

Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina

Water quality for the production of traditional and non traditional animal species in Argentina

Alicia Fernández Cirelli^{1,2*}, Nahuel Schenone^{1,2}; Alejo Pérez Carrera^{1,2} y Alejandra Volpedo^{1,2}

Palabras clave:
Calidad de agua,
especies
tradicionales y no
tradicionales,
producción animal.

Keywords: Water
quality, traditional
and non traditional
animal species,
livestock
production.

ABSTRACT

Water quality is a determining factor in the production of both traditional and non-traditional animal species since it is related to the nutritional requirements of each species. Water quality criteria often include physical- chemical and organoleptic properties, the presence of toxic compounds and pathogenic bacteria as well as mineral excess. The aim of this work is to review studies on water quality for the production of traditional (bovine meat and milk) and non-traditional animal species (aquaculture and capture fisheries) in different regions of Argentina. The identification of information gaps will be the basis for new studies to improve animal production systems in Argentina.

RESUMEN

La calidad de agua es un factor determinante de la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales, debido a su relación con los requerimientos nutricionales de cada especie. Los criterios que habitualmente se consideran para la determinación de la calidad del agua de bebida son sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas, la presencia de compuestos tóxicos y de bacterias patógenas, y el exceso de minerales. En este trabajo se presenta una revisión de los estudios de calidad de agua para las producciones animales tradicionales (producción de carne y leche bovinas) y no tradicionales (acuicultura y pesca de captura) para diferentes regiones de Argentina con el objetivo de analizar las carencias de información y proponer la intensificación de estudios que permitan mejorar los sistemas de producción animal de Argentina.

Recibido 28 de diciembre 2009. Aceptado el 02 de julio de 2010.

¹Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín N° 280 C1427CWO. Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

²Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales (INBA CONICET)

*Autor para correspondencia: +541145248423. E-mail: avolpedo@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El desarrollo socioeconómico de Argentina está estrechamente vinculado con la expansión de las actividades agropecuarias, en especial, la producción animal. Independientemente de la especie en cuestión, el desarrollo óptimo de dicha actividad requiere diferentes insumos. Entre estos, el agua ocupa un lugar destacado pues debe existir una provisión adecuada en cantidad y calidad para cubrir los requerimientos de cada especie animal.

El conocimiento de los factores que determinan la calidad del agua, vinculados con las necesidades de los animales para la producción y la salud, permiten evaluar el recurso agua con fines productivos. Los criterios que habitualmente se tienen en cuenta para la determinación de la calidad del agua de bebida son sus características fisicoquímicas y organolépticas, la presencia de compuestos tóxicos, el exceso de minerales y la presencia de bacterias patógenas (NRC, 2001).

Existen factores que inciden sobre el nivel de tolerancia de una determinada especie a la concentración de las distintas sales, lo cual tiene incidencia sobre la salud del animal y disminuye los niveles de consumo. Entre estos factores se encuentra la raza, edad, estado fisiológico y peso, temperatura ambiente, nivel y tipo de producción y composición del alimento.

En producción ganadera, el agua se utiliza fundamentalmente para el aprovisionamiento de los animales, siendo los requerimientos muy variables en función de la especie animal, las condiciones ambientales y los distintos sistemas de producción.

La producción lechera es, entre las actividades ganaderas, una de las que demanda mayor cantidad de agua, no

sólo para bebida animal, sino también para la higiene del tambo, de la máquina de ordeño y para el enfriado de la leche. En rodeos lecheros de alto rendimiento se observa que la producción de leche es significativamente mayor cuando el agua está a disposición constantemente que cuando se administra una sola vez al día, ya que en el primer caso toman más agua. Esto se nota más en las vacas de alta producción, donde una disminución del 1.3% en la ingesta normal de agua puede provocar un descenso de la producción de leche del 7.5% (Jones, 2000; Bavera et al., 2001).

Los animales en ordeño requieren una elevada disponibilidad de agua de bebida de buena calidad, con relación al peso corporal, (el consumo puede superar los 150 L.día⁻¹) debido a que el agua representa un 87% de la composición final de la leche producida. La vaca lechera de alta producción es la más sensible a los cambios en la salinidad del agua, tolerando un 30-40% menos que las vacas de cría (Bavera et al., 2001).

Diferentes autores han estudiado cuestiones vinculadas a la calidad de agua de bebida para las producciones animales tradicionales (Sager, 2000; Bavera et al., 2001; Iramain et al., 2001; Pérez Carrera & Fernández Cirelli, 2004; Pérez Carrera et al., 2007). En los últimos años, el incremento en la demanda del recurso agua y la escasez y deterioro de su calidad han puesto de manifiesto la necesidad de evaluar la calidad y disponibilidad del recurso a fin de garantizar el desarrollo productivo.

La calidad de agua también es determinante en producciones no tradicionales, pero de importante desarrollo en los últimos años, como las de especies acuáticas donde es el eje central de su desarrollo. Cualquier cambio en los parámetros físico-químicos (pH, a

Calidad de agua para producción animal

temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, entre otros) puede provocar una disminución en la producción e inclusive una pérdida total. Si bien los parámetros más importantes que afectan directamente a los animales con consecuencias importantes en corto plazo son el oxígeno disuelto y las especies nitrogenadas, también existen otros parámetros que generan inconvenientes en el largo plazo. Un ejemplo de esto son los metales pesados (Cr, Cd, Pb, entre otros) que pueden perjudicar la producción y muchas veces son subestimados. Estos metales pueden acumularse produciendo un incremento en la concentración en los tejidos de los peces, que puede perjudicar la calidad del producto y traer consecuencias para la salud humana en el caso de su consumo. Los metales pesados pueden ser asimilados por los peces ya sea por su presencia en el agua como por su presencia en el alimento suministrado. Con respecto a las fuentes de agua, los establecimientos que presentan fuentes de agua superficial tienen mayor variabilidad de calidad de agua ya que están más expuestos a los factores climáticos preponderantes como lluvias, sequías, derrames de sustancias tóxicas, etc.

A nivel mundial, las especies de producción animal cuya cría se desarrolló históricamente como los salmónidos poseen valores de calidad específicos (Urke *et al.*, 2009). Sin embargo debido que se propicia la producción de especies nativas en cada región, los estudios de la calidad de agua para estas especies son escasos, especialmente en Sudamérica (Gomes *et al.*, 2000) y más restringidos aun en Argentina (Schenone *et al.*, 2004, Gómez *et al.*, 2007). En relación a la pesca de captura continental y marina los estudios que asocian la calidad de agua con los rendimientos productivos o la presencia de especies son aislados (Alabaster & Lloyd, 1980; Poxton & Allouse, 1982, Ranta *et al.*, 1992).

