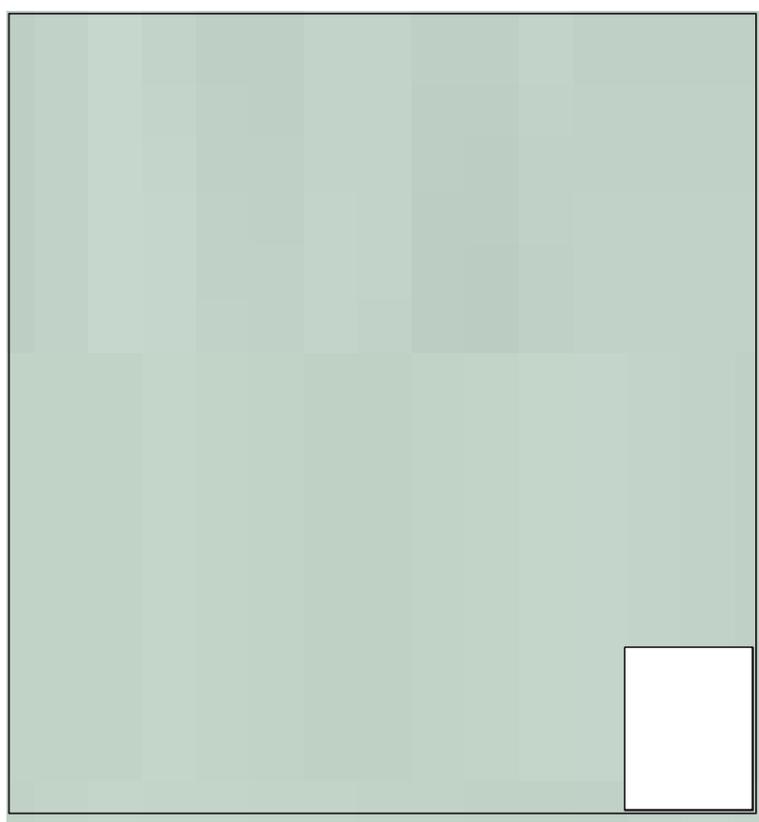
En algunas ocasiones, los pulsos y las pausas se correspondieron con las oscilaciones de la altura del río (Fuentes, 1998). Estas observaciones concuerdan con varios autores que sostienen que los ascensos del nivel hidrométrico inducirían la reproducción de las principales especies migratorias (Tablado y Oldani, 1984; Tablado *et al*, 1988; Oldani, 1990 y Oldani *et al*, 1992). A su vez, la temperatura del agua y el fotoperíodo han sido considerados como factores predictivos, mientras que se atribuyó a los niveles hidrométricos un rol sincronizador final de la reproducción de peces en el alto Paraná (Vazzoler *et al*, 1997).

Debido a la complejidad que presenta el ciclo de vida de las especies migratorias, éstas suelen ser las especies más afectadas por los cambios generados por la acción antrópica en los ecosistemas fluviales (Fuentes, 1998). A esto se suma el hecho de que, el sábalo soporta la mayor presión de pesca comercial de agua dulce en la Argentina. Los impactos más negativos sobre las poblaciones de peces migratorios en un río, operan

particularmente sobre el proceso de multiplicación. En especial las obstrucciones de los brazos troncales de los ríos, son particularmente negativas (Snyder, 1983), tanto por la obstrucción de los desplazamientos ascendentes como por la interrupción del proceso de deriva (Fuentes, 2008). Por otra parte, deben considerarse los usos múltiples del recurso hídrico, tal como la canalización que podría afectar especialmente a los estadios tempranos en el transcurso de la deriva desde las zonas de desove hasta las de cría (Bucher *et al.*, 1993). Como también el vertido de desechos de origen industrial y agrícola sobre áreas cruciales para el desarrollo y crecimiento de los estadios tempranos.



**Figura 3.** Aspectos general del sábalo, *Prochilodus lineatus*, adulto. Escala 2 cm tomado de Fishbase (2017).



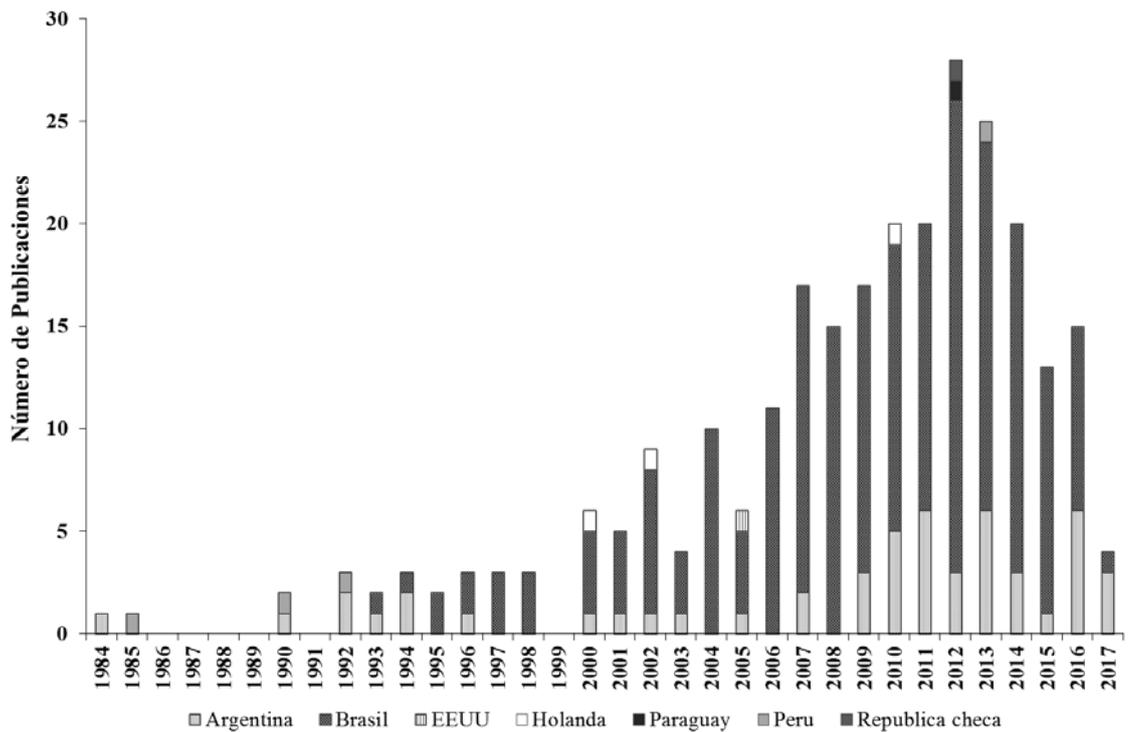
**Figura 4.** Mapa de La Cuenca del Plata. Tomado de CIC (2017).

## **El sábalo: tenendencia de los estudios**

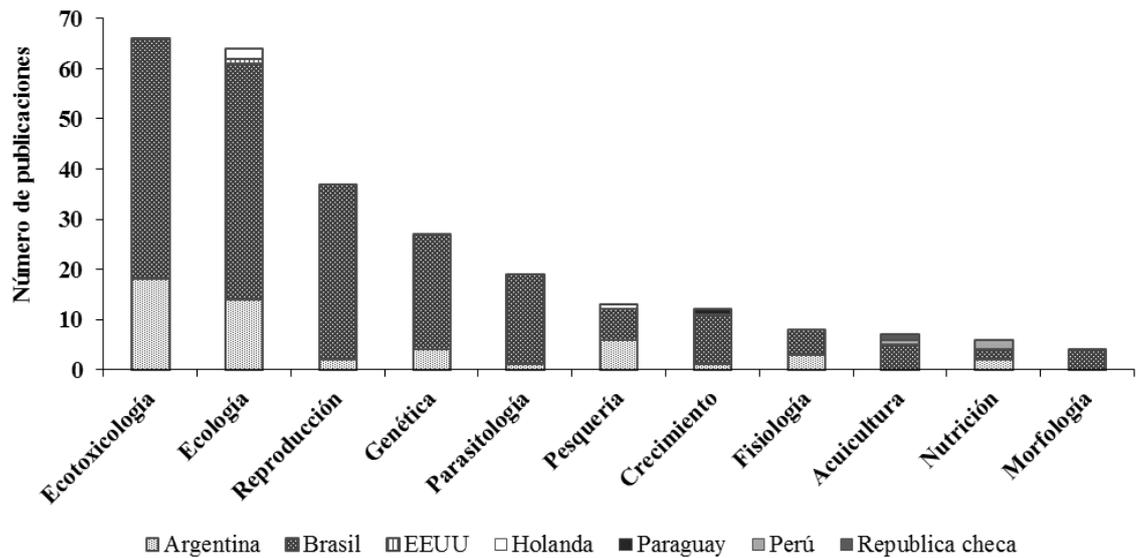
La búsqueda bibliográfica en Mendeley© evidencia la existencia de 263 artículos publicados entre los años 1984-2017, con un constante aumento de publicación a partir del año 2000, lo cual coincide con el aumento de la pesquería (ver sección *Breve reseña pesquera del sábalo en la Argentina*). Se identificaron 7 países de origen del primer autor de los artículos: Brasil (203), Argentina (51), Perú (3), Holanda (3), EEUU (1), Paraguay (1) y Republica Checa (1) (Fig. 5). Los cuerpos de agua de la Cuenca del Plata más estudiados se correspondieron con ambientes lóticos: río Paraná medio y alto, río Uruguay, río Pilcomayo y río Paraguay (Tabla 1).

Las publicaciones sobre la especie en Brasil tienen predominancia en las categorías de ecotoxicología, ecología y reproducción (Fig. 6). En el caso de Argentina, no se registraron publicaciones en el área de acuicultura y morfología. Sin embargo, el patrón de publicaciones por categoría de estudio fue similar al de Brasil, pero con menor número de publicaciones totales y mayor cantidad de trabajos en crecimiento y genética. Los trabajos de ecotoxicología recopilados correspondieron sólo a Brasil y Argentina, con un total de 66 publicaciones entre los años 1990 y 2017 (Tabla 2).

El 75% de los estudios se hicieron en condiciones de laboratorio y el 23% de los trabajos obtuvieron las muestras a campo, de este porcentaje 4 trabajos se realizaron utilizando jaulas en el ambiente de estudio (Camargo y Martinez, 2006; Camargo y Martinez 2007, Cazenave *et al*, 2014 y Vieira *et al*, 2016). El 2% restante corresponde a un trabajo de revisión bibliográfica en la llanura Chaco-Pampeana. Entre los tóxicos analizados se destacan: aguas residuales, herbicidas, pesticidas, combustible y elementos traza. Únicamente en 4 trabajos no se detalla el tamaño de los ejemplares utilizados (talla y/o peso). De los 62 trabajos que contaban con esta información, sólo 9 trabajos fueron realizados con ejemplares adultos (o pre-adultos).



**Figura 5.** Número de publicaciones por año y por lugar de origen del primer autor a partir de la búsqueda “*Prochilodus lineatus*” en Mendeley.



**Figura 6.** Número de publicaciones por temática (categoría de estudio) a partir de la búsqueda “*Prochilodus lineatus*” en Mendeley.

**Tabla 2.** Lista de trabajos científicos Ecotoxicológicos a partir de la búsqueda “*Prochilodus lineatus*” en Mendeley. Ref: (#), Publicación citada en la Tabla 1; (LS), Largo estándar; (Lt), Largo total, (?), sin referencia.

Lugar	Exposición	Concentración	Medición	Talla(cm)	Peso(g)	CL50	Muestra
	Endosulfan	(2.2-5.5) $\mu\text{g L}^{-1}$		LS:13.5 $\pm$ 0.2	59.9 $\pm$ 2.8	3.7 $\mu\text{g L}^{-1}$	sangre, hígado, branquias, intestino y cerebro
río Salado-Argentina	Aguas residuales		Marcadores fisiológicos y hematológicos	Lt:41.5-43.36	1118.8-1253.1		sangre, hígado, branquias y riñón
río Paraná medio (jaulas in situ)	Aguas residuales			Lt:11-16.5	33.17-40.60		sangre, hígado, branquias, riñón, intestino, cerebro y musculo
río de La Plata			Elementos traza: Zn,Cu,Mn, Cr,Ni. PCBs, dioxinas,furanos, hidrocarburos alifáticos y pesticidas y plaguicidas clorados	Ls:43 $\pm$ 1.9	2400 $\pm$ 600		musculo
río de La Plata			PCBs		<1000-4500		musculo
río Paraná medio			PCBs, POCLs, CBzs, Toxafenos y PBDEs		<1000-4500		musculo
	Benzocaina				5.5-26.6		
río de La Plata			Elementos traza: Cd, Cu, Pb y Zn	Lt:37.3-51.3	1467-3050		hígado y branquias
	Cipermetrina	0.075; 0.150 y 0.300 $\mu\text{g L}^{-1}$	Mortalidad, movilidad y comportamiento. Actividad enzimática y proteínas totales	?:11.33 $\pm$ 1.95	41.7 $\pm$ 21.7		hígado
0	Cipermetrina	0.3 y 0.6 $\mu\text{g L}^{-1}$	Parámetros hematológicos	Lt:13-22			sangre
1	laguna Chascomús-Argentina		Elementos traza: As, Cu, Co, Zn, Cr, Mn, Fe, Pb, Cd, Ni, Se, y Ag	Lt:22.5 $\pm$ 0.5Ls:19 $\pm$ 0.5			musculo, piel y escamas
2	Cipermetrina	0.300; 0.150 y 0.075 $\mu\text{g L}^{-1}$	Mortalidad, movilidad y comportamiento. Respuesta genotóxica (ensayo cometa)	?:11.33 $\pm$ 1.95	41.7 $\pm$ 21.7		sangre
3	Cuenca Paraná-Río de La Plata		Lípidos, proteínas y carbohidratos	Ls:38.9-45.0	1522-2745		hígado, estómago y músculo
4	río Salado-Argentina		Histopatología	Lt:42.75 $\pm$ 2.58	1207.29 $\pm$ 171.57		hígado y branquias
5	Paraná Medio-río de La Plata		Elementos traza: Cd, Cu, Zn, Pb y Cr	Lt:47-56; Ls:35-47	1139-3080		hígado y musculo
6	Llanura Chaco-Pampeana-Argentina		Elementos traza				músculo
7	sedimentos de la Cuenca Cambé		Parámetros fisiológicos y bioquímicos		19.40 $\pm$ 8.53		sangre y hígado
8	Alquilbence no sulfonato LAS(Sigma-Aldrich©)	0.36 y 3.6 $\text{mg L}^{-1}$	Alteraciones morfológicas (histología e histopatología)	?:7-10	$\approx$ 10		branquias, escamas
	Diflubenzuro	(0-0.5) $\text{mg L}^{-1}$		Lt:13.5 $\pm$ 0.2	21.8 $\pm$ 1.0		sangre, hígado

9		n (DFB)					y branquias
0		Aluminio	(196.0 ± 28.1) g L <sup>-1</sup> disuelto		Lt:12.23±1.23	20.07±6.08	sangre y branquias
1	Cambé-Brasil (jaulas in situ)	Aguas residuales		Marcadores químicos y fisiológicos		28.6±0.8	sangre, hígado y riñón
2	Londrina-Brasil (jaulas in situ)	Aguas residuales		Histopatología		28.6±0.8	branquias, hígado y riñón
3		Dimetoato	(1.160) µg L <sup>-1</sup>		Huevos Larvas (recién eclosionadas) Larvas (3 días de vida)	>16.0µgI 11.81µgI 10.44µgI	
4		Cobre	25% del 96 h-CL50; (4.5, 7.0 y 8.0) pH		Lt:10-15	15-25	98gL <sup>-1</sup> ; =4.5 29gL <sup>-1</sup> ; =7.0 16gL <sup>-1</sup> ; =8.0 hígado, branquias y musculo
5		Cobre	14-98 µg ; (4.5 y 8) pH; (20 y 30)°C		Lt:10-15	15-25	hígado
6		Roundup®	75% del LC 50 (10mg L <sup>-1</sup> of Roundup®)	Marcadores genotoxicos	?:9.7±1.81	9.6±5.4	480gL <sup>-1</sup> sangre y branquia
7		Cipermetrina (SHERPA®)	(0.075-0.300) µg L <sup>-1</sup>	Marcadores de daño oxidativo (TBARS) y defensa antioxidante: CAT y Glutación reducido (GSH)	?:11.33±1.95	41.7±21.7	hígado
8		Metil paration	5 ppm	Actividad de Colinesterasas (ChE)	?:18±5		sangre, hígado, cerebro, corazón y musculo
9		Aluminio	1 mg L <sup>-1</sup>	Respuesta genotoxica (Ensayo Cometa)		13.6±7.3	sangre, e branquia hígado
0		Microcystis aeruginosa	1 y 2 mg L <sup>-1</sup>	Alteraciones genéticas y bioquímica		16.42±0.78	sangre, y branquia, hígado musculo
1		Glifosato	7.5; 10; 15; 20 y 30 mg L <sup>-1</sup>	Parámetros fisiológicos y bioquímicos		16.32±8.35	7.5y10m sangre e hígado
2		Cilindrospermopsina	0.1; 1.0 y 10 µg L <sup>-1</sup>	Marcadores bioquímicos		500-800	hígado
3	río de La Plata			Actividad de ALA-D. Plomo	Lt:37.3-51.3	1467-3050	sangre e hígado
4		Metil paration		Actividad de Colinesterasas (ChE)		400-500	IC50:258 M musculo
5		Monocrotalos	1 mg L <sup>-1</sup>	Colinesterasa en plasma			sangre
6		Plomo	98, 146, 219, 328 y 493 mg L <sup>-1</sup>	Parámetros fisiológicos y morfológicos		7.90-15.25	95mgL <sup>-1</sup> sangre y branquia
7		Nitrito	30 mg NaNO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	Parámetros hematológicos		24.24±5.50	sangre
8	río Piracicaba-Brasil			Elementos traza: Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Sr, y Zn			musculo
9		Nanoparticulas (TiO <sub>2</sub> y ZnO)	TiO <sub>2</sub> : 0.1; 1 y 10 µg L <sup>-1</sup> ZnO: 7; 70 y 700 µg L <sup>-1</sup>	Mortalidad, respuesta bioquímica (histopatología) y stress oxidativo	Lt:13±0.85	23±54	higado, cerebro, branquia, musculo y ojos