En Argentina, las especies no tradicionales se desarrollan en las cuatro "Cuencas Geográficas de Producción Acuícola" (Figura 1) con heterogéneo nivel de intensidad, captando agua de diferentes fuentes (superficial y subterránea), y de diversa calidad, para garantizar los requerimientos específicos de los peces. Sin embargo, debido a diferentes causas (eutrofización, presencia de xenobióticos) la calidad del agua puede deteriorarse de seguir las tendencias presentes, en el mediano y largo plazo. Estos factores también afectan a la pesca de captura (marina y continental), considerada como una actividad productiva extractiva.

En este trabajo se presenta una revisión de los estudios de calidad de agua para las producciones animales tradicionales (producción de carne y leche bovinas) y no tradicionales (acuicultura y pesca de captura) para diferentes regiones de Argentina con el objetivo de analizar las carencias de información y proponer la intensificación de estudios que permitan mejorar los sistemas de producción animal de nuestro país.

CALIDAD DE AGUA EN PRODUCCIONES ANIMALES TRADICIONALES: PRODUCCIÓN BOVINA

En Argentina, el desarrollo de la ganadería está íntimamente ligado a la disponibilidad y calidad del agua utilizada para el abastecimiento de los animales y, en el caso particular de la producción de leche, al agua utilizada para la limpieza de instalaciones y maquinarias. Existen regiones en las cuales las actividades ganaderas sufren limitaciones debido a la calidad del agua. Los principales problemas son la salinidad y la presencia de elementos tóxicos que pueden ser de origen antrópico, como los nitratos, o de origen natural, como el arsénico y el flúor.

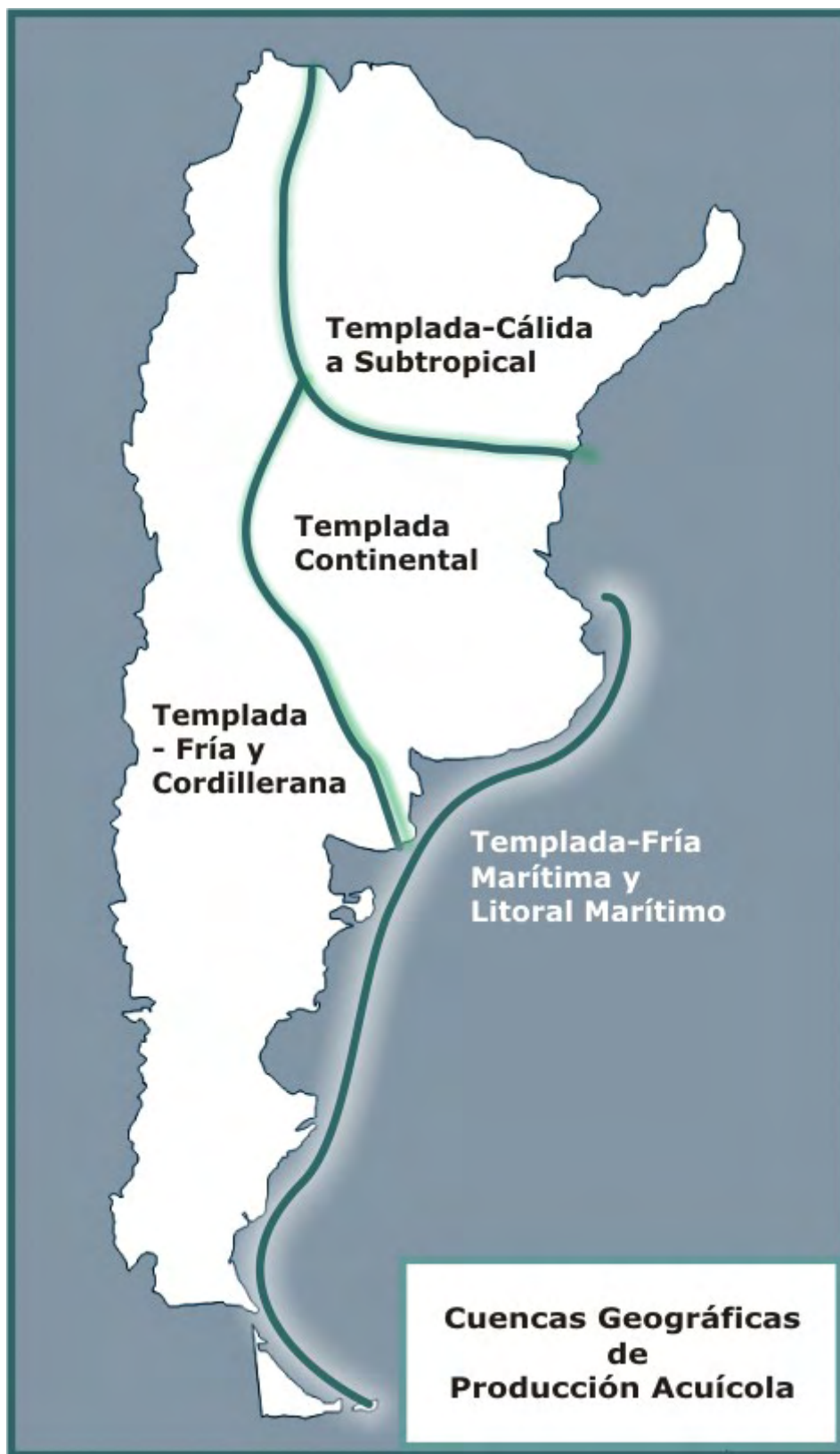


Figura 1. Cuencas geográficas de producción acuícola de Argentina (SAGPYA, 2009)

Figura 1. Geographic basins for aquaculture production in Argentina (SAGPYA, 2009)

Calidad de agua para producción animal

El ganado bovino es capaz de adaptarse al consumo de diferentes tipos de agua, sin embargo, las alteraciones en la calidad producidas por una excesiva concentración de sales o elementos químicos, producen disminución en la producción e impacto en la salud del ganado, con las consecuentes pérdidas económicas para el productor (Grant, 1996).

Los distintos sistemas de producción de ganado utilizan categorías de animales diferentes con distintos requerimiento de alimento y calidad de agua de bebida. La vaca lechera de alta producción es la más sensible a los cambios en la salinidad del agua, tolerando un 30-40% menos que las vacas de cría (Bavera *et al.*, 2001). Los animales en ordeño requieren una elevada disponibilidad de agua de bebida de buena calidad, en relación al peso corporal, (el consumo puede superar los 150 L.día⁻¹) debido a que el agua representa un 87% de la composición final de la leche producida.

El consumo de agua está influenciado por una serie de factores dependientes del animal (tasa metabólica, calor producido, raza, sexo, estado fisiológico y variación individual), de la dieta (porcentaje de materia seca de la ración, tipo de alimento, disponibilidad, temperatura y sales del agua de bebida) y del ambiente (temperatura, vientos y humedad).

La composición mineral del agua de bebida influye no sólo sobre la ingesta de agua sino también de alimento, condicionando de esta manera los niveles productivos alcanzados.

El agua no es considerada habitualmente como fuente de minerales, aunque en el caso de los bovinos puede aportar hasta un 20% del Ca, 11% del Mg, 35% del Na y 28% del S requeridos en la dieta (NAS, 1974). En muchos casos el aporte de minerales del agua adquiere importancia productiva en la dieta y debería considerarse a la hora de formular las raciones (Bavera *et al.*, 2001).

Como ejemplo de la importancia de la calidad de agua en la nutrición animal, en la

producción y la sanidad se presenta el caso de los establecimientos lecheros de la cuenca lechera de Villa María (Córdoba) que es una de las regiones productoras de leche más importante de Argentina.

La fuente principal de agua de la zona es subterránea y proviene de perforaciones que extraen el agua del acuífero somero (3 - 15 m de profundidad) o de perforaciones más profundas (80 - 150 m de profundidad). Un 40.6% de los establecimientos relevados utiliza agua del acuífero somero, un 43.8% posee pozos profundos, mientras que el 12.5% restante utiliza ambos tipos de perforaciones para abastecer a los animales.

Los resultados de los parámetros físico-químicos, los iones mayoritarios y los elementos traza analizados en trabajos realizados por los autores en muestras de agua subterránea (N= 72) provenientes del acuífero somero y de pozos más profundos, se muestran en las Tablas 1 y 2.

Las muestras de agua resultaron levemente alcalinas (pH 8.2 y 7.8 para el acuífero somero y las perforaciones profundas, respectivamente).

El promedio de Sólidos Totales Disueltos (STD) fue de 4357 mg.L⁻¹ (acuífero somero) y de 1396 mg.L⁻¹ (perforaciones profundas). Considerando los valores guía para agua de bebida de bovinos de tambo, puede observarse que la calidad del agua proveniente del acuífero somero fue variable, un 25% de las muestras resultó *muy buena*, 19% *buena*, 19% *aceptable* y el 37% restante, *mala*. En el agua proveniente de perforaciones profundas, un 8% resultó *deficiente*, 50% *muy buena*, 25% *buena*, y el 17% restante, *aceptable*.

De acuerdo con los valores de pH observados, un 84% de las muestras de agua del acuífero somero y un 61% de las de perforaciones profundas superaron el

	Mínimo	Máximo	Media	DS
pH	7.32	8.92	8.21	0.48
Cond. (mS .cm ⁻¹)	1.433	13.160	4.719	4.296
NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	2.0	207.0	59.9	59.0
Cl ⁻ (mg.L ⁻¹)	22.0	3106.5	727.0	1046.6
SO ₄ ²⁻ (mg.L ⁻¹)	67.2	3120.0	814.8	1050.8
HCO ₃ ⁻ (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	262	1595	787	333
CO ₃ ²⁻ (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	0.0	66.3	21.9	27.5
Ca ²⁺ (mg.L ⁻¹)	2.0	274.2	54.3	82.9
Mg ²⁺ (mg.L ⁻¹)	1.7	220.2	42.5	68.9
Na ⁺ (mg.L ⁻¹)	406.3	5008.0	1709.4	1638.7
K ⁺ (mg.L ⁻¹)	12.8	210.2	41.7	56.4
As (µg.L ⁻¹)	71	4550	1282	1430
Ba (µg.L ⁻¹)	8.2	81.0	32.1	22.8
Cd (µg.L ⁻¹)	< 0.5*	< 0.5*	-	-
Co (µg.L ⁻¹)	< 1	4.2	-	-
Cr (µg.L ⁻¹)	< 5*	< 5*	-	-
Cu (µg.L ⁻¹)	< 4	22.4	6.2**	6.8**
Fe (µg.L ⁻¹)	< 5	1405.0	154**	415.3**
Mn (µg.L ⁻¹)	< 2	175.4	28.1**	55.3**
Mo (µg. ⁻¹)	44.0	842.5	232.8	245.5
Ni (µg.L ⁻¹)	< 3*	< 3*	-	-
Pb (µg L ⁻¹)	< 12*	< 12*	-	-
Sr (µg.L ⁻¹)	87	9335	1648	2800
V (µg.L ⁻¹)	125.2	5661.4	2079.5	1891.0
Zn (µg.L ⁻¹)	25.8	129.8	64.0	28.2

* Límite de detección de la técnica utilizada

** Para el cálculo de la media y el desvío estándar (DS) se consideró la mitad del límite de detección.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos, iones mayoritarios y los elementos traza analizados en las muestras de agua subterránea provenientes del acuífero somero.

Table 1. Physical-chemical parameters, main ions and trace elements analyzed in water samples from the shallow aquifer.