0	Roundup Transorb® (RDT)	1 y 5 mg RDT L <sup>-1</sup>	Hematología, defensas antioxidantes y actividad acetilcolinesterasa (AChE)		9.97±2.5		sangre, hígado, cerebro y musculo
1	Plomo	5 mg L <sup>-1</sup>	Respuesta genotóxica (Ensayo Cometa)		7.47±2.13		sangre, hígado y branquias
2	Roundup Transorb® (RDT) Glifosato (GLY, Sigma-Aldrich)	1 y 5 mg RDT L <sup>-1</sup> 0.48 y 2.40 mg GLY L <sup>-1</sup>	Respuesta genotóxica (Ensayo Cometa)		7.9±2.1		sangre y branquias
3	Cobre Atrazina	cobre: 20 µg L <sup>-1</sup> atrazina: 10 µg L <sup>-1</sup>	Parámetros fisiológicos	Lt:11.1±1.6	15±5	29±3µgC <sub>-1</sub>	sangre, branquia y hígado
4	Tensioactivo - Polioxietileno amina (POEA)	0.15; 0.75 y 1.5 mg POEA L <sup>-1</sup>	Parámetros genotóxicos, fisiológicos y bioquímicos	Lt:12.28±0.11	12.48±0.32		sangre y hígado
5	Niquel	25, 250 y 2500 mg Ni L <sup>-1</sup>	Parámetros genotóxicos y bioquímicos	Lt:8.95±0.87	10.16±70.36		branquia, hígado, tiñón y musculo
6	Atrazina	2, 10 y 25 µg L <sup>-1</sup>	Balace iónico y Actividad enzimática	Lt:13.7±0.6	29.3±2.8		sangre y branquias
7	Atrazina	2, 10 y 25 µg L <sup>-1</sup>	Parámetros bioquímicos e histopatología	Lt:13.7±0.6	29.3±2.8		branquias
8	Detergentes biodegradables	1 ppm	Parámetros hematológicas				sangre
9	Clomazona (herbicida)	1, 5 y 10 mg L <sup>-1</sup>	Parámetros bioquímicos y hematológicos	Lt:7.82±0.59	4.15±1.78		sangre y hígado
0	Detergentes biodegradables	1 ppm	Lipofuscina				branquias y hígado
1	Diflubenzuron (DFB)	25 mg L <sup>-1</sup>	Parámetros bioquímicos y hematológicas	Lt:11.24±1.27	17.35±5.15		sangre, hígado y musculo
2	Cipermetrina (SHERPA®)	0.300; 0.150 y 0.075 µg L <sup>-1</sup>	Respuesta genotóxica (Ensayo Cometa)	?:10.97±1.48	39.8±11.8		branquias
3	Plomo	(0.7 <sup>-1</sup> .7) mg L <sup>-1</sup>	Parámetros hematológicos (inmunohistoquímica) y acumulación	?:8.8±0.8	7.6±2		sangre, branquias, hígado, riñón y musculo
4	Atrazina	2 y 10 µg L <sup>-1</sup>	Parámetros bioquímicos y respuesta genotóxica (ensayo cometa)	?:11.4±1.8	17.3±7.9		sangre, branquias, hígado, cerebro y musculo
5	Metilparation	(0.500) µM	Actividad acetilcolinesterasa (AChE)	?:23±3		IC50:12.5 M	cerebro
6	Cadmio	1 y 10 µg L <sup>-1</sup>	Osmoregulación	?:11.2±3	12.4±1.2		sangre, branquia y riñón
7	Fracción soluble de diesel en agua (FSDA)	5% (4 L de FSDA: 76 L de agua)	Parámetros bioquímicos	Lt:10.76±1.98	11.23±4.67		branquia y hígado
8	Fracción soluble de diesel en agua (FSDA)	5% (4 L de FSDA: 76 L de agua)	Parámetros fisiológicos y hematológicos		11.23±4.67		sangre y branquias
9	Fracción soluble de diesel en agua (FSDA)	50%	Parámetros fisiológicos, bioquímicos (histopatología) y hematológicos		29.1714.7		sangre, branquias y hígado

0	Cobre	5, 9 y 20 $\mu\text{g L}^{-1}$	Parámetros bioquímicos (histología), genotóxicos comportamiento	Lt:9.8±1.2	10.1±3.5		sangre, hígado, cerebro musculo	y
1	Fracción soluble de diesel en agua (FSDA)		Respuesta genotóxica (Ensayo Cometa y micronucleos)		32.15±14.9 7		sangre	
2	Londrina-Brasil (jaulas in situ)	Aguares residuales	Marcadores genotóxicos, bioquímicos y fisiológicos	?:12.8±0.1	25.4±0.8		sangre, branquias, hígado, cerebro musculo	y
3	Metilglicol, metanol y DMSO		Velocidades. Integridad de la membrana. Función mitocondrial espermiática		1400±300			
4	Biopesticidas (hojas de Neem)	(2 .5-2 .5) $\text{g L}^{-1}$	Glucosa en plasma. Osmoregulación. Proteínas	?:9.37±0.67	8.99±1.84	4.8 $\text{g L}^{-1}$	sangre, branquias, hígado y riñón	
5	pH	3.5-0.5	Supervivencia		89.0±1.7			
6	pH	3.5-0.5	Supervivencia	Larvas (6díasdevida)				

## El sábalo y la calidad de agua en Argentina

Los trabajos a campo realizados en relación al sábalo en Argentina se pueden dividir en dos grupos, aquellos que toman muestras de peces de un ambiente y analizan los distintos parámetros y aquellos que analizan, simultáneamente, diferentes matrices (peces, y/o agua y/o sedimentos). El primer grupo de trabajos permite estudiar las condiciones morfológicas fisiológicas y/o bioquímicas en las que se encuentran los peces que habitan esas aguas. Otros trabajos consisten en determinar la presencia y/o la acumulación de determinados elementos tóxicos, por lo cual a su vez, es posible estimar el riesgo de consumo (Colombo *et al*, 2000; Colombo *et al*, 2007; Colombo *et al*, 2010; Lombardi *et al*, 2010 y Troncoso *et al*, 2012). Algunos de los resultados más destacados de estos trabajos son la acumulación diferencial de contaminantes orgánicos (bifenilos policlorados, plaguicidas clorados, clorobenzenos, etc.) según la zona de alimentación del sábalo. Por ejemplo, los peces capturados en el Río de La Plata (Buenos Aires) indican un alto nivel de contaminantes orgánicos, de hasta 2-3 órdenes de magnitud, más altos que los peces capturados en el norte del río Paraná (Empedrado-Corrientes) que, por su parte, muestran un mayor enriquecimiento en componentes recalcitrantes.

Por otro lado, el segundo grupo de publicaciones analiza los mismos parámetros en distintas matrices lo cual permite conocer la calidad del ambiente y el efecto directo de la contaminación antrópica sobre el sábalo (Villar *et al*, 2001; Casenave *et al*, 2009 y Speranza y Colombo, 2009). A su vez, permiten comparar la condición sanitaria de los peces en regiones con diferentes usos del agua y de la tierra. En general, estos trabajos reportaron la notable capacidad del sábalo para alimentarse de partículas antropogénicas orgánicamente enriquecidas y tolerar una alta carga de contaminantes.

En particular, es interesante el trabajo realizado por Cazenave *et al* (2014) ya que, mediante el uso de jaulas *in situ*, analizan el efecto de los efluentes de aguas domésticas sin tratamiento en juveniles. En ese trabajo estudian la respuesta de múltiples biomarcadores de peces enjaulados en tres zonas del río Colastine, principal tributario del río Paraná Medio, con diferentes grados de contaminación durante 96 horas. Los perfiles fisiológicos de los peces carcanos al efluente mostraron que existe un fuerte impacto en la salud de los mismos, ya que se observa monocitosis, aumento de transaminasas, activación de enzimas antioxidantes, daño oxidativo lipídico en varios tejidos y depleción hepática y de glucógeno muscular. También analizaron varios parámetros físico-químicos y biológicos del agua y encontraron que en la zona cercana al efluente los valores de amonio ( $0.28 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NH}_3$ ), coliformes totales ( $24000 \text{ MPN} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ ) y fecales ( $13000 \text{ MPN} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ ) fueron significativamente más altos que en los otros dos sitios de muestreo.

Finalmente, en cuanto al consumo humano de sábalo del Río de La Plata Colombo (2000) propone tasas de consumo permisibles de 1 g de pescado por día, ya que los bifenil policlorinados (PBCs) oscilaban entre 11 y  $39 \text{ pg} \cdot \text{g}^{-1}$  de peso fresco superando la pauta de  $25 \text{ pg} \cdot \text{g}^{-1}$  para el consumo humano establecido por la EPA (1997).

## **Discusión y conclusiones**

El sábalo es la especie comercial más importante de la Cuenca del Plata. Sin embargo, son escasos los trabajos científicos en Argentina sobre su biología y su relación con el ambiente.

Los artículos analizados en este trabajo están orientados al estudio de la especie en ambientes lóticos de la cuenca, sin considerar los ambientes lénticos, ni a su planicie de inundación, áreas fundamentales en los estadios juveniles de esta especie. Por otro lado, los trabajos sobre los distintos aspectos biológicos de la especie están focalizados en estudios a escala de laboratorio o microescala, siendo escasos los trabajos a escalas mayores y en condiciones naturales. Esto podría estar asociado a la gran extensión de la cuenca y a la heterogeneidad del ambiente, que dificultan la logística para la captura de los distintos estadios de desarrollo de los sábalos. Además se debe considerar que para la captura científica de peces en este ambiente deben cumplirse múltiples requisitos (permisos provinciales, guías de tránsito, etc.) en las distintas jurisdicciones ya que los mismos no están estandarizados.

Los estudios que analizan la asociación entre la calidad del agua y los sábalos consideran limitados factores y están acotados temporal y espacialmente. Las escalas temporal y espacial deberían ser tenidas en cuenta ya que la dinámica de los cuerpos de agua de la cuenca es muy compleja e intrincada y está asociada a fenómenos de microescala (precipitaciones) y de macroescala (El Niño Oscilación del Sur-La Niña). Por otro lado, particularidades de la ecología de la especie deben ser incluidas en este tipo de estudios. Por ejemplo, durante las fases más tempranas del ciclo de vida se suceden las mayores abundancias de una cohorte y también las más altas tasas de mortalidad natural (Laurence, 1990). En este sentido, el reclutamiento de nuevos individuos a la población (la fuerza de la clase anual) dependerá de la supervivencia de los estadios temprano de desarrollo desde el momento en que los huevos son liberados al ambiente, hasta un estadio en que la mortalidad disminuya significativamente (Hjort, 1927; Houde y Schekter, 1980; Houde, 1994 y Begg y Marteinsdottir, 2002). Por lo cual, el estudio de tóxicos en estadios tempranos del sábalo resultan de crucial importancia, ya que permiten conocer el impacto que pueden tener durante el crecimiento.

Si bien el mayor número de publicaciones recabadas en esta revisión se basan en estadios juveniles, son pocos aquellos que se realizaron bajo condiciones naturales. Es por ello que, si bien los trabajos experimentales en laboratorio, aportan información relevante son sólo el primer paso para conocer los que ocurre en los ambientes naturales bajo condiciones de contaminación por la actividad antrópica.

Los resultados de este trabajo permiten sugerir que deben realizarse estudios integrales e interdisciplinarios que reúnan los aspectos bioecológicos, pesqueros y ambientales para el manejo de la especie. Dichos estudios deberían tener en cuenta las distintas escalas espacio-temporales, los usos del suelo y las distintas calidades de agua. Si bien, en este trabajo se utilizó una única base de datos de referencias bibliográficas, encontramos evidencias que tanto el uso del suelo como la calidad del agua afectan la calidad del recurso. Para concluir, consideramos que es necesario fortalecer los estudios asociados a la determinación de los riesgos de consumo humano de la especie a fin de garantizar su aptitud para el consumo con la normativa vigente.

### **Agradecimientos**

A la UBA (UBACYT 20020150100052BA), al CONICET (PIP 112-20120100543CO) y a la ANPCYT (PICT 2015-1823) por su apoyo financiero.

### **Bibliografía**

- Adriano, EA, Arana, S, y NS Cordeiro, 2005. Histopathology and ultrastructure of *Henneguya caudalongula* sp. n. infecting *Prochilodus lineatus* (Pisces: Prochilodontidae) cultivated in the state of Sao Paulo, Brazil. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*. 100(2): 177–181.
- Adriano, EA, Arana, S, Ceccarelli, PS y NS Cordeiro, 2002. Light and scanning electron microscopy of *Myxobolus porofilus* sp. n. (Myxosporidia: Myxobolidae) infecting the visceral cavity of *Prochilodus lineatus* (Pisces: Characiformes: Prochilodontidae) cultivated in Brazil. *Folia Parasitologica*. 49(4): 259–262.
- Agostinho, A. A., y M Zalewski, 1995. The dependence of fish community structure and dynamics on floodplain and riparian ecotone zone in Parana River, Brazil. *Hydrobiologia*. 303(1–3): 141–148.

- Agostinho, A A, Mendes, V P, Suzuki, H T, y C Canzi, 1993. Avaliação da atividade reprodutiva da comunidade de peixes dos primeiros quilômetros a jusante do reservatório de Itaipu. *Unimar*.
- Almeida, JS, Meletti, PC y CBR Martinez, 2005. Acute effects of sediments taken from an urban stream on physiological and biochemical parameters of the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*. 140(3-4): 356-363.
- Alves, RMS, Pereira, B F, Pitol, D L, Senhorini, J a, Alcântara-Rocha, R C G y F H Caetano, 2013. Scale morphology of *Prochilodus lineatus* with emphasis on the scale epithelium. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*. 73(3): 637-44.
- Alves, R M S, Pereira, B F, Ribeiro, R G L G, Pitol, D L, Ciamarro, C M, Valim, J R T y F H Caetano, 2016. The scale epithelium as a novel, non-invasive tool for environmental assessment in fish: Testing exposure to linear alkylbenzene sulfonate. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 129: 43-50.
- Alves, T P y N F Fontoura, 2009. Statistical distribution models for migratory fish in Jacuí basin, South Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 7(4): 647-658.
- Andrade, A D, Visentainer, J V, Matsushita, M y N E de Souza, 1997. Omega-3 fatty acids in baked freshwater fish from south of Brazil. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. 47(1):73-76.
- Andrade, E S, Ferreira, M R, Paula, D A J, Murgas, L D S, Felizardo, V O y G C Veras, 2012. Quality of gametes with endoscopy technique in curimba (*Prochilodus lineatus*). *Archives of Veterinary Science*. 17(1): 37-43.
- Antonio, R R, Agostinho, A A, Pelicice, F M, Bailly, D, Okada, E K y J H P Dias, 2007. Blockage of migration routes by dam construction: Can migratory fish find alternative routes? *Neotropical Ichthyology*. 5(2): 177-184.

- Araújo, F, Santos, A y R Albieri, 2013. Assessing fish assemblages similarity above and below a dam in a Neotropical reservoir with partial blockage. *Brazilian Journal of Biology*. 73(4): 727–736.
- Aricine, M A, Silva, F F y W M Domingues, 2008. Perfil Ictiofaunístico de duas Lagoas no Rio Paraná, Região do Parque Nacional de Ilha Grande-PR. *Agro@mbiente On-Line*. 2(1): 9–17.
- Artoni, R F, Vicari, M R, Endler, A L, Cavallaro, Z I, De Jesus, C M, De Almeida, M C, ... L A C Bertollo, 2006. Banding pattern of A and B chromosomes of *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae), with comments on B chromosomes evolution. *Genetica*. 127(1–3): 277–284.
- Assumpção, L de, Makrakis, M C, Makrakis, S, Piana, P A, Silva, P S da, Lima, A F de y D R Fernandez, 2012. Morphological differentiation among migratory fish species from the Paraná River basin. *Biota Neotropica*. 12(4): 0–9.
- Assumpção, L de, Makrakis, M C, Makrakis, S, Piana, P A, Silva, P S da, Lima, A F de y D R Fernandez, 2012. Morphological differentiation among migratory fish species from the Paraná River basin. *Biota Neotropica*. 12(4): 0–9.
- Assumpção, L de, Makrakis, M C, Makrakis, S, Wagner, R L, da Silva, P S, de Lima, A F y E A L Kashiwaqui, 2012. The use of morphometric analysis to predict the swimming efficiency of two Neotropical long-distance migratory species in fish passage. *Neotropical Ichthyology*. 10(4): 797–804.
- Avigliano, E, Fortunato, R C, Biolé, F, Domanico, A, Simone, S D, Neiff, J J y A V Volpedo, 2016. Identification of nurseries areas of juvenile *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) by scale and otolith morphometry and microchemistry. *Neotropical Ichthyology*. 14(3).
- Avigliano, E, Domanico, A, Sánchez, S y A V Volpedo, 2017. Otolith elemental fingerprint and scale and otolith morphometry in *Prochilodus lineatus* provide identification of natal nurseries. *Fisheries Research*. 186: 1–10.