Calidad de agua para producción animal

	Mínimo	Máximo	Media	DS
pH	7.36	8.97	7.83	0.45
Cond. (mS cm ⁻¹)	0.764	3.320	1.946	0.699
NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	1.0	27.0	3.2	6.6
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	61.2	623.7	309.9	160.1
SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	96.0	552.0	255.4	115.9
HCO ₃ ⁻ (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	140	547	253	87
CO ₃ ²⁻ (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	0.0	28.1	1.9	7.2
Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	9.2	82.2	38.8	23.0
Mg ²⁺ (mg.L ⁻¹)	7.0	52.1	20.4	12.3
Na ⁺ (mg.L ⁻¹)	211.3	760.1	496.7	154.7
K ⁺ (mg.L ⁻¹)	10.7	31.4	16.9	5.3
As (µg.L ⁻¹)	29	79	56	16
Ba (µg.L ⁻¹)	1.7	41.2	16.0	9.8
Cd (µg.L ⁻¹)	< 0.5*	< 0.5*	-	-
Co (µg.L ⁻¹)	< 1*	1.5	-	-
Cr (µg.L ⁻¹)	< 5*	< 5*	-	-
Cu (µg.L ⁻¹)	< 4	46.1	7.7**	12.7**
Fe (µg.L ⁻¹)	14.7	3982.4	865.9	1291.4
Mn (µg.L ⁻¹)	25.1	684.6	232.1	209.6
Mo (µg.L ⁻¹)	23.4	53.8	36.1	9.1
Ni (µg.L ⁻¹)	< 3*	< 3*	-	-
Pb (µg.L ⁻¹)	< 12*	< 12*	-	-
Sr (µg.L ⁻¹)	324	2072	1094	583
V (µg.L ⁻¹)	< 4	274.5	26.3**	78.2**
Zn (µg.L ⁻¹)	16.2	513.9	157.3	150.9

* Límite de detección de la técnica utilizada

** Para el cálculo de la media y el desvío estándar (DS) se consideró la mitad del límite de detección.

Tabla 2. Parámetros físico-químicos, iones mayoritarios y los elementos traza analizados en las muestras de agua subterránea provenientes de pozos profundos.

Table 2. Physical-chemical parameters, main ions and trace elements analyzed in water samples from deep groundwater wells.

rango óptimo para agua de bebida de bovinos comprendido entre 6.1 y 7.5 (Bavera et al., 2001).

En relación a los iones mayoritarios (acuífero somero y perforaciones profundas), las concentraciones de *calcio* y *magnesio*, se encuentran dentro de los límites aceptables para agua de bebida animal ($\text{Ca}^{2+} < 500 \text{ mg L}^{-1}$, Mg^{2+} : 250 mg L^{-1}). El *potasio* es un elemento que generalmente se encuentra en pequeñas cantidades y se lo agrupa con el sodio en los análisis (Bavera et al., 2001). En el acuífero somero, un 21% de las muestras supera el límite máximo de 1500 mg.L^{-1} recomendado para Na^+ . (Grant, 1996; Jones, 2000).

Las concentraciones de *bicarbonato* se encontraron dentro de los límites considerados como normales ($\text{HCO}_3^- < 3000 \text{ mg.L}^{-1}$), mientras que un 11% de las muestras provenientes del acuífero somero superaron el límite máximo de 2000 mg.L^{-1} recomendado para Cl^- (Grant, 1996; Bagley et al., 1997; Jones, 2000).

En el agua, los *sulfatos* se encuentran generalmente formando sales solubles de Na^+ y de Mg^{2+} . En el organismo animal, los sulfatos actúan sobre el equilibrio ácido-base al modificar la concentración sérica de calcio y fósforo; este desbalance afecta la fertilidad de los animales con la consecuente disminución en el porcentaje de pariciones. Los sulfatos tienen además un efecto laxante que altera el proceso digestivo y el aprovechamiento de nutrientes con la consecuente disminución en la producción láctea (Bavera et al., 2001; Sager, 2000; Coria et al., 2007). Un 31.5% de las muestras provenientes del acuífero somero presentaron concentraciones de sulfatos superiores a 1000 mg.L^{-1} , límite máximo

recomendado para bovinos adultos, mientras que las muestras provenientes de perforaciones profundas estuvieron por debajo de este valor en todos los casos (NRC, 2001).

De acuerdo con el contenido de STD y de iones mayoritarios, el aporte de minerales del agua en las muestras consideradas como *muy buenas*, *buenas* y *aceptables*, adquiere importancia productiva y debería considerarse a la hora de formular las raciones.

Un alto porcentaje de los requerimientos de cloruro de sodio y azufre quedan cubiertos por el agua de bebida.

La totalidad de las muestras categorizadas como de *mala* calidad, provienen del acuífero somero, en ellas, la concentración de cloruro de sodio y sulfatos supera ampliamente los requerimientos de los animales y podría causar alteraciones en la salud, con impacto negativo en la producción de leche y en las características organolépticas de los subproductos (Solomon et al., 1994; Loneragan et al., 2001; Willms et al., 2002). El 62% de los tambos relevados se abastece del acuífero somero.

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 o de utilización de fertilizantes. La toxicidad se produce cuando los nitratos se reducen en el rumen a nitritos y son absorbidos en elevada concentración, pudiendo producir alteración en el transporte de oxígeno (Bavera et al., 2001; Robson, 2007). Los animales jóvenes son más susceptibles que

Calidad de agua para producción animal

los adultos, por eso debe prestarse especial atención a la calidad del agua utilizada para la preparación de sustitutos lácteos utilizados en la cría de terneros. En los animales adultos, en casos de intoxicación crónica, no se observan signos característicos pero puede producirse una disminución en la producción láctea y abortos estériles (Crowley *et al.*, 1974; Gadberry & Jennings, 2005). En Argentina, el valor máximo recomendado es de 200mg.L^{-1} (Sager, 2000; Bavera *et al.*, 2001), sin embargo, a nivel internacional, el límite recomendado como seguro para bovinos de leche es de 44 mg.L^{-1} (NRC, 2001). Según los resultados obtenidos, debería prestarse especial atención a las aguas provenientes del acuífero somero donde un 12.5% y 43.7% de las muestras superaron los límites propuestos a nivel nacional e internacional, respectivamente.

La presencia de *arsénico* en el agua subterránea utilizada para bebida humana o animal, es uno de los problemas sanitarios más importantes a nivel mundial. El arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza y de elevada toxicidad para los seres vivos. La llanura Chaco - Pampeana, en Argentina, es considerada la región más extensa del mundo ($1 \times 10^6\text{ km}^2$), afectada por la presencia de arsénico en aguas subterráneas (Smedley & Kinniburgh, 2002). Una de las zonas más afectadas es el sudeste de la provincia de Córdoba. (Nicolli *et al.*, 1985, 1997; Pérez Carrera & Fernández Cirelli, 2004, 2005). En trabajos previos realizados en aguas subterráneas someras de la zona (Pérez Carrera & Fernández Cirelli, 2005; Pérez Carrera, 2006), se hallaron concentraciones de arsénico que superaban el límite

recomendado para agua de bebida animal. Este hecho motivó un estudio para estimar un factor de biotransferencia de arsénico hacia la leche bovina, considerando al agua como única fuente de este metaloide.