- Azevedo, R K, Vieira, D H M D, Vieira, G H, Silva, R J, Matos, E y V D Abdallah, 2014. Phylogeny, ultrastructure and histopathology of *Myxobolus lomi* sp. nov., a parasite of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) from the Peixes River, Sao Paulo State, Brazil. *Parasitology International*. 63(2): 303–307.
- Bacchetta, C, Cazenave, J y M J Parma, 2011. Responses of biochemical markers in the fish *Prochilodus lineatus* exposed to a commercial formulation of endosulfan. *Water, Air, and Soil Pollutio*. 216(1–4): 39–49.
- Baigún, C R M, Nestler, J M, Minotti, P y N Oldani, 2012. Fish passage system in an irrigation dam (Pilcomayo River basin): When engineering designs do not match ecohydraulic criteria. *Neotropical Ichthyology*. 10(4): 741–750.
- Baigún, C, Minotti, P y N Oldani, 2013. Assessment of sábalo (*Prochilodus lineatus*) fisheries in the lower Paraná river basin (Argentina) based on hydrological, biological, and fishery indicators. *Neotropical Ichthyology*. 11(1): 199–210.
- Barbosa, A C D R, Galzerani, F, Correa, T C, Galetti Jr, P M y T Hatanaka, 2008. Description of novel microsatellite loci in the Neotropical fish *Prochilodus argenteus* and cross-amplification in *P.-costatus* and *P.-lineatus*. *Genetics and Molecular Biology*. 31: 357–360.
- Barbosa, J M y G L Volpato, 2007. Chemical modulation on heterogeneous growth in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847) (Pisces; Characiformes). *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*. 67(1): 147–151.
- Barradas, J R S, Silva, L G, Harvey, B C y N F Fontoura, 2012. Estimating migratory fish distribution from altitude and basin area: A case study in a large Neotropical river. *Freshwater Biology*. 57(11): 2297–2305.

- Battauz, Y S, de Paggi, S B J y J C Paggi, 2015. Endozoochory by an ilyophagous fish in the Paraná River floodplain: a window for zooplankton dispersal. *Hydrobiologia*. 755(1), 161–171.
- Bayo, V y E C Deyuan, 1996. Food Assimilation of a Neotropical Riverine Detritivorous Fish, *Prochilodus-Lineatus*, Studied by Fatty-Acid Composition (Pisces, Curimatidae). *Hydrobiologia*. 330(2): 81–88.
- Becker, F, De, F L, Ferrer, J, Bertaco, V, Luz-Agostinho, K, Silva, J, ... C Lucena, 2013. Fishes of the Taquari-Antas river basin (Patos Lagoon basin), southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 73(1): 79–90.
- Belo, M A A, Souza, D G F, Faria, V P, Prado, E J R, Moraes, F R y E M Onaka, 2013. Haematological response of curimbas *Prochilodus lineatus*, naturally infected with *Neoechinorhynchus curemai*. *Journal of Fish Biology*. 82(4): 1403–1410.
- Benedito-Cecilio, E y A A Agostinho, 2000. Distribution , abundance and use of different environments by dominant ichthyofauna in the influence area of the Itaipu Reservoir. *Acta Scientiarum*. 22(2): 429–437.
- Benze, T P, Sakuragui, M M, de Paula Zago, L H y M N Fernandes, 2016. Subchronic exposure to diflubenzuron causes health disorders in neotropical freshwater fish, *Prochilodus lineatus*. *Environmental Toxicology*. 31(5): 533–542.
- Bizzotto, P M, Godinho, A L, Vono, V, Kynard, B y H P Godinho, 2009. Influence of seasonal, diel, lunar, and other environmental factors on upstream fish passage in the igarapava fish ladder, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*. 18(3): 461–472.
- Botta, P, Sciara, A, Arranz, S, Murgas, L D S, Pereira, G J M y G Oberlenderb, 2010. Study of the embrionary development in sábalo (*Prochilodus lineatus*) | Estudio del desarrollo embrionario del s?balo (*Prochilodus lineatus*). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 42(2).

- Bowen, S 1983. Detritivory in neotropical fish communities. *Environmental Biology Fisheries*. 9:137-144.
- Bowen, S y A Bonetto, 1984. Microorganisms and detritus in the diet of a typical neotropical riverine detritivore, *Prochilodus platensis* (Pisces: Prochilodontidae). *Limnology and Oceanography*. 29:1120-1122.
- Brabo, M F, Reis, M H D, Veras, G C, da Silva, M J M, Souza, A da S de L y R A L de Souza, 2015. Viabilidade econômica da produção de alevinos de espécies reofílicas em uma piscicultura na amazônia oriental. *Boletim Do Instituto de Pesca*. 41(3), 677–685.
- Brown, D R y C M Fuentes, 2010. Daily increments in otoliths of sábalo (*Prochilodus lineatus*) larvae: Short communication. *Journal of Applied Ichthyology*. 26(1), 123–125.
- Bryan, J L, Wildhaber, M L, Papoulias, D M, Delonay, A J, Tillitt, D E, Annis, M L, ... J Cosson, 2011. Motilidade do sêmen de *Piaractus brachypomus* utilizando soluções ativadoras com diferentes osmolaridades. *Aquaculture*. 12(1), 1–6.
- Bucher, E H, A Bonetto, P P Boyle, P Canevari, G Castro, P Huszar y I T Stone, 1993. Hidrovia: *Examen inicial ambiental de la vía fluvial Paraguay-Paraná. Humedales para las Américas*, Manomet, Massachusetts, USA y Bs As, Argentina. 74pp.
- Camargo, M M P y C B R Martinez, 2006. Biochemical and physiological biomarkers in *Prochilodus lineatus* submitted to in situ tests in an urban stream in southern Brazil. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 21(1), 61–69.
- Camargo, M M P y C B R Martinez, 2007. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. *Neotropical Ichthyology*. 5(3), 327–336.

- Camargo, M M P, Fernandes, M N y C B R Martinez, 2009. How aluminium exposure promotes osmoregulatory disturbances in the neotropical freshwater fish *Prochilus lineatus*. *Aquatic Toxicology*, 94(1), 40–46.
- Campagna, a F, Eler, M N, Espíndola, E L G, Senhorini, J a, do Rêgo, R F y L O L Silva, 2006. Dimethoate 40% organosphosphorous pesticide toxicity in *Prochilodus lineatus* (Prochilodontidae, Characiformes) eggs and larvae. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, 66(2B), 633–640.
- Capeleti, A R y M Petrere Jr, 2006. Migration of the curimatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Pisces, Prochilodontidae) at the waterfall “Cachoeira de Emas” of the Mogi-Guaçu river - São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2B), 651–659.
- Cappato J y A Yanosky (Ed.), 2009. Uso sostenible de peces en la Cuenca del Plata. Evaluación subregional del estado de amenaza, Argentina y Paraguay. UICN, Gland, Suiza. 76 p.
- Caramello, C S, Cowper Coles, F, Sánchez, S y L C Jorge, 2011. Estructura y variabilidad de la región organizadora de nucléolos en *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae). *Revista Veterinaria*, 22(2), 123–126.
- Carolsfeld, J, Godinho, H P, Zaniboni Filho, E y B J Harvey, 2003. Cryopreservation of sperm in Brazilian migratory fish conservation. *Journal of Fish Biology*, 63(2), 472–489.
- Carvalho, A F S, Machado, M R F, Andrade, E S, Murgas, L D S, Zangeronimo, M G, Barros, T C y F G Paula, 2014. Effect of caffeine added to the activating solution on sperm motility of fresh and thawed semen of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, and curimba, *Prochilodus lineatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 45(1): 75–81.
- Carvalho, C d S y M N Fernandes, 2008. Effect of copper on liver key enzymes of anaerobic glucose metabolism from freshwater tropical fish *Prochilodus*

*lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*. 151(3): 437–442.

- Carvalho, C dos S, Bernusso, V A y M N Fernandes, 2015. Copper levels and changes in pH induce oxidative stress in the tissue of curimbata (*Prochilodus lineatus*). *Aquatic Toxicology*. 167: 220–227.
- Casali, R C V, Vono, V, Godinho, H P, Luz, R K y N Bazzoli, 2010. Passage and reproductive activity of fishes in the Igarapava fish ladder, Grande River, Southeastern Brazil. *River Research and Application*. 26(2): 157–165.
- Castillo, T I, Baigún, C R M y P G Minotti, 2016. Assessment of a fisheries legal framework for potential development of an ecosystem approach to fisheries management in large rivers. *Fisheries Management and Ecology*. 1–9.
- Cavalcante, D G S M, Martinez, C B R y S H Sofia, 2010. Genotoxic effects of Roundup® on the fish *Prochilodus lineatus*. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 695(1–2): 41–46.
- Cavallaro, Z I, Bertollo, L A C, Perfectti, F y J P M Camacho, 2000. Frequency increase and mitotic stabilization of a B chromosome in the fish *Prochilodus lineatus*. *Chromosome Research*. 8(7): 627–634.
- Cazenave, J, Bacchetta, C, Parma, M J, Scarabotti, P A y D A Wunderlin, 2009. Multiple biomarkers responses in *Prochilodus lineatus* allowed assessing changes in the water quality of Salado River basin (Santa Fe, Argentina). *Environmental Pollution*. 157(11): 3025–3033.
- Cazenave, J, Bacchetta, C, Rossi, A, Ale, A, Campana, M y M J Parma, 2014. Deleterious effects of wastewater on the health status of fish: A field caging study. *Ecological Indicators*. 38: 104–112.
- CIC, 2017. Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata. Mapas de la Cuenca. <http://cicplata.org>

- Colombo, J C, Bilos, C, Lenicov, M R, Colautti, D, Landoni, P y C Brochu, 2000. Detritivorous fish contamination in the Río de la Plata estuary: a critical accumulation pathway in the cycle of anthropogenic compounds. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 57(6): 1139–1150.
- Colombo, J C, Cappelletti, N, Migoya, M C y E Speranza, 2007. Bioaccumulation of anthropogenic contaminants by detritivorous fish in the Río de la Plata estuary: 2-Polychlorinated biphenyls. *Chemosphere*. 69(8): 1253–1260.
- Colombo, J C, Cappelletti, N, Williamson, M, Migoya, M C, Speranza, E, Sericano, J y D C G Muir, 2011. Risk ranking of multiple-POPs in detritivorous fish from the Río de la Plata. *Chemosphere*. 83(6): 882–889.
- Cortez Solis, JP, 1985. Ensayo de enlatados de pescado con especies amazónicas. *Folia Amazónica*. 1: 135–157.
- Cortez-Solís, J P, 1992. Características bromatológicas de dieciseis especies hidrobiológicas de la Amazonia Peruana en época de creciente. *Folia Amazónica*. 4(1): 115–122.
- Croux, M J P de, 1990. Benzocaine (Ethyl-p-Aminobenzoate) as an anaesthetic for *Prochilodus lineatus*, Valenciennes (Pisces, Curimatidae). *Journal of Applied Ichthyology*. 6(3): 189–192.
- Cuadrado, É E H, Murgas, L D S y M De Jesús Buitrago Cardozo, 2016. Fotoperiodo y ontogenia inicial de peces migratorios en brasil con énfasis en sábalo (*Prochilodus lineatus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*.
- Cuglianna, AM, Cordeiro, NS y JL Luque, 2009. Apedunculata discoidea gen. n., sp. n. (Monogenea: Dactylogyridae) parasitic on *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) (Characiformes: Prochilodontidae) from southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*.

- da Rocha, MA, de Azambuja Ribeiro, EL, Mizubuti, IY, Borosky, JC y MI Poci Palumbo Antunes, 2008. Comparisons among paternal half-sib families by Fulton and allometric condition factors and growth rate in curimbata (*Prochilodus lineatus*). *Semina-Ciencias Agrarias*. 29(4): 947–954.
- Da Rocha, MA, De, EL, Ribeiro, A, Ivone, E y Y Mizubuti, 1997. FR 48. Comparação entre os fatores de condição de Fulton e alométrico em curimbata (*Prochilodus lineatus*) criados em dois ambientes 1. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1): 459–460.
- da Silva Alves, RM Pereira, BF, Pitol, D, Senhorini, JA, de Alcântara Rocha, R de CG y FH Caetano, 2012. Histology, histochemistry and stereology of the adipose fin of *Prochilodus lineatus*. *Microscopy Research and Technique*, 75(5): 615–619.
- Da Veiga, ML, De Lara Rodrigues, E, Pacheco, FJ y MJT Ranzani-Paiva, 2002. Histopathologic changes in the kidney tissue of *Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1836 (Characiformes, Prochilodontidae) induced by sublethal concentration of trichlorfon exposure. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 45(2): 171–175.
- Davico, C., Poletta, G., Loteste, A., Scagnetti, J., Campana, M., Parma, M., y Simoniello, M 2012. Evaluación de estrés oxidativo en juveniles de *Prochilodus lineatus* expuestos a cipermetrina. *Revista FABICIB*. 16: 157–166.
- De Andrade, ES, De Paula, DAJ, De Felizardo, VO, Murgas, LDS Veras, GC, y PVE Rosa, 2014. Milt cryopreservation for rheophilic fish threatened by extinction in the rio grande, Brazil. *Cryo-Letters*. 35(1): 8–14.
- de Castro, F y A Begossi, 1995. Ecology of fishing on the Grande River (Brazil): technology and territorial rights. *Fisheries Research*, 23(3–4): 361–373.

- de Faria, ACEA y Benedito, E 2011. Quality and digestibility of food ingested by various trophic fish groups in the Upper Paraná River floodplain. *Revista de Biologia Tropical*, 59(1): 85–101.
- de Faria, MT, Cury-Boaventura, MF, Lopes, LR y JRMC da Silva, 2014. Generation of reactive oxygen species by leukocytes of *Prochilodus lineatus*. *Fish Physiology and Biochemistry*. 40(2): 445–455.
- De Jesus, CM, Galetti, PM, Valentini, SR, y Moreira-Filho, O 2003. Molecular characterization and chromosomal localization of two families of satellite DNA in *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae), a species with B chromosomes. *Genetica*. 118(1): 25–32.
- de Salles, JB, Lopes, RM., de Salles, CMC., Cassano, VPF, de Oliveira, MM, Bastos, VLFC, y JC Bastos, 2015. Bioconcentration and acute intoxication of Brazilian freshwater fishes by the methyl parathion organophosphate pesticide. *BioMed Research International*. 1971-96.
- de Santana, HS y CV Minte-Vera, 2017. Age and growth of *Prochilodus lineatus* in a spatially structured population: is there concordance between otoliths and scales? *Environmental Biology of Fishes*. 100(3): 223-235.
- De Souza, TG, Hainfellner, P, Kuradomi, RY, Muñoz, ME, Honji, RM, Moreira, RG y SR Batlouni, 2015. Inappropriate management conditions, especially for the regressed class, are related to sperm quality in *Prochilodus lineatus*. *Theriogenology*. 83(5): 797–807.
- Dias, ANAL, Foresti, F y C Oliveira, 1998. Synapsis in supernumerary chromosomes of *Prochilodus lineatus* (Teleostei: Prochilodontidae). *Caryologia*. 51(2): 105–113.
- do Carmo, AO, Brandão Dias, PFP, Martins, APV Bedore, AG y E Kalapothakis, 2014. Complete mitochondrial genome sequence of *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae). *Mitochondrial DNA*. 1736: 1–2.

- Domingues, MV y WA Boeger, 2002. Neotropical Monogenoidea. 40. *Protorhinoxenus prochilodi* gen. n., sp. n. (Monogenoidea: Ancyrocephalinae), parasite of *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae) from South Brazil. *Folia Parasitologica*. 49(1): 35–38.
  
- Domingues, W y Hayashi, C 1998. Estudio experimental sobre anéis diários em escamas nas fases iniciais do desenvolvimento do curimba , *Prochilodus lineatus* (valenciennes , 1836) (Characiformes , Prochilodontidae). *Rev.Brasil. Biol.* 58(4): 609–617.
  