En relación a la concentración de arsénico, en las muestras provenientes del acuífero somero, el 62% excede los 0.5 mg.L^{-1} , concentración máxima recomendada para agua bebida de bovinos (Ley 24051). Sin embargo, si se considera el valor de 0.067 mg.L^{-1} recomendado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2004) o el valor guía de 0.05 mg L^{-1} propuesto a nivel internacional por el NRC (2001), la totalidad de las muestras de agua de nivel freático superan estos valores. En el caso de las muestras provenientes de perforaciones profundas, ninguna supera el límite máximo para agua de bebida de bovinos ni los valores recomendados de acuerdo con el riesgo de intoxicación crónica de los animales; pero, si se considera el valor guía propuesto a nivel internacional (NRC, 2001), el 80% de las muestras exceden ese límite.

El *flúor* es necesario para mantener la dureza de dientes y huesos, sin embargo, las concentraciones excesivas producen alteraciones en la salud del ganado. Los animales jóvenes son menos tolerantes a los excesos que los adultos. En los casos de intoxicación, son características las lesiones de los dientes y de los huesos. Las anomalías dentarias aparecen en los animales jóvenes, se observan alteraciones de color en los dientes, desgaste prematuro y cambios de forma y estructura. La producción disminuye como consecuencia de la desnutrición. La toxicidad está relacionada con la edad del animal, la

Fernández Cirelli et al.

cantidad y continuidad del consumo de agua con flúor, la composición de la dieta y las características químicas del flúor en agua y alimento (McDowell et al., 2000).

El moteado de los dientes aparece con concentraciones de 2 a 5 mg.L⁻¹, pero el desgaste dentario se produce con dosis mayores. La intoxicación crónica fue reportada con niveles de flúor en agua de bebida de 15 mg.L⁻¹. El nivel normal en el agua de bebida para mantener la dureza de los dientes está entre 0.8 y 1.5 mg.L⁻¹ (Bavera et al., 2001).

En relación a la concentración de flúor en las muestras provenientes del acuífero somero, el 62.5% excede la concentración máxima de 2 mg.L⁻¹, recomendada para agua de bebida de bovinos (NRC, 2001), mientras que ninguna de las muestras provenientes de perforaciones profundas, superó el límite recomendado.

CALIDAD DEL AGUA EN LAS PRODUCCIONES NO TRADICIONALES: ACUICULTURA

La acuicultura está estrechamente relacionada con la disponibilidad y calidad del agua utilizada para la cría de peces. La producción de peces en Argentina se concentra en cuatro "Cuencas Geográficas de Producción Acuícola" (Figura 1). En cada una de ellas las fuentes de suministro de agua, su calidad y disponibilidad y los requerimientos de las especies son diferentes y deben ser considerados para un manejo adecuado de estos sistemas.

En la Cuenca Geográfica de Producción Acuícola "Templada Fría y Cordillerana", las producciones están asociadas a los recursos hídricos superficiales. Las

principales especies producidas en esta cuenca son la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), la trucha marrón (*Salmo trutta*), el salmón encerrado (*Salmo salar sebago*) y la trucha (*Salvelinus fontinalis*).

La producción de salmónidos en jaulas en ambientes naturales andino patagónicos comenzó en 1986 (Temporetti et al., 2001). La calidad del agua de estos ambientes es buena aunque ha sufrido diversos tipos de deterioro relacionados con la eutrofización de las aguas, lo que impacta en diferente grado en las producciones acuícolas (Quirós, 1998; Drago & Quirós, 1999).

Un ejemplo de ello es el Embalse de Alicura donde se desarrolla la cría de salmónidos en jaula desde 1990, produciéndose 100 Mg.año⁻¹ (Temporetti et al., 2001). En dicho embalse la calidad del agua en el sector donde se desarrolla acuicultura (Tabla 3), cumple con los requerimientos de los salmónidos (Salmonid Water Quality Standard, 1988); sin embargo en los últimos años se ha evidenciado un deterioro de la calidad de agua. Este deterioro se manifiesta en el aumento exponencial de la conductividad (150 µS.cm⁻¹), el fósforo reactivo disuelto (675 µg.L⁻¹) y el amonio (7709 µg.L⁻¹) presentes en el agua (Temporetti et al., 2001).

Los valores de estos parámetros, si bien no exceden los niveles guía para la protección de la vida acuática propuestos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, presentan una tendencia creciente que, de persistir, pone en riesgo la sustentabilidad de las producciones animales en el área a largo plazo.

Calidad de agua para producción animal

Parámetro	MINIMO	MAXIMO	MEDIA
Temperatura (°C)	7.5	15.0	10.1
pH	6.3	7.6	6.8
Conductividad (Ms.cm ⁻¹)	32.0	37.5	35.0
Oxígeno disuelto (mg.L ⁻¹)	9.2	11.5	10.1
Transparencia (m)	0.2	7.0	3.8
Materia Orgánica Suspendida (mg.L ⁻¹)	1.5	26.2	6.5
Clorofila a (mg.m ⁻³)	0.3	1.6	0.6
Fósforo Total (µg.L ⁻¹)	7.0	53.0	20.0
Fósforo reactivo Suspendido (µg.L ⁻¹)	1.8	3.0	2.3
NO ₃ + NO ₂ ⁻ (µg.L ⁻¹)	0.5	20.0	7.2
NH ₄ ⁺ (µg.L ⁻¹)	3.5	29.5	13.6

Tabla 3. Valores extremos y medios de parámetros fisicoquímicos en el área de cría del Embalse Alicura (Temporelli *et al.*, 2001).

Table 3. Extreme and mean values of physical-chemical parameters at breeding area Alicura Reservoir (Temporelli *et al.*, 2001).

En la Cuenca Geográfica de Producción Acuícola "Templada Continental", las primeras experiencias de producción acuícola se desarrollaron en los años 60 y recién en las últimas décadas se intensificó esta producción.

Las producciones acuícolas de esta cuenca se abastecen de agua subterránea y superficial dependiendo del tipo de sistema productivo (intensivo o extensivo). Los establecimientos de cultivo intensivo generalmente utilizan agua subterránea, mientras que los sistemas extensivos se desarrollan en cuerpos de aguas superficiales como las lagunas pampeanas.

La calidad de agua subterránea utilizada en esta cuenca geográfica de producción acuícola depende de la ubicación de los establecimientos y generalmente provienen de pozos que extraen agua entre los 20 y 60 m de profundidad.