- DPC, 2017. Informes del proyecto evaluación biológica y pesquera de especies de interés deportivo y comercial. Dirección Pesca Continental. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Agroindustria. [http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/pesca\\_continental/informes/baja/index.php](http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/pesca_continental/informes/baja/index.php)
  
- Eiras, JC, Pavanelli, G C y RM Takemoto, 2004. *Henneguya paranaensis* sp. n. (Myxozoa, Myxobolidae), a parasite of the teleost fish *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae) from the Paran?? River, Brazil. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 24(6): 308–311.
  
- EPA, 1997. Agencia de Proteccion Ambienta de Estados Unidos. Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advosires. Vol.2. Risk assessment and fish consumption limits. 2<sup>nd</sup> ed. Office of Science and Technology, Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
  
- Espinach Ros, A y RP Sánchez, 2007. Proyecto Evaluación del Recurso Sábalo en el Paraná Informe de los resultados de la primera etapa 2005-2006 y medidas de manejo recomendadas. Disponible en: [http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/pesca\\_continental](http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/pesca_continental).

- Felizardo, VO, Mello, RA, Murgas, LDS, Andrade, ES, Drumond, MM y PV Rosa, 2010. Effect of cryopreservant combinations on the motility and morphology of curimba (*Prochilodus lineatus*) sperm. *Animal Reproduction Science*. 122(3–4): 259–263.
  
- Fernandez, DR, Agostinho, AA, Bini, LM y FM Pelicice, 2007. Diel variation in the ascent of fishes up an experimental fish ladder at Itaipu Reservoir: Fish size, reproductive stage and taxonomic group influences. *Neotropical Ichthyology*. 5(2): 215–222.
  
- Froese Ry Pauly D (eds) 2017. FishBase (version Jan 2016). En: Species 2000 y ITIS Catalogue of Life, 2016 Annual Checklist (Roskov Y., Abucay L., Orrell T., Nicolson D., Flann C., Bailly N., Kirk P., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., De Wever A., eds). Digital resource at [www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2016](http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2016). Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.
  
- Fuentes, CM, Gómez MI, Brown, D Arceluc RA y A Espinach Ros, 2016. Downstream Passage of Fish larvae at the Salto Grande Dam on the Uruguay River. *River Research and Applications*. 32(9):1879-1889.
  
- Fuentes, CM, 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.
  
- Fuentes, MC, Gómez, MI, Llamazares Vegh S. Lozano I y J Salva, 2015. Monitoreo de los estadios tempranos de desarrollo de sábalo (*Prochilodus lineatus*) y otras especies de interés comercial y deportivo en el Río Paraná. (Estaciones Paraná y Rosario). Argentina. Dirección de Pesca Continental, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MA., Bs. As. Informe Técnico n° 31:1-39. [http://www.agroindustria.gob.ar/site/pesca/pesca\\_continental/index.php](http://www.agroindustria.gob.ar/site/pesca/pesca_continental/index.php)

- Fugi, R, Agostinho, AA y NS Hahn, 2001. Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*. 61(1): 27–33.
- Fugi, R Hahn, NS y AA Agostinho, 1996. Feeding styles of five species of bottom-feeding fishes of the high Parana river. *Environmental Biology of Fishes*. 46(3): 297–307.
- Galindo, BA, Troilo, G, Cólus, IMS, Martinez, CBR y SH Sofia, 2010. Genotoxic effects of aluminum on the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Water, Air, and Soil Pollution*. 212(1–4): 419–428.
- Garcez, R, Calcagnotto, D y LF De Almeida-Toledo, 2011. Population structure of the migratory fish *Prochilodus lineatus* (Characiformes) from rio Grande basin (Brazil), an area fragmented by dams. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21(3): 268–275.
- Garcia, CZ y CBR Martinez, 2012. Biochemical and genetic alterations in the freshwater neotropical fish *Prochilodus lineatus* after acute exposure to *Microcystis aeruginosa*. *Neotropical Ichthyology*. 10(3): 613–622.
- Gobierno de Santa Fe, 2007. Síntesis de los principales resultados del Proyecto de evaluación del recurso sábalo en la baja cuenca del Paraná. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de Nación (SAGPyA), Provincia de Entre Ríos, Provincia de Santa Fe, INALI, UNL, INIDEP. <http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/30727/160729/file/I%20-%20S%C3%ADntesis%20de%20los%20principales%20resultados%20del%20Proyecto%20de%20evaluaci%C3%B3n%20del%20recurso%20s%C3%A1balo%20en%20la%20baja%20cuenca%20del%20Paran%C3%A1.pdf>
- Gómez, MI y CM Fuentes, 2017. A technique for detection of larval fish in the digestive tract of predators by otolith marking. *Marine and Freshwater Research*. 68(1): 167-174.

- Gómez, MI, Sánchez, S y CM Fuentes, 2014. Shrinkage of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847) larvae preserved in either ethyl-alcohol or formalin in relation to their developmental stage and feeding condition. *Journal of Applied Ichthyology*. 30(1): 140–144.
- Gubiani, ÉA, Gomes, LC, Agostinho, AA y EK Okada, 2007. Persistence of fish populations in the upper Paraná River: Effects of water regulation by dams. *Ecology of Freshwater Fish*. 16(2): 191–197.
- Hahn, L, English, K, Carosfeld, J, Da Silva, LGM, Latini, JD, Agostinho, AA y DR Fernandez, 2007. Preliminary study on the application of radio-telemetry techniques to evaluate movements of fish in the Lateral canal at Itaipu Dam, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 5(2): 103–108.
- Hainfellner, P, de Souza, TG, Moreira, RG, Nakaghi, LSO y SR Batlouni, 2012. Gonadal steroids levels and vitellogenesis in the formation of oocytes in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) (Teleostei: Characiformes). *Neotropical Ichthyology*. 10(3): 601–612. <http://doi.org/10.1590/S1679-62252012005000021>
- Iacone Santos, AB, Albieri, RJ y FG Araújo, 2013. Seasonal response of fish assemblages to habitat fragmentation caused by an impoundment in a Neotropical river. *Environmental Biology of Fishes*. 96(12): 1377–1387.
- Iwaszkiw, JM y F Firpo Lacoste, 2011. La pesca artesanal en la Cuenca del Plata (Argentina) y sus implicancias en la conservación de la biodiversidad. *Revista Del Museo Argentino de Ciencias Naturales N.s.* 13(1): 21–25.
- Jlc, N, y C Ed, 2011. Artisanal fisheries in a Brazilian hypereutrophic reservoir : Barra Bonita Reservoir, Middle Tietê River. *Brazilian Journal of Biology*. 71(4): 821–832.
- Jorge, LC, Sanchez, S y O Moreira Filho, 2011. Chromosomal Characterization of *Prochilodus lineatus* from Paraná River, Corrientes, Argentina. I. B Chromosomes and NOR Banding. *Cytologia*. 76(2): 219–222.

- Junior, ASV, Silva, EF, Cardoso, TF, Namba, ÉY, Jardim, RD, Junior, DPS y CD Corcini, 2015. The role of dimethyl sulfoxide in the cryopreservation of Curimba (*Prochilodus lineatus*) semen. *Semina: Ciências Agrárias*. 36(5): 3471–3480.
- Kalous, L, Bui, AT, Petrtyl, M, Bohlen, J y P Chaloupková, 2012. The South American freshwater fish *Prochilodus lineatus* (Actinopterygii: Characiformes: Prochilodontidae): New species in Vietnamese aquaculture. *Aquaculture Research*. 43(6): 955–958.
- Lacerda Rego, AC, Pinese, OP, Magalhaes, PA y JF Pinese, 2008. Length-weight relationship for *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) and *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) (Characiformes) in Nova Ponte Reservoir - EPDA Calheiro, Araguari river, MG. *Revista Brasileira de Zoociências*. 10(1): 13–21.
- Lacerda, ACF, Takemoto, RM, De Los Angeles, M, Lizama, P y GC Pavanelli, 2007. Parasitic copepods in the nasal fossae of five fish species (Characiformes) from the upper Paraná river floodplain, Paraná, Brazil. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*. 29(4): 429–435.
- Langiano, Vd C y CBR Martinez, 2008. Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*. 147(2): 222–231.
- Liebel, S, Oliveira Ribeiro, CA, Silva, RC, Ramsdorf, WA, Cestari, MM., Magalhães, VF., ... Filipak Neto, F 2011. Cellular responses of *Prochilodus lineatus* hepatocytes after cylindrospermopsin exposure. *Toxicology in Vitro*, 25(7): 1493–1500.
- Lima, AFDe, Makrakis, MC, Silva, PSDa, Azevedo, AVDe, Makrakis, S., Assumpção, LDe, ... JHP Dias, 2013. Padrões de distribuição e ocorrência

- espaço-temporal de ovos e larvas de peixes nos rios Pardo e Anhanduí, bacia do alto rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 11(1): 7–13.
- Lizama, MDLAP, Takemoto, RM y GC Pavanelli, 2004. New species of Tereancistrum Kritsky, Thatcher y Kayton, 1980 (Monogenea: Dactylogyridae: Ancyrocephalinae) from the gills of *Prochilodus lineatus* (Osteichthyes: Prochilodontidae) from the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Systematic Parasitology*. 57(1): 45–49.
  - Lizama, MDLAP, Takemoto, RM y GC Pavanelli, 2006. Influence of the seasonal and environmental patterns and host reproduction on the metazoan parasites of *Prochilodus lineatus*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(4): 611–622.
  - Lizama, MDLAP, Takemoto, RM, y GC Pavanelli, 2006. Parasitism influence on the hepato, splenosomatic and weight/length relation and relative condition factor of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária = Brazilian Journal of Veterinary Parasitology: Órgão Oficial Do Colégio Brasileiro de Parasitologia Veterinária*. 15(3): 116–22.
  - Lizama, MD, Takemoto, RM, y GC Pavanelli, 2005. Influence of host sex and age on infracommunities of metazoan parasites of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the upper Parana River floodplain, Brazil. *Parasite-Journal De La Societe Francaise De Parasitologie*. 12(4): 299–304.
  - Lombardi, PE, Peri, SI y NR Verrengia Guerrero, 2010. Trace metal levels in *Prochilodus lineatus* collected from the la Plata River, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*. 160(1–4): 47–59.
  - Lombardi, PE, Peri, SI y NR Verrengia Guerrero, 2010. ALA-D and ALA-D reactivated as biomarkers of lead contamination in the fish *Prochilodus lineatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 73(7): 1704–1711.

- Lopera Barrero, NM, Ribeiro, RP, Vargas, L, Povh, JA, Gomes, PC, Mangolin, CA y T Gualda, 2008. Genetic characterization of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) Stocks, Used En Stocking Programs: Importance For The Ichthyofauna Conservation And Ecosystem. *Bioscience Journal*. 24(4): 86–93.
- Lopera-Barrero, NM, Povh, Ja, Ribeiro, RP, Gomes, PC, Jacometo, CB y TD Silva Lopes, 2008. Comparación de protocolos de extracción de ADN con muestras de aleta y larva de peces: extracción modificada con cloruro de sodio. *Ciencia E Investigación Agraria*. 35(1): 77–86.
- Lopes, CA, Benedito, E y L Martinelli, 2007. Variability in the carbon isotope signature of *Prochilodus lineatus* (Prochilodontidae, Characiformes) a bottom-feeding fish of the Neotropical region. *Journal of Fish Biology*. 70(6): 1649–1659.
- Lopes, CA, Benedito, E y L Martinelli, 2009 a. Trophic position of bottom-feeding fish in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasleira de Biologia*. 69(2): 573–581.
- Lopes, CA, Benedito, E y L Martinelli, 2009 b. Trophic position of bottom-feeding fish in the upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*. 69(2): 573–581.
- Lopes, RM, Filho, MVS, de Salles, JB, Bastos, VLFC, y JC Bastos, 2014. Cholinesterase activity of muscle tissue from freshwater fishes: Characterization and sensitivity analysis to the organophosphate methyl-paraoxon. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 33(6):1331–1336.
- Loteste, A, Cazenave, J y Parma de Croux, MJ 2002. Recovery of plasmatic cholinesterase activity in a neotropical fish *Prochilodus lineatus* (Pisces, Curimatidae) exposed to organophosphorous pesticides. *Journal of Environmental Biology*. 23(3): 225–229.

- Loteste, A, Scagnetti, J, Simoniello, MF, Campana, M y MJ Parma, 2013. Hepatic enzymes activity in the fish *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) after sublethal cypermethrin exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 90(5): 601–604.
  
- Lozano, I, Balboni, L, Llamazares Vegh, S, Fuentes, C y D Colautti, 2014. Informe del Proyecto Evaluación biológica y pesquera de especies de interés deportivo y comercial en el Río Paraná, Argentina, Período 2012-2013, Informe N°13. Dirección de Pesca Continental, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP. Bs. As., : 1-26.  
[http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/pesca\\_continental/index.php](http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/pesca_continental/index.php)
  
- Luz-Agostinho, KDG, Agostinho, AA, Gomes, LC y HF Júlio, 2008. Influence of flood pulses on diet composition and trophic relationships among piscivorous fish in the upper Paraná River floodplain. *Hydrobiologia*. 607(1): 187–198.
  
- Maistro, EL, Oliveira, C y F Foresti, 2000. Cytogenetic analysis of A- and B-chromosomes of *Prochilodus lineatus* (Teleostei, Prochilodontidae) using different restriction enzyme banding and staining methods. *Genetica*. 108(2): 119–125.
  
- Makino, LC, Faustino, F, Paes, MCF, Beraldo-Massoli, MC, Cardozo, MV, Schocken-Iturrino, RP y LSO Nakaghi, 2012. Morphology and quantification of intestinal microbiota of curimbata (*Prochilodus lineatus*) and the gray armored catfish (*Pterygoplichthys anisitsi*) reared in captivity. *Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinaria E Zootecnia*. 64(4): 916–926.
  
- Makrakis, MC, da Silva, PS, Makrakis, S, de Lima, AF, de Assumpção, L, de Paula, S, ... JHP Dias, 2012. Spawning and nursery habitats of neotropical fish species in the tributaries of a regulated river. In *Larvae: Morphology. Biology and Life Cycle*. 153–166.

- Makrakis, S, Gomes, LC, Makrakis, MC, Fernandez, DR y CS Pavanelli, 2007. The Canal da Piracema at Itaipu Dam as a fish pass system. *Neotropical Ichthyology*. 5(2): 185–195.
- Tavares-Diaz, M, Ruas Moraes, F y M Egami Imoto, 2008. Hematological parameters in two neotropical freshwater teleosts, *Leporinus macrocephalus* (Anostomidae) and *Prochilodus lineatus* (Prochilodontidae). *Bioscience*. 96–101.
- Marin, AA., Barbosa, JM., Brugiolo, SSS., y Ramos, SM 1998. Heterogeneous growth of curimbata fry *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847) (Pisces, Prochilodontidae): Influence of chemical factors liberated by interspecifics. *Boletim Tecnico Do CEPTA [Bol. Tec. Cepta]*. 11: 29–38.
- Marques, S y HP Godinho, 2004. Short-term cold storage of sperm from six neotropical characiformes fishes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 47(5): 799–804.
- Martinez, CBR y MM Souza, 2002. Acute effects of nitrite on ion regulation in two neotropical fish species. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*. 133(1): 151–160.
- Martinez, CB, Nagaie, MY, Zaia, CT y DA Zaia, 2004. Acute morphological and physiological effects of lead in the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasleira de Biologia*, 64(4): 797–807.
- Martins, ML, de Moraes, FR, Fujimoto, RY, Onaka, EM, y CIF Quintana, 2001. Prevalence and histopathology of *Neoechinorhynchus curemai* Noronha, 1973 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) in *Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1836 from Volta Grande Reservoir, MG, Brazil. *Braz. J. Biol.* 61(3), 517–522.
- Martins, ML, Moraes, JR, Andrade, PM, Schalch, SH y FR Moraes, 2001. *Piscinoodinium pillulare* (Schäperclaus, 1954) Lom, 1981 (Dinoflagellida) infection in cultivated freshwater fish from the northeast region of Sao Paulo

- State, Brazil. Parasitological and pathological aspects. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*. 61(4): 639–44.
- Meche, A, Martins, MC, Lofrano, BESN, Hardaway, CJ, Merchant, M y L Verdade, 2010. Determination of heavy metals by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry in fish from the Piracicaba River in Southern Brazil. *Microchemical Journal*. 94(2): 171–174.
  - Miliorini, AB, Murgas, LDS, Rosa, PV, Oberlender, G, Pereira, GJM y DV Da Costa, 2011. A morphological classification proposal for curimba (*Prochilodus lineatus*) sperm damages after cryopreservation. *Aquaculture Research*. 42(2): 177–187.
  - Miranda, RR., Damaso da Silveira, ALR., de Jesus, IP., Grötzner, SR., Voigt, CL., Campos, SX., Filipak Neto, F 2016. Effects of realistic concentrations of TiO<sub>2</sub> and ZnO nanoparticles in *Prochilodus lineatus* juvenile fish. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(6): 5179–5188.
  - Modesto, KA y CBR Martinez, 2010. Roundup® causes oxidative stress in liver and inhibits acetylcholinesterase in muscle and brain of the fish *Prochilodus lineatus*. *Chemosphere*. 78(3): 294–299.
  - Monteiro, V, Cavalcante, DGSM, Vilela, MBFA, Sofia, SH y CBR Martinez, 2011. In vivo and in vitro exposures for the evaluation of the genotoxic effects of lead on the Neotropical freshwater fish *Prochilodus lineatus*. *Aquatic Toxicology*, 104(3–4): 291–298.
  - Moraes, DP. Ribeiro ES, Souza, ED, Povh, JA, y RPS Streit, 2004. Ação de diferentes indutores reprodutivos hormonais no aparecimento de anormalidades morfológicas em espermatozóides de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*), curimbatá (*Prochilodus lineatus*) E CARPA COMUM (*Cyprinus carpio*). *Boletim Do Instituto de Pesca*. 30(2): 109–116.