La principal especie criada en esta cuenca productiva es el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). En la Tabla 4 se resumen los

requerimientos específicos de la calidad del agua para la cría de pejerrey sugeridos por los diferentes centros de investigación de la región pampeana: el Instituto de Limnología (1994), la Estación Hidrobiológica de Chascomús (1995) y la Estación de Piscicultura de Marcos Paz (1996).

En la Cuenca Geográfica de Producción Acuícola "Templada Continental", las primeras experiencias de producción acuícola se desarrollaron en los años 60 y recién en las últimas décadas se intensificó esta producción.

Las producciones acuícolas de esta cuenca se abastecen de agua subterránea y superficial dependiendo del tipo de sistema productivo (intensivo o extensivo). Los establecimientos de cultivo intensivo generalmente utilizan agua subterránea, mientras que los sistemas extensivos se desarrollan en cuerpos de aguas superficiales como las lagunas pampeanas.

La calidad de agua subterránea utilizada en

Parámetro	A	B	C
Conductividad ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	713.00	2454.00	725.00
Sólidos Totales Disueltos ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.52	1.78	0.53
pH	7.46	8.01	7.70
CO_3H^- ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	83.70	735.90	558.80
Cl^- ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	126.80	383.80	10.10
SO_4 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	106.60	150.20	21.00
Ca^{2+} ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	28.60	45.70	29.60
Mg^{2+} ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	15.70	35.50	15.30
Na^+ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	99.60	520.80	152.00
K^+ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5.90	15.90	11.20
Demanda Química de Oxígeno ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$)	3.60	7.40	3.40
Mg/Ca	0.90	1.28	0.85
Mg+Ca/Na+K	0.30	0.11	0.40
Dureza Total	135.80	258.90	136.70
Alcalinidad Total (mgCO_3Ca)	68.60	603.20	458.00
Nitrito ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	7.90	1.34	-----
Nitrato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	2.30	22.4	-----
Fósforo Total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.09	0.26	0.11

Fuentes: (A) Instituto de Limnología (1994), (B) Estación Hidrobiología de Chascomús (1995), (C) Estación de Piscicultura de Marcos Paz (1996).

Tabla 4. Valores medios de los parámetros fisicoquímicos requeridos por el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) según diferentes centros de investigación.

Table 4. Mean values of physical-chemical parameters as required by the fish locally known as “pejerrey” (*Odontesthes bonariensis*) according to different research centers.

esta cuenca geográfica de producción acuícola depende de la ubicación de los establecimientos y generalmente provienen de pozos que extraen agua entre los 20 y 60 m de profundidad.

La principal especie criada en esta cuenca productiva es el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). En la Tabla 4 se resumen los requerimientos específicos de la calidad del agua para la cría de pejerrey sugeridos por los diferentes centros de investigación de la región pampeana: el Instituto de Limnología (1994), la Estación Hidrobiológica de Chascomús (1995) y la Estación de Piscicultura de Marcos Paz (1996).

En los sistemas extensivos de la cuenca, que se desarrollan en cuerpos de agua preexistentes como las lagunas pampeanas, la calidad del agua depende de diversos factores (temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad) que a su vez están estrechamente relacionados con el aporte de agua subterránea (Miretzky & Fernández Cirelli, 2004). En muchas de estas lagunas hay pejerreyes, ya que la calidad del agua es adecuada para los requerimientos de la especie. Algunas de dichas lagunas son: Salada Grande, El Hinojo, Vitel, Chascomús, Alsina, Cochicó, del Monte, Del venado, Blanca Grande, Sauce Grande, del Monte (Colón), y de

Calidad de agua para producción animal

Lobos (Gómez *et al.*, 2007). Sin embargo, en la última década se están manifestando en los cuerpos de agua pampásicos procesos de eutrofización, producto de la intensificación agropecuaria (Fernández Cirelli *et al.*, 2006; Volpedo *et al.*, 2009). Estos procesos originados por el aumento de nutrientes presentan una tendencia creciente lo que amenazaría la producción acuícola extensiva de la región, en caso de no revertirse esta tendencia.

Como ejemplo de esta tendencia en los cuerpos de agua pampásicos se presenta la Laguna de Chascomús, donde se observa el aumento de la concentración de nitrógeno total entre los años 1990 y 2008, de 1.5 ppm (Conzonno & Claverie, 1990), a 8.2 ppm (Maizels *et al.*, 2002), y a 9.4 ppm (Schenone *et al.*, 2008).

En la Cuenca Geográfica de Producción Acuícola "Templada Cálida y Subtropical", el incremento de los emprendimientos acuícolas se está consolidando con un desarrollo considerable y además como opción para los pequeños productores y las economías de subsistencia. Otro de los factores que influye en el crecimiento del cultivo de peces de esta región es la cultura de consumo de pescado, factor que no está presente en otras regiones del país.

La especie que principalmente se cultiva en esta cuenca es el pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y el bagre sapo (*Rhambia quelen*), aunque hay potenciales especies nativas para criar, como randiá (*Rhamdia quelen*), surubí (*Pseudoplatystoma* spp), boga (*Leporinus obtusidens*), tararira (*Hoplias malabaricus*), cucharón (*Sorubim lima*), pirapitai (*Brycon orbignyanus*), carpa (*Cyprinus carpio*) y varias especies de peces destinadas al comercio ornamental (Luchini & Panné Huidobro, 2008).

La fuente de agua utilizada preponderantemente para las producciones acuícolas de dicha cuenca es la subterránea. En estudios realizados en el laboratorio de los autores de éste trabajo, se ha analizado la calidad del agua subterránea destinada a la acuicultura en establecimientos del noreste de Argentina (provincias de Formosa y Misiones) (Tablas 5 y 6). Los resultados de los parámetros analizados indican que los niveles de elementos traza inorgánicos no superan los niveles guía para la protección de la vida acuática establecida por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación), por lo que el agua de la región evidencia una muy buena calidad para este tipo de producciones (Schenone *et al.*, 2009).

	pH	Conductividad $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Nitratos $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Nitritos $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Amonio $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
Establecimiento 1 Superficial	8.00	384	0.8	<0.1	0.01
Establecimiento 2 Perforación	8.10	1986	<0.1	<0.1	0.03
Establecimiento 3 Perforación	7.17	42	0.7	<0.1	0.01
Establecimiento 4 Perforación	6.85	835	2.1	<0.1	<0.01
Establecimiento 5 Perforación	6.97	862	1.3	<0.1	<0.01

Tabla 5. Parámetros físico-químicos analizados en las muestras de agua colectadas en cinco emprendimientos acuícola del noreste de Argentina.