- Moreno, NC, Sofia, SH y CBR Martinez, 2014. Genotoxic effects of the herbicide Roundup Transorb and its active ingredient glyphosate on the fish *Prochilodus lineatus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 37(1): 448–454.
- Moscuza, C, Volpedo, AV, Ojeda, C y AF Cirelli, 2008. Water quality index as a tool for river assessment in agricultural areas in the pampean plains of Argentina. *Journal of Urban and Environmental Engineering (JUEE)*.
- Murgas, LDS, Miliorini, AB, De Freitas, RTF y GJM Pereira, 2007. Criopreservação do sêmen de curimba (*Prochilodus lineatus*) mediante adição de diferentes diluidores, ativadores e crioprotetores. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(3): 526–531.
- Nascimento, CRB, Souza, M y CBR Martinez, 2012. Copper and the herbicide atrazine impair the stress response of the freshwater fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*. 155(3): 456–461.
- Navarro, CDC y CBR Martinez, 2014. Effects of the surfactant polyoxyethylene amine (POEA) on genotoxic, biochemical and physiological parameters of the freshwater teleost *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology*. 165: 83–90.
- Navarro, RD, Navarro, FKSP, Felizardo, Vde O, Murgas, LDS y S Andrade, 2014. Qualidade de sêmen de Curimba (*Prochilodus lineatus*) criopreservados com vitaminas. *Acta Scientiarum – Technology*. 36(1): 55–60.
- Ninhaus-Silveira, A, Foresti, F y A de Azevedo, 2006. Structural and ultrastructural analysis of embryonic development of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiforme; Prochilodontidae). *Zygote*. 14(3): 217–229.
- Ninhaus-Silveira, A, Foresti, F, de Azevedo, A, Agostinho, CA y R Veríssimo-Silveira, 2007. Structural and ultrastructural characteristics of the yolk syncytial

- layer in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Teleostei; Prochilodontidae). *Zygote*. 15(3): 267–271.
- Ninhaus-Silveira, A, Foresti, F, de Azevedo, A, Agostinho, CÂ y R Veríssimo-Silveira, 2008. Cryogenic preservation of embryos of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiforme; Prochilodontidae). *Zygote*. 17(1): 45–55.
  - Oldani, NO, y CRM Baigún, 2002. Performance of a fishway system in a major South American dam on the Parana River (Argentina-Paraguay). *River Research and Applications*. 18(2): 171–183.
  - Oldani, NO, Iwaszkiw, JM, Padín, OH y A Otaegui, 1900. Fluctuations in the abundance of fishes in the Alto Paraná River (Corrientes, Argentina). *Publicación Comisión Administradora Del Río Uruguay. Serie Técnico-Científica*. 1: 43–55.
  - Oliveira, AG, Suzuki, HI, Gomes, LC y AA Agostinho, 2014. Interspecific variation in migratory fish recruitment in the Upper Paraná River: Effects of the duration and timing of floods. *Environmental Biology of Fishes*. 98(5): 1327–1337.
  - Orfão, LH, Maria, AN, Nascimento, AF, Isaú, ZA y ATM Viveiros, 2010. Sperm fertility of the subtropical freshwater streaked prochilod *Prochilodus lineatus* (Characiformes) improved after dilution and cold storage. *Aquaculture Research*. 41(10).
  - Ortí, G, Li, C, y I P Farias, 2005. Filogenia, filogeografía y estructura poblacional de las especies de *Prochilodus* (Prochilodontidae, Characiformes) en las principales cuencas fluviales de Sudamérica. *Red de Investigacion Sobre La Ictiofauna Amazonica*. 116–122.
  - Palermo, FF, Risso, WE, Simonato, JD y CBR Martinez, 2015. Bioaccumulation of nickel and its biochemical and genotoxic effects on juveniles of the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 116: 19–28.

- Paolucci, EM, Cataldo, DH y D Boltovskoy, 2010. Prey selection by larvae of *Prochilodus lineatus* (Pisces: Curimatidae): Indigenous zooplankton versus veligers of the introduced bivalve *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mitilidae. *Aquatic Ecology*. 44(1): 255–267.
- Paolucci, EM, Thuesen, EV, Cataldo, DH y D Boltovskoy, 2010. Veligers of an introduced bivalve, *Limnoperna fortunei*, are a new food resource that enhances growth of larval fish in the Parana River (South America. *Freshwater Biology*. 55(9): 1831–1844.
- Paraná, U. F. D. P. D. P.-G. E. E. E. C. 2008. Influência De Uma Barragem Sobre Atributos Ecológicos Da Comunidade E Biologia Reprodutiva De Peixes Do Rio Paraíba Do Sul, Uhe Ilha Dos Pombos, Rio De Janeiro, Brasil. *Programa de Pós-Graduação Em Ecologia E Conservação*. 120.
- Parma, MJ, 1994. Some haematological parameters in *Prochilodus lineatus* (Pisces, Curimatidae. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 27(3): 113–119.
- Parma, MJ, Loteste, A, Campana, M y C Bacchetta, 2007. Changes of hematological parameters in *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae) exposed to sublethal concentration of cypermethrin. *Journal of Environmental Biology*. 28(1): 147–149.
- Pastor, R, Sbodio, O, Stella Maris, G, Rojas, L y B Espíndola, 2013. Estudio inmunohistoquímico de proliferación (PCNA) en branquias de *Prochilodus lineatus* de las cuencas del río Salado y Paraná. *Revista Electronica de Veterinaria*. 14(1).
- Paula, DAJ, Andrade, ES, Murgas, LDS, Felizardo, VO, Winkaler, EU, Zeviani, W y RTF Freitas, 2012. Vitamin E and reduced glutathione in *Prochilodus lineatus* (curimba) semen cryopreservation (Characiformes: Prochilodontidae. *Neotropical Ichthyology*. 10(3): 661–665.

- Paula, DAJ, Machado, MRF, Murgas, LDS, Rabelo, D, Zangerônimo, MG, Neto, RVR, ... EA Andrade, 2014. Toxicity of cryoprotectants on *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) (curimba) embryos in an experimental incubator (Characiformes: Prochilodontidae. *Neotropical Ichthyology*. 12(4): 835–844.
- Paulino, MG, Sakuragui, MM y MN Fernandes, 2012. Effects of atrazine on the gill cells and ionic balance in a neotropical fish, *Prochilodus lineatus*. *Chemosphere*. 86(1): 1–7.
- Paulino, MG, Souza, NES y MN Fernandes, 2012. Subchronic exposure to atrazine induces biochemical and histopathological changes in the gills of a Neotropical freshwater fish, *Prochilodus lineatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 80: 6–13.
- Paulino, MS, Miliorini, AB, Murgas, LDS, de Lima, FSM y Vde O Felizardo, 2011. Desempenho reprodutivo do pacu, piracanjuba e curimba induzidos com extrato de busserelina. *Boletim Do Instituto de Pesca*. 37(1): 39–45.
- Pazianoto, LHR, Souza, MLS, Veronezzi, AL y E Benedito, 2013. Influence of the environment on caloric content and physiological condition of two species of migratory neotropical fishes. *Iheringia. Série Zoologia*. 103(3): 206–213.
- Peixer, J y M Petreire Júnior, 2009. Sport fishing in Cahoeira de Emas in Mogi-Guaçu River, State of São Paulo, Brazil . *Brazilian Journal of Biology*. 69(4): 1081–1090.
- Peixer, J y M Petreire Júnior, 2009. Socio-economic characteristics of the Cachoeira de Emas small-scale fishery in Mogi-Guaçu River, State of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*. 69(4): 1047–1058.
- Peixoto, PG, Oliveira, RV, Silva, BB, Santos, CTB y A Pelli, 2013. Isolamento de *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterobacter cloacae* isolados em curimba *Prochilodus lineatus* em sistema fechado. *Iniciação Científica Cesumar*. 15(2): 189–191.

- Penitente, M, Voltolin, TA, Senhorini, JA, Bortolozzi, J, Foresti, F, y Porto-Foresti, F 2013. Transmission rate variation among three B chromosome variants in the fish *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae). *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*. 85(4): 1371–1377.
- Pereira Maduenho, L y CBR Martinez, 2008. Acute effects of diflubenzuron on the freshwater fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*. 148(3): 265–272.
- Pereira, BF, Alves, AL, Senhorini, JA, Rocha, Rde CGde A, Pitol, DL y FH Caetano, 2014. Effects of biodegradable detergents in the accumulation of lipofuscin (Age Pigment) in gill and liver of two neotropical fish species. *International Journal of Morphology*. 32(3): 781–789.
- Pereira, BF, da Silva Alves, RM, Pitol, DL, Senhorini, JA, de Alcântara Rocha, Rde CG y FH Caetano, 2012. Effects of exposition to polluted environments on blood cells of the fish *Prochilodus lineatus*. *Microscopy Research and Technique*. 75(5): 571–575.
- Pereira, GJM, Murgas, LDS, Silva, J, Miliorini, aB, Logato, PVR y D Lima, 2009. Indução da desova de curimba (*Prochilodus lineatus*) utilizando ECG e EBHC. *Revista Ceres*. 56(2): 156–160.
- Pereira, L, Fernandes, MN y CBR Martinez, 2013. Hematological and biochemical alterations in the fish *Prochilodus lineatus* caused by the herbicide clomazone. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 36(1): 1–8.
- Peretti, D y IDF Andrian, 2004. Trophic structure of fish assemblages in five permanent lagoons of the high Parana River floodplain, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*. 71: 95–103.
- Perini, Vda R, Paschoalini, AL, Cruz, CKFda, Rocha, Rde CGAde, Senhorini, JA, Ribeiro, DM, ... E Rizzo, 2013. Profiles of sex steroids, fecundity and spawning of a migratory characiform fish from the Paraguay-Paraná basin: A

- comparative study in a three-river system. *Fish Physiology and Biochemistry*, 39(6): 1473–1484.
- Pessoa, Na y UH Schulz, 2010. Diel and seasonal movements of grumatã *Prochilodus lineatus* (Valenciennes 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) in the Sinos River, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(4): 1169–77.
  - Pesquisa, BDe 2000. Descrição das Larvas das Principais Espécies de Peixes Utilizadas pela Pesca no Pantanal. *Boletim de Pesquisa Ministério Da Agricultura E Do Abastecimento*.
  - Poletta, GL, Gigena, F, Loteste, A, Parma, MJ, Kleinsorge, EC y MF Simoniello, 2013. Comet assay in gill cells of *Prochilodus lineatus* exposed in vivo to cypermethrin. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 107(3): 385–390.
  - Ramella, MS, Kroth, MA, Meurer, S, Nuñez, APDO, Zaniboni Filho, E y ACM Arisi, 2006. Genetic variability in four fish species (*Pimelodus maculatus*, *Prochilodus lineatus*, *Salminus brasiliensis* and *Steindachneridion scripta*) from Uruguay River Basin. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 49(4): 589–598.
  - Rêgo, ACL, Pinese, OP, Magalhães, PA y JF Pinese, 2008. relação peso-comprimento para *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) e *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) (Characiformes) no reservatório de Nova Ponte - EPDA de Galheiro, rio Araguari, MG. *Revista Brasileira de Zootecias*. 10(1): 13–21.
  - Resende, EK, Catella, AC, Nascimento, FF, Palmeira, SS, Pereira, R, Lima, MS y VLL Almeida, 1996. Biologia do curimatá (*Prochilodus lineatus*), pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) na bacia hidrográfica do rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Corumbá. EMBRAPA. CPAP Boletim de Pesquisa*. 2: 75.
  - Revaldaves, E 1997. Genetic variability of *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae) in the upper Paraná river. *Brazilian Journal of Genetics*. 20(3): 1–9.

- Revaldaves, E, Renesto, E y JR Gold, 2016. Genetic variation of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) from Paraná, Miranda, and Corumbí rivers, Brazil. *Genetics and Molecular Research*, 15(4).
- Reynalte-Tataje, DA, Baldisserotto, B y E Zaniboni-Filho, 2015. The effect of water pH on the incubation and larviculture of curimbatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) (Characiformes: Prochilodontidae). *Neotropical Ichthyology*. 13(1): 179–186.
- Reynalte-Tataje, DA, Nuñez, APO, Nunes, MC, Garcia, V, Lopes, CA y E Zaniboni-Filho, 2012. Spawning of migratory fish species between two reservoirs of the upper Uruguay river, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 10(4), 829–835.
- Rezende, CF, Dias, AL y L Giuliano-caetano, 2004. Analysis of the heterochromatin of the B-chromosome in the fish *Prochilodus lineatus* with various restriction enzymes. *Caryologia*. 57, 279–282.
- Ribeiro, AM, Risso, WE, Fernandes, MN y CBR Martinez, 2014. Lead accumulation and its effects on the branchial physiology of *Prochilodus lineatus*. *Fish Physiology and Biochemistry*. 40(3): 645–657.
- Ricken, C y LR Malabarba, 2009. A study of fish traces taken from the archaeological sites of the areas surrounding the Machadinho Hydroelectric power station, Rio Grande do Sul, Brazil. *Zoologia*. 26(3): 469–478.
- Rios, FSA, Carvalho, CS, Pinheiro, GHD, Donatti, L, Fernandes, MN y FT Rantin, 2011. Utilization of endogenous reserves and effects of starvation on the health of *Prochilodus lineatus* (Prochilodontidae). *Environmental Biology of Fishes*. 91(1): 87–94.
- Rivaroli, L, Rantin, FT y AL Kalinin, 2006. Cardiac function of two ecologically distinct Neotropical freshwater fish: Curimbata, *Prochilodus lineatus* (Teleostei,

- Prochilodontidae), and trahira, *Hoplias malabaricus* (Teleostei, Erythrinidae). *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*. 145(3): 322–327.
- Rodrigues, LHR, Barradas, JR, Alves, TP y NF Fontoura, 2011. Modelagem estatística de distribuição de peixes migradores como subsídio ao licenciamento de barramentos na bacia Camaquã, RS. *Revista de Gestão de Água Da América Latina*. 8(2): 31–41.
  - Rojas, O, Pinto, AL, NET, Rocha, CSRM y S 2004. Influência de diferentes níveis de alcalinidade da água de viveiros sobre o crescimento de larvas de *Prochilodus lineatus*. *Boletim Do Instituto de Pesca*, 30(2): 99–108.
  - Ros, AE, Fortuny, A y VG Amutio, 1984. Induced breeding of the sabalo, *Prochilodus platensis*. *Aquaculture*. 41(4): 385-388.
  - Rossi, LM 1992. Evolución morfológica del aparato digestivo de postlarvas y prejuveniles de *Prochilodus lineatus* (Val, 1847) (Pisces, Curimatidae) y su relación con la dieta. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 25(2): 159–167.
  - Rueda, EC, Carriquiriborde, P, Monzón, AM, Somoza, GM y G Ortí, 2013. Seasonal variation in genetic population structure of sábalo (*Prochilodus lineatus*) in the Lower Uruguay River. *Genetica*. 141(7–9), 401–407.
  - Rueda, EC, Sommer, J, Scarabotti, P, Markariani, R y G Ortí, 2011. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci in the migratory freshwater fish *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae). *Conservation Genetics Resources*. 3(4): 681–684.
  - Sacramento, PA, Manetta, GI y E Benedito, 2016. Diet-tissue discrimination factors ( $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$ ) and turnover rate in somatic tissues of a neotropical detritivorous fish on C3 and C4 diets. In *Journal of Fish Biology*. 89: 213–219.

- SAGyP 2011. Informe Nacional sobre el repoblamiento de cuerpos de agua continentales. Direccion de Pesca Contienntal. Subsecretaria de Pesca y Acuicultura. Ministerio de Agricultura, ganadería y pesca. Argentina. [http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/pesca\\_continental/informes/general/archivos//110920\\_Informe\\_Nacional%20sobre%20Repoblamiento\\_de%20Cuerpos%20de%20Aguas\\_Continetales\\_\(2011.pdf](http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/pesca_continental/informes/general/archivos//110920_Informe_Nacional%20sobre%20Repoblamiento_de%20Cuerpos%20de%20Aguas_Continetales_(2011.pdf)
- Saigo, M, Ruffener, L, Scarabotti, P y M Marchese, 2016. Food chain length in a large floodplain river: planktonic or benthic reliance as a limiting factor. *Marine and Freshwater Research*.
- Sanches, EA, Marcos, RM, Baggio, DM, Tessaro, L, Balen, RE y RA Bombardelli, 2011. Estimativa da concentração espermática do sêmen de peixe pelo método de espermatócrito. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40(6): 1163–1167.
- Sanches, EA, Neumann, G, De Toledo, CPR y RA Bombardelli, 2015. Effects of water pH on gamete activation, embryonic development, and larval normality in *Prochilodus lineatus*. *Semina:Ciencias Agrarias*. 36(4): 2871–2880.
- Santos, ABI, Albieri, RJ y FG Araujo, 2013. Influences of dams with different levels of river connectivity on the fish community structure along a tropical river in Southeastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*. 29(1): 163–171.
- Santos, AFGN, Alcaraz, C, Santos, LN, Hayashi, C y E García-Berthou, 2012. Experimental assessment of the effects of a neotropical nocturnal piscivore on juvenile native and invasive fishes. *Neotropical Ichthyology*. 10(1): 167–176.
- Santos, AFGN, García-Berthou, E, Hayashi, C y LN Santos, 2013. When habitat complexity increases predation risk: Experiments with invasive and neotropical native fishes. *Marine and Freshwater Research*. 64(8): 752–760.
- Santos, AFGN, Santos, LN, García-Berthou, E y C Hayashi, 2009. Could native predators help to control invasive fishes? Microcosm experiments with the

- Neotropical characid, *Brycon orbignyanus*. *Ecology of Freshwater Fish*. 18(3): 491–499.
- Santos, M y O Rocha, 1998. Plankton community structure and its relation to the water quality in streams under urban impacts. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1266-1270.
  - Santos, RS, Martins, ML, Marengoni, NG, Francisco, CJ, Piazza, RS, Takahashi, HK y EM Onaka, 2005. *Neoechinorhynchus curemai* (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) in *Prochilodus lineatus* (Osteichthyes: Prochilodontidae) from the Paraná River, Brazil. *Veterinary Parasitology*. 134(1–2): 111–115.
  - Santos, TG y CBR Martinez, 2012. Atrazine promotes biochemical changes and DNA damage in a Neotropical fish species. *Chemosphere*. 89(9): 1118–1125.
  - Saraiva, SO y PS Pompeu, 2016. Fish hatching and its effects on the morphology of *Prochilodus lineatus* (Actinopterygii: Prochilodontidae). *Brazilian Journal of Biology*. 76(1): 209–217.
  - Schenone, NF, Avigliano, E, Goessler, W y A Fernández Cirelli, 2014. Toxic metals, trace and major elements determined by ICPMS in tissues of *Parapimelodus valenciennis* and *Prochilodus lineatus* from Chascomus Lake, Argentina. *Microchemical Journal*. 112: 127–131.
  - Schork, G, Hermes-Silva, S, Beux, LF, Zaniboni-Filho, E y APde O Nuñez, 2012. Diagnóstico da pesca artesanal na usina hidrelétrica de machadinho, alto Rio Uruguai - Brasil. *Boletim Do Instituto de Pesca*. 38(2): 97–108.
  - Shibatta, OA, Gealh, AM y ST Bennemann, 2007. Ictiofauna dos trechos alto e médio da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*. 7(2).
  - Silva Filho, MV, Oliveira, MM, Salles, JB, Cunha Bastos, VLF, Cassano, VPF y JC Bastos, 2004. Methyl-paraoxon comparative inhibition kinetics for acetylcholinesterases from brain of neotropical fishes. *Toxicology Letters*. 153(2): 247–254.

- Silva, AOFD y CBR Martinez, 2014. Acute effects of cadmium on osmoregulation of the freshwater teleost *Prochilodus lineatus*: Enzymes activity and plasma ions. *Aquatic Toxicology*. 156: 161–168.
- Silvano, RAM y A Begossi, 2001. Seasonal dynamics of fishery at the Piracicaba River (Brazil). *Fisheries Research*. 51(1): 69–86.
- Simonato, JD, Fernandes, MN y CBR Martinez, 2011. Gasoline effects on biotransformation and antioxidant defenses of the freshwater fish *Prochilodus lineatus*. *Ecotoxicology*. 20(6): 1400–1410.
- Simonato, JD, Fernandes, MN y CBR Martinez, 2013. Physiological effects of gasoline on the freshwater fish *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae). *Neotropical Ichthyology*. 11(3): 683–691.
- Simonato, JD, Guedes, CLB y CBR Martinez, 2008. Biochemical, physiological, and histological changes in the neotropical fish *Prochilodus lineatus* exposed to diesel oil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 69(1), 112–120.
- Simonato, JD, Mela, M, Doria, HB, Guiloski, IC, Randi, MAF, Carvalho, PSM, ... CBR Martinez, 2016. Biomarkers of waterborne copper exposure in the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Aquatic Toxicology*. 170: 31–41.
- Simoniello, MF, Gigena, F, Poletta, G, Loteste, A, Kleinsorge, E, Campana, M, ... MJ Parma, 2009. Alkaline comet assay for genotoxic effect detection in neotropical fish *Prochilodus lineatus* (Pisces, Curimatidae). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 83(2): 155–158.
- Smith, WS, Petrere, M y W Barrella, 2003. The fish fauna in tropical rivers: The case of the Sorocaba river basin, São Paulo, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*.

- Smolders, AJP, Guerrero Hiza, MA, Van Der Velde, G y JGM Roelofs, 2002. Dynamics of discharge, sediment transport, heavy metal pollution and Sábalo (*Prochilodus lineatus*) catches in the lower Pilcomayo river (Bolivia. *River Research and Applications*. 18(5): 415–427.
- Smolders, AJP, van der Velde, G, Roelofs, JGM y MA Guerrero Hiza, 2000. El Niño Caused Collapse of the Sábalo Fishery ( *Prochilodus lineatus* , Pisces: Prochilodontidae) in a South American River. *Naturwissenschaften*. 87(1): 30–32.
- Snyder, DE, 1983. Fish eggs and larvae. Pages 165-197 in L. Nielsen and D. Johnson, editors. Fisheries techniques. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Somoza, GM, Stéfano, A, D'Eramo, JL, Canosa, LF y O Fridman, 1994. Immunoreactive GnRH suggesting a third form of GnRH in addition to cIIGnRH and sGnRH in the brain and pituitary gland of *Prochilodus lineatus* (Characiformes. *General and Comparative Endocrinology*. 94(1): 44–52.
- Speranza, ED y JC Colombo, 2009. Biochemical composition of a dominant detritivorous fish *Prochilodus lineatus* along pollution gradients in the Paraná-Río de la Plata Basin. *Journal of Fish Biology*. 74(6): 1226–1244.
- Speranza, ED, Cappelletti, N, Migoya, MC, Tatone, LM y JC Colombo, 2012. Migratory behaviour of a dominant detritivorous fish *Prochilodus lineatus* evaluated by multivariate biochemical and pollutant data. *Journal of Fish Biology*. 81(2): 848–865.
- Speranza, ED, Colombo, M, Tatone, LM, Cappelletti, N, Migoya, MC y Colombo JC, 2016. Fatty acid alterations in the detritivorous *Prochilodus lineatus* promoted by opportunistic feeding on sewage discharges in the Río de la Plata estuary. *Journal of Fish Biology*. 89(4): 2024–2037.

- Speranza, E D, Tatone, L M, Cappelletti, N y J C Colombo, 2013. Cost-benefit of feeding on anthropogenic organic matter: Lipid changes in a detritivorous fish (*Prochilodus lineatus*). *Ichthyological Research*. 60(4): 334–342.
- Stassen, M J M, van de Ven, M W P M, van der Heide, T, Hiza, M A G, van Der Velde, G y A J P Smolders, 2010. Population dynamics of the migratory fish *Prochilodus lineatus* in a neotropical river: The relationships with river discharge, flood pulse, El Niño and fluvial megafan behaviour. *Neotropical Ichthyology*. 8(1): 113–122.
- Streit Jr, D P, Moraes, G V de, Ribeiro, R P, Sakaguti, E S, Souza, E D de, Povh, J A y W Caçador, 2004. Comparação do sêmen de Curimbá (*Prochilodus lineatus*) induzido por extrato de hipófise de frango, coelho ou carpa. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. 147–153.
- Sverlij, SB, Ros, AE y G Orti, 1993. Sinopsis de los datos biológicos y pesqueros del sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847. Sinopsis sobre la pesca 154. FAO, Roma, Italia.
- Tablado, A y N Oldani 1984. Consideraciones generales sobre las migraciones de peces en el río Paraná. *Bol. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*. 4(3): 31-34.
- Tablado, A, N O Oldani, L Ulibarrie y C Pignalberi De Hassan 1988. Cambios estacionales de la densidad de peces en una laguna del valle aluvial del río Paraná (Argentina). *Rev. Hydrobiol. Trop*. 21(4): 335-348.
- Takemoto, R M, Lizama, M D L A P y G C Pavanelli, 2002. A new species of Kritskyia (Dactylogyridae, Ancyrocephalinae) parasite of urinary bladder of *Prochilodus lineatus* (Prochilodontidae, Characiformes) from the floodplain of the high Paraná river, Brazil. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*. 97(3): 313–315.
- Tavares-Dias, M, Ono, E A, Pilarski, F y F R Moraes, 2007. Can thrombocytes participate in the removal of cellular debris in the blood circulation of teleost

- fish? A cytochemical study and ultrastructural analysis. *Journal of Applied Ichthyology*. 23(6): 709–712.
- Tavares-Dias, M, Ruas-Moraes, F y M Laterça-Martins, 2006. Equacao da relacao peso-comprimento, fator de condicao, relacao hepato e esplenosomática de 11 teleósteos dulciaqüícolas cultivados no Brasil. In *IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. 713–720.
  - Teixeira, T P, Pinto, B C T, Terra, B D F, Estiliano, E O, Gracia, D y F G Araújo, 2005. Diversidade das assembléias de peixes nas quatro unidades geográficas do rio Paraíba do Sul. *Iheringia*. 95(4): 347–357.
  - Telichevsky, S, Fortuny A y G Picotti, 1987. Biología reproductiva del sábalo (*Prochilodus platensis*, Holmberg), del río Paraná en el área de Bella Vista. Informe Convenio Agua y Energía - INIDEP, 17p.
  - Teresa, F B, de Mei Romero, R, Casatti, L y J Sabino, 2011. Habitat simplification affects nuclear-follower foraging association among stream fishes. *Neotropical Ichthyology*. 9(1): 121–126.
  - Teresa, F B, Romero, R D M, Casatti, L y J Sabino, 2011. Fish as indicators of disturbance in streams used for snorkeling activities in a tourist region. *Environmental Management*. 47(5): 960–968.
  - Townsed, C, 1996. Concepts in river ecology: pattern and process in the catchments hierarchy. En: The ecology of large rivers. Sutcliffe, D (Ed. *Hydrobiol. Suppl. Large Rivers*. 10(1-4): 3-21.
  - Troncoso, I C, Cazenave, J, Bacchetta, C y M Bistoni, 2012. Histopathological changes in the gills and liver of *Prochilodus lineatus* from the Salado River basin (Santa Fe, Argentina). *Fish Physiology and Biochemistry*. 38(3): 693–702.
  - Valladão, G M R, Gallani, S U, De Pádua, S B, Martins, M L y F Pilarski, 2014. *Trichodina heterodentata* (Ciliophora) infestation on *Prochilodus lineatus* larvae: a host–parasite relationship study. *Parasitology*. 141(5): 662–669.

- Van Dijk, G, Stalnacke, P, Grimvall, A, Tonderki, A, Sundbland, K y A Schafer, 1996. Long-term trends in nitrogen and phosphorus concentrations in the lower River Rhine. En: The ecology of large rivers. Sutcliffe, D (Ed. *Hydrobiol. Suppl. Large Rivers*. 10(1-4): 99-109.
- Vanzella, T P, Martinez, C B R y I M S Cólus, 2007. Genotoxic and mutagenic effects of diesel oil water soluble fraction on a neotropical fish species. *Mutation Research*. 631(1), 36–43.
- Vasconcelos, A C N, Felizardo, V O, de Carvalho, A F S, Garcia, R R F, Ramos, S E y L D S Murgas, 2015. Cryopreservation of *Prochilodus lineatus* semen: Effect of cryoprotectants combination . *Boletim Do Instituto de Pesca*. 41: 817–824.
- Vazzoler, A E A M, Agostinho, A A y N S A Hahn, 1997. *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, 768p.
- Vicari, M R, de Almeida, M C, Bertollo, L A C, Moreira-Filho, O y R F Artoni, 2006. Cytogenetic analysis and chromosomal characteristics of the polymorphic 18S rDNA in the fish *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae). *Genetics and Molecular Biology*. 29(4): 621–625.
- Vicari, M R, Nogaroto, V, Noletto, R B, Cestari, M M, Cioffi, M B, Almeida, M C, ... R F Artoni, 2010. Satellite DNA and chromosomes in Neotropical fishes: Methods, applications and perspectives. *Journal of Fish Biology*.
- Vicentin, W, Rocha, A S, Rondon, P L, Costa, F E dos S, y Suárez, Y R 2012. Parâmetros populacionais, período reprodutivo e crescimento de *Prochilodus lineatus* (characiformes, prochilodontidae) na cabeceira do Rio Miranda, Alto Rio Paraguai. *Oecologia Australis*. 16(4): 891–904.

- Vieira, C E D, Costa, P G, Lunardelli, B, de Oliveira, L F, da Costa Cabrera, L, Risso, W E...C Bueno dos Reis Martinez, 2016. Multiple biomarker responses in *Prochilodus lineatus* subjected to short-term in situ exposure to streams from agricultural areas in Southern Brazil. *Science of the Total Environment*. 542: 44–56.
- Villar, C, Stripeikis, J, Colautti, D, D’Huicque, L, Tudino, M y C Bonetto, 2001. Metals contents in two fishes of different feeding behaviour in the Lower Parana River and Rio de la Plata Estuary. *Hydrobiologia*. 45: 225–233.
- Viveiros, A T M y M C Leal, 2016. Sperm dilution ratio affects post-thaw motility rate and velocity of *Prochilodus lineatus* (Characiformes) sperm. *Zygote*. 24(5): 662–667.
- Viveiros, A T M, Di Chiacchio, I M, Almeida, I L G, Taffarel, T R y M C Leal, 2017. Storage and transportation of *Prochilodus lineatus* (Characiformes) sperm prior to cryopreservation. *General and Comparative Endocrinology*. 245: 84–88.
- Viveiros, A T M, Gonçalves, A C S, Di Chiacchio, I M, Nascimento, A F, Romagosa, E y M C Leal, 2015. Gamete quality of streaked prochilod *Prochilodus lineatus* (Characiformes) after GnRH $\alpha$  and dopamine antagonist treatment. *Zygote*. 23(2): 212–221.
- Viveiros, A T M, Gonçalves, A C S, Nascimento, A F y M C Leal, 2015. Fresh, equilibrated and post-thaw sperm quality of *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1850) and *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) treated with either salmon GnRH $\alpha$  and domperidone or pituitary extract. *Neotropical Ichthyology*, 13(1), 157–164.
- Viveiros, A T M, Leal, M C, Frana, T S, Almeida, I L G y Z A Isa, 2016. Osmolality and composition of the activating solution affects motility of fresh and frozen *Prochilodus lineatus* sperm differently. *Animal Reproduction Science*. 173: 73–79.

- Viveiros, A T M, Nascimento, A F, Leal, M C, Gonçalves, A C S, Orfão, L H y J Cosson, 2014. Methyl glycol, methanol and DMSO effects on post-thaw motility, velocities, membrane integrity and mitochondrial function of Brycon orbignyanus and *Prochilodus lineatus* (Characiformes) sperm. *Fish Physiology and Biochemistry*. 41(1):193–201.
- Viveiros, A T M, Nascimento, A F, Orfão, L H y Z A Isaú, 2010. Motility and fertility of the subtropical freshwater fish streaked prochilod (*Prochilodus lineatus*) sperm cryopreserved in powdered coconut water. *Theriogenology*. 74(4): 551–556.
- Viveiros, A T M, Orfão, L H, Maria, A N y I B Allaman, 2009. A simple, inexpensive and successful freezing method for curimba *Prochilodus lineatus* (Characiformes) semen. *Animal Reproduction Science*. 112(3–4): 293–300.
- Viveiros, A T M, Taffarel, T R y M C Leal, 2014. Osmolality and composition of the extender during the cold storage of *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae) sperm. *Neotropical Ichthyology*. 12(3): 643–648.
- Volpato, G L, Barreto, R E, Marcondes, A L, Andrade Moreira, P S y M F de Barros Ferreira, 2009. Fish ladders select fish traits on migration—still a growing problem for natural fish populations. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 42(5): 307–313.
- Volpedo, A V, Avigliano, E, y A Cirelli, 2015. Presence of trace elements in fishes from the Chaco-Pampeana plain Presencia de elementos traza en peces de la llanura Chaco-Pampeana. *Sustainability. Agri. Food and Environmental Research*. 3(2).
- Voltolin, T A, Laudicina, A, Senhorini, J A, Bortolozzi, J, Oliveira, C, Foresti, F y F Porto-Foresti, 2010. Origin and molecular organization of supernumerary chromosomes of *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae) obtained by DNA probes. *Genetica*. 138(11): 1133–1139.