Table 5. Physical-chemical parameters for water samples collected at five aquaculture ventures in northeast Argentina.

	As ppm	Cd ppm	Cr ppm	Cu ppm	Mn ppm	Pb ppm	Zn ppm
Establecimiento 1 Superficial	<10	<5	<6	<5	<4	<12	<8
Establecimiento 2 Subterránea	<10	<5	<6	<5	<4	<12	<8
Establecimiento 3 Subterránea	<10	<5	<6	<5	<4	<12	<8
Establecimiento 4 Subterránea	25	<5	<6	<5	<4	<12	<8
Establecimiento 5 Subterránea	40.4	<5	<6	<5	<4	<12	<8
NGPBA*	15	5	2.5	6.6	800	19.5	8.6

(*) Nivel Guía para Protección de Biota Acuática.

Tabla 6. Elementos traza analizados en las muestras de agua colectadas en los cinco establecimientos acuícolas del noreste de Argentina de la tabla 5.

Table 6. Trace elements in water samples collected in the same five aquaculture ventures of NE Argentina of table 5.

La Cuenca Geográfica de Producción Acuícola "Litoral Marítimo" se ha incorporado a la producción acuícola en la última década (Luchini & Panné Huidobro, 2008). Estas producciones acuícolas costeras están asociadas principalmente a emprendimientos de cultivos de moluscos a lo largo del litoral marítimo patagónico y a experiencias incipientes en la puesta a punto de técnicas para la producción de peces como el lenguado (*Paralichthys d'orbigny*) y besugo (*Pagrus pagrus*).

La calidad del agua costera marítima patagónica cumple todos los requerimientos nutricionales de los moluscos bivalvos (*Mytilus edulis*, *M. chilensis*, *Ostrea puelchana* y *Crassostrea gigas*) (Luchini & Panné Huidobro, 2008), sin embargo las producciones de los mismos son muy limitadas en la actualidad.

La pesca de captura también se considera una actividad productiva extractiva, tanto sea la pesca marina como la continental.

En Argentina la pesca marina es la más importante, capturándose hasta diciembre de 2009, 653 845.5 toneladas anuales de las cuales más del 50 % proviene de la pesca costera (SAGPYA, 2009). La pesca costera marítima está asociada directamente a la calidad integral del ambiente costero ya que las especies costeras habitan predominantemente esta área en alguno de sus estadios de vida. Las principales especies costeras de peces capturadas son la corvina rubia (*Micropogonias furnieri*), la pescadilla (*Cynoscion guatucupa*), el pez palo (*Percophis brasiliensis*), el bagre de mar (*Netuma barba*), el besugo (*Pagrus pagrus*), la brótola (*Urophycis brasiliensis*), la caballa (*Scomber japonicus*) y la castañeta (*Cheilodactylus bergii*). La calidad del agua costera varía dependiendo de la proximidad o no de centros urbanos.

Un ejemplo de especies comerciales costeras que poseen sus estadios larvales y juveniles en ambientes litorales son la

Calidad de agua para producción animal

corvina rubia y la pescadilla. Estas especies se crían principalmente en el área de la Bahía Samborombón (Lasta, 1995). La calidad del agua de la costa de la Bahía Samborombón es buena ya que el humedal homónimo retendría el aporte de nutrientes y xenobióticos productos de las cuencas altas (Schenone *et al.*, 2007, 2008). Sin embargo Marcovechio (2004) detectó la presencia de niveles de metales (Cd y Zn) en hígado de corvina, y Volpedo & Cirelli (2006) detectaron (Cd, Cu y Zn) en otolitos de dicha especie.

En la pesca extractiva continental, la especie que se captura en el Cuenca del Plata predominantemente es el sábalo (*Prochilodus lineatus*), produciéndose más de 10000 toneladas anualmente. Esta especie habita los río Paraná, Uruguay y Río de la Plata y la planicie de inundación de estos ríos. Las larvas de sábalo se desplazan hacia los cuerpos de agua lénticos de la planicie de inundación donde se desarrollan, y posteriormente cuando son juveniles y adultos se integran al cuerpo principal del río. La calidad del agua de los sistemas lénticos de las planicies de inundación es variable y está relacionada a la cercanía de centros urbanos y al uso de la tierra, mientras que la calidad de agua de los grandes ríos, como el Paraná, Uruguay y Río de la Plata, está principalmente asociada a la calidad de agua de sus tributarios y a la cuenca de drenaje de los mismos.

Diversos autores han determinado la presencia en diferentes concentraciones de xenobióticos y nutrientes en el agua de dichos ambientes (Cataldo *et al.*, 2001; Colombo *et al.*, 2007; Hadad & Maine, 2007; Schenone *et al.*, 2007; 2008), las cuales están asociadas a la hidrología de estos sistemas acuáticos de llanura.

Estos compuestos además de deteriorar la calidad del ambiente, afectan a los organismos. Smolders *et al.* (2003) y Lombarda *et al.* (2008) determinaron

metales pesados en sábalos del Río Pilcomayo y del Río de la Plata, respectivamente. En estos trabajos las concentraciones de metales (Cu, Cd, Zn) en tejido blando de sábalo son altas y en algunos casos superan las normativas de algunos mercados extranjeros de consumo como la Unión Europea.

En relación al aporte de nutrientes (fósforo y nitrógeno), los mismos producen eutrofización, la cual se manifiesta por el aumento de la biomasa vegetal (algal y macrófitas) y la disminución del oxígeno disuelto en el agua. Este proceso, que si bien en algunos cuerpos de agua de la región de estudio se desarrolla naturalmente debido a las condiciones ambientales de temperatura y aporte de nutrientes, se ve intensificado por la presencia de embalses y además por el aporte de efluentes agroindustriales. En los últimos años hay un creciente incremento de floraciones de algas azules (Cyanophyceae o Cyanobacteria) asociadas a procesos de eutrofización en el río Paraná y su cuenca de drenaje (Comes *et al.*, 2004; Zalocar de Domitrovich & Fonastier, 2005). Un ejemplo son las recientes floraciones de *Microcystis aeruginosa* observadas en el verano de 2004 en el río Paraná, desde la represa de Yacyretá y durante aproximadamente 230 km aguas abajo de la misma (Neiff, 2004). Este tipo de sucesos deteriora la calidad ambiental y produce mortandad masiva de peces.