- Voltolin, T A, Mendonça, B B, Ferreira, D C, Senhorini, J A, Foresti, F y F Porto-foresti, 2013. Chromosomal location of retrotransposable REX 1 in the genomes in five Prochilodus (Teleostei : Characiformes : Prochilodontidae ) species. *Mobile Genetic Elements*. 3(4): 8–11.
- Voltolin, TA, Penitente, M, Mendonça, BB, Senhorini, JA, Foresti, F y F Porto-Foresti, 2013. Karyotypic conservatism in five species of Prochilodus (Characiformes, Prochilodontidae) disclosed by cytogenetic markers. *Genetics and Molecular Biology*. 36(3): 347–352.
- Voltolin, TA, Senhorini, JA, Foresti, F, Bortolozzi, J, y F Porto-Foresti, 2011. Intraspecific crosses resulting in the first occurrence of eight and nine B chromosomes in *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae. *Genetics and Molecular Biology*. 34(2): 220–224.
- Voltolin, TA, Senhorini, JA, Oliveira, C., Foresti, F, Bortolozzi, J y F Porto-Foresti, 2010. Supernumerary chromosome inheritance in the curimbatá (*Prochilodus lineatus*) of the Mogi-Guaú River. *Hereditas*. 147(3): 127–131.
- Voltolin, TA, Senhorini, JA, Oliveira, C, Foresti, F, Bortolozzi, J, y F Porto-Foresti, 2010. B-chromosome frequency stability in *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae. *Genetica*. 138(3): 281–284.
- Wagner, RL, Makrakis, S, Castro-Santos, T, Makrakis, MC Dias, JHP, y RF Belmont, 2012. Passage performance of long-distance upstream migrants at a large dam on the Paraná river and the compounding effects of entry and ascent. *Neotropical Ichthyology*. 10(4): 785–795.
- Winemiller, K, 1996. Food webs: integration of patterns and dynamics. Chapman and Hall, New York, New York, USA.
- Winkaler, EU, Santos, TRM, Machado-Neto, JG y CBR Martinez, 2007. Acute lethal and sublethal effects of neem leaf extract on the neotropical freshwater

- fish *Prochilodus lineatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*. 145(2): 236–244.
- Yazbeck, GM y E Kalapothakis, 2007. Isolation and characterization of microsatellite DNA in the piracema fish *Prochilodus lineatus* (Characiformes). *Genetics and Molecular Research*. 6(4): 1026–34.
  - Zaniboni-filho, E, Meurer, S, Golombieski, JI, Silva, LVF y B Baldisserotto, 2002. Survival of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes ) fingerlings exposed to acute pH changes. *Acta Acientarium*. 24: 917–920.
  - Zaniboni-Filho, E, Nuer, APO, Reynalte-Tataje, DA y RL Serafini, 2009. Water pH and *Prochilodus lineatus* larvae survival. *Fish Physiology and Biochemistry*. 35(1): 151–155.
  - Zatti, SA, Arana, S, Maia, AAM y EA Adriano, 2016. Ultrastructural, ssrDNA sequencing of *Myxobolus prochilodus* and *Myxobolus porofilus* and details of the interaction with the host *Prochilodus lineatus*. *Parasitology Research*. 115(12): 4573–4585.

## **El recurso pejerrey. Una manera de aprovechamiento de servicios ecosistémicos de ambientes acuáticos continentales.**

Silverside resource. A way to take advantage of ecosystem services from continental aquatic environments.

Fabián Grosman

Facultad de Ciencias Veterinarias-Instituto Ecosistemas (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires). Pinto 399, Tandil Argentina.  
fgrosman@faa.unicen.edu.ar

### **Resumen**

En Argentina la pesca deportiva comenzó a ser considerada en forma incipiente en la década de 1990, como un recurso de valor económico y comercial. Los principales factores que influyeron en este cambio de actitud, fueron la crisis agropecuaria, la búsqueda de diversificar ingresos, el incremento de actividades al aire libre, las facilidades de traslado, la disminución relativa de costos de equipos y, las inundaciones prolongadas. La mayoría de estos factores son parte del componente humano de la pesca deportiva al cual se debe incorporar aspectos ambientales como los peces y su entorno. En la región pampeana, la especie que moviliza mayor cantidad de pescadores deportivos es el pejerrey. El objetivo del trabajo es demostrar la importancia que posee el recurso pejerrey en la pesca deportiva y el perfil de los pescadores de esta especie. En este trabajo caracteriza el contexto socioeconómico y las principales variables biológicas y ambientales de la temática, que en forma directa o indirecta inciden en la estructura y funcionalidad de cada cuerpo de agua y sus bienes y servicios. Se especifican los roles de los diferentes actores involucrados y las interacciones e interdependencias presentes, bajo la premisa que sólo es posible su abordaje y gestión a partir del saber de las propiedades de cada componente que conforma el sistema y las mutuas relaciones existentes.

**Palabras claves:** pejerrey, lagunas pampeanas, pesca deportiva, actores sociales

## **Abstract**

In Argentina, sport fishing began to be considered incipiently in the 1990s, as a resource of economic and commercial value. The main factors that influenced this attitude change were the agricultural crisis, the search to diversify income, increase of outdoor activities, transfer facilities, relative decrease in equipment costs, prolonged flooding. The majority of these aspects are part of the human component of sport fishing, to which the natural fish formed by the target fish and its physical, chemical and biological environment are necessarily added. In the Pampean region, the species that mobilizes the most adept is the silverside. The objective of this paper is to demonstrate that this fish constitutes a true resource that mobilizes and distributes large volumes of money, generates labor and involves a varied number of people of different profiles and occupations. Its quality and quantity is determinant for the system, both to promote it and to block it. The social and economic context and the main biological and environmental variables of the subject are characterized, which directly or indirectly affect the structure and functionality of each body of water and its goods and services. The roles of the different actors involved and the interactions and interdependencies present are specified, under the premise that it is only possible to approach and management them based on the knowledge of the properties of each component that makes up the system and the mutual relations that exist.

**Keywords:** silverside, Pampean shallow lakes, sport fishing, social actors

## **Introducción**

La pesca deportiva en Argentina comenzó a ser considerada y estudiada en ámbitos académicos recién a partir de la década de los 90; prueba de ello es que los Talleres sobre Manejo y Gestión del Pejerrey (*Odontesthes bonariensis* Valenciennes, 1835), los Congresos Nacionales de Pesca Deportiva y Turismo. Todos estos antecedentes son recientes en términos históricos (Baigún y Delfino, 2003; Barrientos y Baigún, 2005; Berasain *et al.* 2015; Cleminson, 2000; Colautti *et al.* 2003; Grosman, 1995; López *et al.* 2001; Mancini y Grosman, 2008; Vigliano y Alonso, 2000; Vigliano y Grosman, 1997; Vigliano y Lippolt, 1991; Volante *et al.* 1997).

El abordaje de esta temática desde el sector académico refleja la revalorización y resignificación de la actividad, ya que en el pasado también se pescaba en forma deportiva. Básicamente la pesca deportiva se practicaba en lugares incuestionablemente “públicos” y en otros ambientes de acceso restringido por hallarse rodeados de propiedad privada, a los cuales accedían por ser allegados al dueño de las tierras.

El objetivo de este trabajo es presentar una reseña histórica sobre la pesca deportiva del pejerrey. Esta especie posibilita un servicio ecosistémico a través de su pesca deportiva, moviliza dinero, genera mano de obra y empleo genuino, presenta alta potencialidad para el desarrollo de determinadas regiones e involucra mucha gente a través de prestación de bienes y servicios y forma parte de la dieta familiar.

### **La pesca deportiva**

El perfil de los pescadores deportivos y recreativos presentan algunas diferencias, pero en este trabajo son considerados como sinónimo. Los pescadores deportivos compiten entre ellos por la captura de mayor número de peces, por el pez de mayor peso o por el peso acumulado de los ejemplares. Intervienen en competencias fiscalizadas y organizadas que incluyen los conocidos concursos de pesca monoespecífica, por ejemplo del pejerrey, surubí, corvina, brótola, o pesca variada, o se premia el pez por su longitud o peso. En este sentido, cabe destacar la presencia de concursos de pesca durante todo el calendario, acorde a las temporadas y lugares.

Existen algunos que congregan más de 5000 participantes como las 24 horas de la corvina negra (2018), 3400 inscriptos en la Fiesta Nacional del Surubí (2018), Fiesta Nacional del Pejerrey (Junín, provincia de Buenos Aires) o Pejerrey de oro (Gral. Madariaga) con más de 1000 participantes. En la mayoría de los casos, con premios relevantes y atractivos y que a su vez han ido incrementándose en valor.

La pesca recreativa, en cambio, se identifica más con la naturaleza espiritual de las personas que la practican, las cuales buscan: el contacto con el ambiente, compartir un tiempo agradable con amigos, o con sí mismo, alejarse de la rutina diaria entre otras motivaciones propias y particulares y eventualmente disfrutar del consumo de los peces

que capturan. Incluye la pesca de diferentes especies, desde mojarra hasta peces de gran porte, pero la más practicada en Argentina es la del pejerrey. En virtud del solapamiento existente de las características enunciadas es que se toman con el mismo significado.

La pesca deportiva fue considerada hasta los 90 un hobby, una actividad pasatiempista, sin ningún tipo de implicancia social o económica. En función de ello, la importancia asignada a la misma por la sociedad en su conjunto, era totalmente trivial y superflua. En concordancia con ello, las políticas de Estado, tanto de investigación en los ámbitos de la ciencia como administrativos, encargados de proporcionar conocimiento y ordenación del recurso respectivamente, eran totalmente consecuentes.

Una serie de cambios produjeron una dinamización del sistema cuyos principales factores fueron: a) El sector agropecuario dueño de las tierras linderas a los ambientes donde se hallaban los peces que la gente quería capturar, comenzó a percibirlo como un capital natural, un bien que tenía en su interior y promovió el cobro por permitir el acceso por su propiedad. Ello le permitió diversificar los ingresos al establecimiento rural. b) La disminución relativa de los costos de traslado y de los equipos de pesca. c) El incremento en la demanda de actividades al aire libre, uso de servicios ecosistémicos brindados por humedales, entre los cuales la pesca deportiva ocupa un lugar importante. d) El cambio de paisaje debido a inundaciones permanentes en la llanura pampeana; e) La presencia masiva de medios de comunicación orales, escritos, televisión abierta y cable, páginas y foros de Internet, todos especializados en la temática, que a su vez generan un sistema que se retroalimenta y autoimpulsa, dándole más auge a la pesca deportiva fomentando la actividad.

Por sobre todas las cosas, la causa desencadenante de este proceso fue el acceso a un vocabulario común por parte de los actores directa o indirectamente vinculados. La pesca deportiva constituye un negocio, representa circulación de dinero, mano de obra, generación de empleo, movimiento económico, turismo, traslados, alojamiento, insumos y servicios varios. Esta unidad de cambio es accesible y universal a todos los lenguajes, sectores sociales, académicos, políticos; es entendida por el biólogo, el turista, el pescador, guías de pesca, el propietario del campo, los prestadores de servicios, los

inversores, los vendedores de artículos, los tomadores de decisión de organismos de gobierno, los medios de comunicación específicos, etc.

La presencia de este vocabulario común favoreció el entendimiento y diálogo entre sectores que poseían sus propios códigos y lógicas de funcionamiento. Propició el crecimiento y desarrollo del sector. Las variables mencionadas produjeron un efecto en cadena que generó por ejemplo la profesionalización de la actividad de varios de los rubros involucrados, quedando atrás el amateurismo. Además el proceso, se generaron tensiones de diferente origen, desarrollo y posibilidades de resolución, la más relevante es entre pescadores deportivos y los comerciales.

La pesca deportiva como sistema presenta dos grandes subesferas. Por un lado, se hallan los peces “blanco” o especies deseadas de la pesquería y todo el componente natural que las rodea (las variables físico-químicas y ambientales que le otorgan al pez buscado el entorno natural necesario que permite su existencia) En la otra subesfera se halla el hombre. El componente o factor humano, con sus aspectos sociales, legales, culturales y económicos. La pesca deportiva requiere obligatoriamente de la interacción entre ambas subsferas.

Si bien el hombre puede trasladarse e incluso adaptarse a las condiciones impuestas en determinados ambientes, existen características y variables diferenciales que condicionan a la especie blanco. En función de ello y por extensión, cada pesquería posee particularidades propias que las tornan peculiares. Se diferencian por su distinto grado de productividad orgánica, por las especies buscadas, por aspectos culturales del pescador concurrente y por lo tanto requieren de herramientas de gestión adecuadas a cada caso, sobre la base del conocimiento de los componentes sociales y naturales de la pesca deportiva. No se pueden trasladar de forma directa pautas de gestión del recurso de un lugar a otro, ya que podría causar incluso efectos contrapuestos a los buscados.

Una conducta determinada que se practica en una región, por cuestiones culturales y tradicionales, como por ejemplo consumir el producto de la pesca, podría alterar significativamente el recurso pesquero en otro lugar en función de diferente escala de productividad de un ecosistema. Es más peligroso aún; trasladar medidas de manejo o de especies blanco que aunque hayan sido exitosas en sus países de origen, pueden

afectar de forma negativa e irreversible al ambiente y la pesca deportiva por su acción en el componente humano o natural.

### **Pesquerías deportivas de Argentina**

En Argentina, básicamente y en términos generales, se diferencian 5 grandes regiones en cuanto a pesquerías deportivas; cada una con características propias.

a) Región Litoral: en los Ríos Paraná, Uruguay y sus tributarios, con la pesca de dorados y surubíes como especies emblemáticas y otras acompañantes pero de menor relevancia en lo social (Baigún, 2013).

b) En la región de Cuyo, Centro y Noroeste de Argentina, en embalses donde se pesca el pejerrey y la carpa (Mancini *et al.* 2003).

c) Región pampeana (que incluye a la provincia de Buenos Aires, Sur de Córdoba, Santa Fe, E. de La Pampa y Sur de San Luis) donde la especie predominante en la pesca deportiva es el pejerrey; otros peces de interés creciente son la tararira y la carpa, por sus portes y a su vez, son estacionalmente complementarias al pejerrey (Grosman, 2001; Maiztegui *et al.* 2016).

d) Región patagónica, donde los salmónidos constituyen las especies *target*, con la salvedad de la potencialidad de especies autóctonas como el caso del pejerrey patagónico y la perca, con lo cual se podría ampliar mucho más el horizonte de perfiles de pescadores (Rechencq *et al.* 2017).

e) Región costera (Provincia de Buenos Aires y Patagonica) Se halla totalmente subestimada en el país, muy poco desarrollada y mucho menos conocida, pero con un gran potencial (Llompart *et al.* 2011).

Si bien cada ambiente posee condiciones particulares diferenciales, también existe una serie de características comunes que es posible contemplar y tener en cuenta a fin de no cometer los mismos errores. Por ejemplo: el común denominador que

necesariamente cruza en la ordenación de toda pesquería es el uso responsable del recurso, el mantenimiento del stock pesquero, el conocimiento de las potencialidades y limitaciones naturales de los ecosistemas; y los requerimientos y comportamiento de los pescadores. Si el ambiente y su biota (los peces) no son adecuadamente gestionados, con pautas de manejo técnicamente fundadas y socialmente consensuadas, el destino de la pesquería irremediablemente es el fracaso.

### **El subsistema natural de la pesca deportiva del pejerrey.**

El componente natural en la pesca deportiva del pejerrey está conformado básicamente por lagunas y existen miles en la región pampeana. La baja pendiente de la llanura provoca un predominio de procesos hidrológicos verticales (evapotranspiración, infiltración, precipitación) sobre el escurrimiento horizontal. Esta condición genera como característica del paisaje, la presencia de un sistema de drenaje anastomosado de arroyos de bajo a mediano caudal y lagunas que otorgan a la región una impronta peculiar.

Son ambientes limnológicamente dinámicos y frágiles expuestos a una fuerte presión antrópica (urbana, industrial, agropecuaria, extracción de recursos, manejo del agua, entre otras) que repercute en la estructura y funcionamiento, organización, relaciones estrechas entre componentes bióticos y abióticos, dependencia de aspectos hidrológicos que determinan incluso hasta su existencia. En períodos hidrológicos medios se consideran 2 millones de hectáreas de agua en esta región, pero hay alternancia de periodos de seca e inundación muy pronunciados, incluso hasta en forma simultánea en diferentes regiones; como ocurrió en el verano de 2018. Existen lagunas con superficies pequeñas y poca profundidad y otras alcanzan mas de 40.000 ha.

Todos estos aspectos inciden sobre la dinámica y la estructura de la laguna y básicamente en forma indirecta sobre los recursos pequeños como es el pejerrey. Un dato curioso es que pese a las miles de lagunas existentes, son escasas a las que asisten los pescadores deportivos influenciados por modas, o la transmisión oral y los de comunicación, así como la calidad/cantidad de la pesca asegurada.

Uno de los cuerpos de agua más visitados sobre las cuales existen estudios particularidades es Chasicó (Avigliano *et al.* 2011; Berasain *et al.* 2015; Volpedo y Fernández Cirelli, 2013) donde la salinidad es el componente determinante.

### **El componente humano en la pesca del pejerrey.**

Los pescadores deportivos conforman un grupo muy heterogéneo en actitudes, recurrencia o frecuencia de salida, equipos, distancia recorrida, nivel social y educativo, que se traduce en el comportamiento y gastos antes, durante y después de la práctica. Por otro lado, es relevante conocer la cantidad de pescadores existentes. López *et al.* 2001 estiman en 1.500.000 presentes en Provincia de Buenos Aires en tanto para Azul y Junín los valores se sitúan entre el 9 y 19 % de la población (Grosman, 1995; Grosman y Benito, 2004).

Hay tres componentes sociales principales; el Estado, el concesionario (que explota el recurso presente) y el pescador deportivo (usuario del mismo). Existen otros actores como por ejemplo los pescadores comerciales, grupos familiares, comerciantes de artículos de pesca, organismos de aplicación provincial, otras direcciones de administración ligadas al agua pero no a los peces, productores agropecuarios vecinos de lagunas, centros de investigación, clubes de pesca y sus federaciones, municipios con cuerpos de agua en su territorio, medios de comunicación, usuarios del ambiente con otros intereses, proveedores de carnada o mojarreros, boteros, fileteadores, guías de pesca, prestadores de servicios turísticos. La lista es grande y compleja por las múltiples relaciones y actores sociales involucrados en forma directa o indirecta, cada uno con su idiosincrasia, intereses, posicionamiento y actitudes positivas, neutras o negativas hacia el recurso.

El Estado tiene básicamente dos grandes niveles de organización: por un lado, el organismo de aplicación o gestión que tiene la obligación de administrar el recurso. Si bien la temática demuestra ser masiva, popular, generadora de mano de obra, puestos de trabajo, no ocupa lugares centrales en ninguna agenda política. Generalmente no se posee una estructura administrativa acorde a la necesidad en cuanto a recursos humanos o económicos. La siembra de alevinos o juveniles de pejerrey se aplica como práctica común de manejo, en ocasiones con resultados positivos pero en otros casos innecesaria

desde lo ambiental y hasta contraproducente, justificado en el impacto positivo sobre la subesfera social.

Por otro lado, el Estado generador de conocimiento, en las Universidades u otros centros de investigación. Una de las grandes dificultades es la falta de diálogo entre estos sectores estatales, por tiempos, objetivos, compromisos y roles sociales diferentes. La conexión natural que debería existir entre el estado administrador y el generador de conocimiento no es el deseado, y cada uno mantiene su espacio de confort en un monólogo a dos voces.

Los pescadores deportivos conforman en realidad un grupo muy heterogéneo de personas, con un amplio espectro de distintos posicionamientos y actitudes. Se han diferenciado estereotipos (Mancini *et al.* 2017).

- a) Los pescadores estrictamente deportivos, con captura, foto y devolución, respeto por el pez y su entorno.
- b) Los conservacionistas que cumplen a rajatabla con el reglamento de pesca.
- c) Los pescadores recreativos consideran a la pesca deportiva como una actividad secundaria en la salida al aire libre.
- d) Los pescadores extractivos van a matar peces, cuánto más pescan, mejor se sienten, más allá del destino de las piezas o la forma de captura.
- e) Los tecno-pescadores son los que usan recursos tecnológicos como GPS, ecosonda, el señuelo destellador, equipos de última generación, etc.
- f) Los pescadores de concurso, atraídos por los premios, recorren domingo a domingo las diferentes canchas de pesca.

Otro actor con rol principal son los productores linderos o concesionarios de ambiente, que también tienen diferente posicionamiento frente a la laguna. A estos últimos, generalmente no les interesa el ambiente ni los recursos por diferentes razones (desconocimiento, culturales o históricas, complicaciones, marco legal difuso, etc.). Otros son los que niegan el recurso: poseen laguna, tienen pesca y los pescadores ingresan ilegalmente en el ambiente. Han pasado por malas experiencias, suciedad, rotura de alambres, robo de ganado, incendios, por ello la laguna pasa a ser una molestia.

Los productores economicistas son los que cambiaron la tranquera por una cabina de recaudación con visión monetaria, cortoplacista y de agronegocio. Se despreocupan del comportamiento del pescador en la orilla o dentro del agua ni del cuidado o manejo del recurso.

La forma de gestión genérica de clubes de pesca y concesionarios responsables y comprometidos depende mucho del azar. El perilago está cuidado, botes en condiciones y bien pintados, el área forestada, pero las acciones se restringen al entorno de la laguna. Lo que sucede dentro del agua con la población de pejerrey depende del azar, que haya pesca de calidad o cantidad obedece a la dinámica propia de la laguna, incluyendo los periodos de secas e inundaciones que pueden modificar en forma drástica el escenario de la pesquería. La postura integrada es aquella que incluye servicios en el perilago con manejo profesional del ambiente.

### **Aspectos económicos relacionados a la actividad**

Por otro lado cabe la pregunta ¿Cuánto vale un ambiente con peces aptos para su captura por parte de pescadores deportivos? La Naturaleza produce bienes y servicios ecosistémicos, pero existe una amplia divergencia para su valoración principalmente en la metodología empleada, más allá de significativos esfuerzos (De Groot *et al.* 2002; Cristeche y Penna, 2008; Kremen y Ostfeld, 2005; Larterra *et al.* 2011) diferenciando incluso entre bien y servicio (Constanza *et al.* 1997).

Si bien en términos generales se avanzó en este aspecto conceptual, para la pesca deportiva de la región pampeana existen antecedentes escasos donde se han adaptado metodologías (Baigún y Delfino, 2003; Grosman y Benito, 2004; Grosman y Mancini, 2001; Grosman y Peluso 1998; López *et al.* 2001;). Se ha establecido que los rendimientos/ha de laguna dependen de aspectos sociales, de infraestructura, de la calidad de la pesca, prestación de servicios, distancia a centros urbanos, con valores que superan en algunos casos los 300 U\$S/ha.

## **Amenazas u obstáculos**

La propia dinámica de funcionamiento de las lagunas y su fragilidad, generan amenazas. Algunas de estas amenazas son posibles de mitigar y otras están fuera de control; algunos inconvenientes pueden ser internos (propios del ambiente) o provocarse fuera incluso a cientos de km de distancia. Entre las principales problemáticas a plantear, se destaca la eutrofización; si bien las lagunas son naturalmente eutróficas, el exceso de nutrientes ingresantes al medio, por aporte natural o por acción humana afecta y perjudica en forma notoria la relaciones internas en la laguna, genera floraciones algales, mortandades masivas de peces, alteraciones en la calidad y valor estético del agua, etc.

La sobrepesca, tanto de pesca deportiva como la denominada comercial, empleando redes de enmalle o “trasmallo”, práctica que en las lagunas pampeanas está instalada; la pesca furtiva es una de las principales contrariedades que aparecen en el manejo del recurso, de la mano de la falta de control o de voluntad política por perseguirla y erradicarla. Las mortandades masivas de peces, algunas son naturales y otras provocadas por la acción del hombre; presencia de contaminantes de diferente origen, tanto urbano, industrial como agropecuarios.

Las recurrentes sequías e inundaciones extraordinarias que dificultan el manejo hídrico del ambiente. La colmatación con sedimentos generados tanto de forma natural, como por mal manejo cuenca arriba cuando se canaliza, encauza y aumenta la velocidad de la corriente.

La competencia del pejerrey con otras especies, como por ejemplo la novedosa presencia de la carpa que ha colonizado la mayoría de las lagunas, generando un impacto irreversible en la dinámica lacunar. Por otro lado, no existe un marco legal claro que facilite o promueva la inversión. No queda preciso de quién son los peces naturalmente presentes o sembrados, el agua que los contiene, derecho de acceso a ambientes, obligación de paso, responsabilidad ante accidentes y otros aspectos jurídicos que no facilitan la interpretación de la legislación vigente.

Otra variable que complejiza la situación es que el pejerrey posee una dieta primaria zooplanctófaga. Hay lagunas con excelente población de pejerreyes en un excelente estado que no logra ser atraída por la carnada, y con la presencia de zooplancton que cubre sus requerimientos energéticos. En concordancia con esto, la temporada de pesca deportiva del pejerrey, está relacionada directamente con la abundancia relativa del zooplancton y su condición corporal (Colautti *et al.* 2003; Freyre *et al.* 2009).

Integrando los aspectos sociales y económicos, surge que las distintas posturas o expectativas generan comportamiento diverso y variado dentro y fuera de la laguna. Lo que predomina en la pesca deportiva del pejerrey es el pescador extractivo y el productor que simplemente lo considera como un negocio efímero; esta última posición está cambiando en función de los atractivos rendimientos económicos. Pero miles de pescadores sobre ambientes reducidos generan fuerte presión pesquera que afecta la calidad de las piezas.

La consecuencia es el decaimiento del recurso. Entra también en juego el componente natural principal que es la variabilidad hidrológica; las lagunas pueden reducir su volumen/superficie hasta secarse o inundarse completamente. Anualmente o ante un ciclo de excesos hídricos, surgen nuevos pesqueros con piezas en calidad y cantidad que atraen pescadores y otros pasan al olvido. La práctica que ha predominado es la rotación de ambientes donde practicar la pesca deportiva.

### **Consideraciones finales**

El Estado ha tenido un rol pasivo, tanto en la ordenación como en establecer diálogos entre sectores; se requiere de compromiso y acción para revertir esta situación. El pescador extractivo predomina y hacia él deben destinarse los esfuerzos de comunicación pública de la ciencia, acerca del funcionamiento de un ambiente, sus peces, especialmente a niveles escolares que serán los pescadores del futuro.

El concesionario posee una mirada conservacionista (clubes de pesca) o como un agronegocio. En el caso de lagunas cercanas a ciudades, conforman un centro de

atracción turística masivo de relevancia. El pejerrey acusa el impacto del manejo ante una fuerte presión pesquera. Las lagunas son ecosistemas frágiles sobre los cuales inciden variables de entorno naturales o antrópicas.

El Estado debe poseer conocimiento no sólo del componente natural (lagunas - comunidades de peces - población de pejerrey - otras comunidades) sino del factor humano. ¿Quiénes son las personas sobre las cuales gestionar, conocer sus expectativas, las motivaciones que presenta cada una de las tipologías de pescadores deportivos, concesionarios y otros actores involucrados, así como convocarlos para planificar acciones y elaborar en forma conjunta planes de manejo. El sistema de la pesca deportiva del pejerrey es complejo con mutuas interrelaciones e interdependencias entre los distintos componentes naturales y sociales mencionados.

La gestión necesariamente requiere una visión integrada, ecosistémica, dinámica, que considere la elaboración conjunta de normativas junto a pescadores organizados, concesionarios o clubes de pesca y otros representantes de sectores mencionados, para considerar la mayor cantidad posible de variables del entorno de incidencia sobre el sistema y planificar en consecuencia.

## **Bibliografía**

- Avigliano, E; A Tombari y AVolpedo, 2011. ¿El otolito de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), refleja el estrés ambiental? *Biología acuática* 27: 9-16.
- Baigún, CRM, 2013. *Manual para la gestión ambiental de la pesca artesanal y las buenas prácticas pesqueras en la cuenca del río Paraná, Argentina*. Ed. Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales/Wetlands International en Argentina, 90 p
- Baigún, C y R Delfino, 2003. Assessment of social and economic factors for management of summer pejerrey recreational fisheries in pampean lakes (Argentina). *Journal of Lakes and Reservoir Management* 19(3): 242-250.

- Barrientos, J y C Baigún, 2005. Embalses como ejemplos de sistemas de uso múltiple con importancia socio-económica: la pesquería recreativa y deportiva del embalse Cabra Corral, Salta, Argentina. Taller Internacional sobre enfoques regionales para el desarrollo y gestión de embalses en la cuenca del Plata. Salto Grande, Argentina-Uruguay. (CD-Rom).
  
- Berasain, GE; DC Colautti; M Remes Lenicov; F. Argemi; V Bohn y LA Miranda, 2015. Impact of water salinity on *Odontesthes bonariensis* (Actinopterygii, Atherinopsidae) fisheries in Chasico´ Lake (Argentina). *Hydrobiologia* 1: 167 – 174.
  
- Cleminson, AM., 2000. A characterization and economic valuation of a sport fishery on the Paraná River in Argentina. Master Thesis. Imperial College of Science, Technology and Medicine. University of London, 103 p.
  
- Colautti, D; M Remes Lenicov y G Berasain, 2003. Vulnerabilidad del pejerrey *Odontesthes bonariensis* a la pesca deportiva, en función de su condición. *Biología Acuática* 20: 49-55.
  
- Costanza, R; R d'Arge; R de Groot; S Farber; M Grasso; B Hannon; K Limburg; S Naeem; R O'Neill; J Paruelo; R Raskin; P Sutton y M van den Belt, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
  
- Cristeche, E y JA Penna, 2008. Métodos de Valoración Económica de los Servicios Ambientales. Estudios Socioeconómicos de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y Recursos Naturales N° 3. Ediciones INTA, Buenos Aires, 55 pp.
  
- De Groot, RS; MA Wilson y RMJ Boumans, 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.

- Freyre, LR; DC Colautti; ME Maroñas; ED Sendra y M Remes Lenicov, 2009. Seasonal changes in the somatic indices of the freshwater silverside, *Odontesthes bonariensis* (Teleostei, Atheriniformes) from a Neotropical shallow lake (Argentina). *Brazilian Journal of Biology* 69 (2): 389-395.
- Grosman, F., 1995. *El pejerrey. Ecología, cultivo, pesca y explotación*. Editorial Astyanax. Azul, Buenos Aires. 132 p.
- Grosman, F. (Ed.), 2001. *Fundamentos biológicos, económicos y sociales para una correcta gestión del recurso pejerrey*. Ed. Astyanax, Azul, Buenos Aires. 212 p.
- Grosman, F y F Peluso, 1998. La pesca deportiva en lagunas de la pampasia. *Realidad Económica* 154:88-97.
- Grosman, F y M Mancini, 2001. Alcances socioeconómicos de la pesca deportiva del pejerrey. *Realidad Económica* 184: 106-121.
- Grosman, F y A Benito, 2004. *Evaluación socio-económica de la pesca deportiva en Junín*. Ed. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Junín, Argentina. 87p.
- Kremen, C y R Ostfeld, 2005. A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services (Review). *Frontiers in Ecology and the Environment* 3: 540-548.
- Laterra, P; E Jobbagy y J Paruelo, 2011. *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ed. INTA 362 p.
- Llompart, FM; DC Colautti y CRM Baigún, 2011. Assessment of a major shore-based marine recreational fishery in the southwest Atlantic, Argentina. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 46 (1): 57-70.

- López, H; C Baigún; J Iwaszkiw; R Delfino y O Padín, 2001. *La cuenca del Salado: Uso y posibilidades de sus recursos pesqueros*. Ed. Universidad Nacional de La Plata, La Plata. 48 p.
- Maiztegui, T; CRM Baigún; JR García de Souza; P Minotti y DC Colautti, 2016. Invasion status of the common carp *Cyprinus carpio* in inland waters of Argentina. *Journal of fish biology* 89 (1): 417-430.
- Mancini, M y F Grosman, 2008. *El pejerrey de las lagunas pampeanas. Análisis de casos tendientes a una gestión integral de las pesquerías*. Ed. Universidad Nacional de Río Cuarto – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 446 p.
- Mancini, M; C Rodríguez; C Prósperi y M Finola, 2003. Monitoreo de reservorios del centro de Córdoba (Argentina) como base para una adecuada gestión ambiental. 13 Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente 21(1-2): 1-19.
- Mancini, M; F Grosman; B Dyer; G García; O Del Ponti; P Sanzano y V Salinas, 2017. *Pejerreyes del sur de América: aportes al estado de conocimiento con especial referencia a *Odontesthes bonariensis**. Ed. UniRío, 279 p.
- Rechencq, M.; PH Vigliano; GE Lippolt; MF Alonso; PJ Macchi; PA Alvear; V Hougham; MA Denegri; G Blasetti; R Juncos; MV Fernández; ME Lallement y SM Juarez, 2017. Modelling and management options for salmonid sport fisheries: A case study from Patagonia, Argentina. *Fisheries management and ecology* 24 (2): 103-116.
- Vigliano, PH y G Lippolt, 1991. El factor humano de la pesca deportiva y recreacional de salmónidos en el lago Fonck, provincia de Río Negro, Argentina. *Medio Ambiente*, 11 (2): 69-78.

- Vigliano, P y F Grosman, 1997. Análisis comparativo entre las pesquerías recreacionales de Azul (provincia de Buenos Aires) y de Bariloche (provincia de Río Negro), Argentina. *Medio Ambiente* 13(1): 80-87.
  
- Vigliano, PH y M Alonso, 2000. Potencial económico de la pesca recreacional en la Argentina: una forma de pesca artesanal poco conocida y su posible impacto en economías regionales de países no desarrollados. *Gayana Zoológica* 64:109-114.
  
- Volante, JN; JL Garrido; J Sauad y V Picon Matorras, 1997. Análisis de la pesca deportivo-recreacional en la provincia de Salta. *Manejo de Fauna, Publicaciones Técnicas* 4(8): 1-11.
  
- Volpedo, A y A Fernández Cirelli, 2013. El Lago Chasicó: similitudes y diferencias con las lagunas pampásicas. *Augm Domus*; 5 núm. esp.: 1-18



# EL AGUA

## en la producción animal

IV Jornadas Interdisciplinarias Ciclo del Agua en Agroecosistemas