En este contexto, estos hechos evidencian que de continuarse la tendencia del deterioro de la calidad del agua por xenobióticos y nutrientes en la Cuenca del Plata, recursos ictícolas como el sábalo, verán comprometida su explotación no sólo por la disminución probable de su captura, por disminución del reclutamiento por pérdida de ambientes de cría, sino también por la merma de calidad del producto para consumo humano.

CONSIDERACIONES FINALES

La calidad de agua es fundamental para todas las producciones animales, sean tradicionales o no tradicionales, ya que la misma garantiza el cumplimiento de los requerimientos nutricionales de las especies y su adecuada calidad para el consumo humano.

En los sistemas ganaderos tradicionales, especialmente aquellos de carne y leche bovinas, el agua de bebida es uno de los nutrientes más importantes y, probablemente, el menos considerado de la dieta de los animales.

En los establecimientos lecheros donde hemos estudiado la calidad del agua de bebida, las concentraciones determinadas para iones mayoritarios se encuentran dentro de los límites recomendados para agua de bebida animal, a excepción de los sulfatos, donde un porcentaje significativo de muestras, tanto del acuífero somero como de perforaciones profundas, supera la concentración de 200 mg.L^{-1} , lo que podría originar una carencia inducida de Cu y alteraciones en la salud de los animales. Las muestras categorizadas como de mala calidad, provienen del acuífero somero, en ellas, la concentración de cloruro de sodio y sulfatos supera ampliamente los requerimientos de los animales y podría causar alteraciones en la salud, con impacto negativo en la producción de leche y en las características organolépticas de los subproductos. En el caso de los establecimientos que utilizan perforaciones profundas, el aporte mineral del agua de bebida podría ser significativo para cubrir total o parcialmente las necesidades de los animales.

La contaminación por nitratos de las aguas subterráneas someras, destinadas al consumo humano, es un problema preocupante en nuestro país y comienza a ser una problemática en esta zona, en el agua destinada al consumo animal. Esta contaminación está asociada a la falta de tratamiento de los efluentes ganaderos, como pudo observarse en el relevamiento

realizado en los tambos.

La concentración de As en las muestras provenientes del acuífero somero, supera, en la mayoría de los casos, los límites recomendados para agua de bebida animal. Estos valores no producen generalmente alteraciones manifiestas en los animales, pero deben considerarse las patologías subclínicas con un importante impacto negativo en la producción de leche. Además, el As, o los metabolitos producidos por el organismo, pueden aparecer o acumularse en distintos tejidos, incluyendo los de consumo humano, lo que implica un riesgo para el consumidor.

Además, es necesario tener en cuenta que las concentraciones de As se han considerado teniendo en cuenta los límites establecidos para agua de bebida animal. Sin embargo, no puede desconocerse que la población rural de la zona consume agua subterránea. Los valores obtenidos para el acuífero somero superan en todos los casos el valor máximo de 0.01 mg.L^{-1} , permitido para consumo humano (CAA, 2007).

Los niveles de F encontrados, principalmente en el acuífero somero, pueden acarrear problemas sanitarios en animales jóvenes, que son menos tolerantes que los adultos. Las lesiones en los dientes y huesos son características de la intoxicación crónica. Los principales problemas aparecen luego del destete, cuando la ingesta de agua aumenta considerablemente.

En Argentina deberían propiciarse los estudios que consideren la cantidad y calidad de agua que demandan estos sistemas y la disponibilidad local en las diferentes regiones del país, a fin de definir los parámetros de calidad de agua en función del sistema y de la especie en cuestión.

Además se deberían intensificar el estudio del impacto de la presencia de contaminantes sobre la calidad de los

Calidad de agua para producción animal

productos obtenidos para garantizar que los mismos sean aptos para el consumo y que cumplan las normativas vigentes en los mercados externos e internos.

En relación a las especies no tradicionales generadas en acuicultura, debieran estudiarse los requerimientos de la calidad de agua para las especies nativas de producción potencial en las cuatro cuencas de producción acuícola de Argentina. Esto permitiría contribuir en el desarrollo de estándares de calidad para cultivos que pueden ser utilizados por otros países de la región. A su vez también debiera considerarse la toma de medidas respecto a los efluentes para garantizar que no se viertan sin tratamiento a los cuerpos de agua próximos deteriorándolos.

Con respecto a las explotaciones pesqueras de captura, debieran propiciarse los estudios que analicen las relaciones entre la calidad del agua y las pesquerías, con determinación de stocks pesqueros, identificación de hábitats de cría y desarrollo, estudios de edad y crecimiento, en especial en los nuevos escenarios de cambio climático para la región. Esto permitirá que se generen herramientas para el manejo ecosistémico de las pesquerías, minimizando los conflictos jurisdiccionales y con el sector pesquero, ya que muchos de los recursos ictícolas de importancia económica son transfronterizos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Buenos Aires (UBACYT V09 y UBACYT X504) y al CONICET por la financiación de este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alabaster JS & Lloyd R. 1980. *Water quality criteria for freshwater fish*. Butterworths Ed. 297 p
- Bagley C, Kotuby-Amacher J & Farrell-Poe K. 1997. *Analysis of water quality for livestock*. Utah State University Extension.
<http://extension.usu.edu/files/agpubs/beef28.pdf>
- Bavera G, Rodríguez E, Beguet H, Bocco O & Sánchez J. 2001. *Manual de aguas y aguadas para el ganado*. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires. 284 p
- CAA (Código Alimentario Argentino). 2007. Artículo 982, Agua Potable. Capítulo XII, Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.
- Cataldo DJ, Colombo C, Boltovskoy D, Bilos C & Landoni P. 2001. Environmental toxicity assessment in the Paraná river delta (Argentina): simultaneous evaluation of selected pollutants and mortality rates of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) early juveniles *Environmental Pollution*, 112 (3): 379-389
- Coria ML, Fay JP, Cseh SB & Brizuela MA. 2007. Efecto de concentraciones elevadas de sales totales y sulfatos en agua de bebida sobre la degradabilidad ruminal *in vitro* de *Thinopyrum ponticum*. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 39 (3): 261-267
- Colombo JC, Cappelletti N, Migoya MC & Speranza E. 2007. Bioaccumulation of anthropogenic contaminants by detritivorous fish in the Río de la Plata estuary: 1-Aliphatic hydrocarbons. *Chemosphere*, 68 (11): 2128-2135
- Comes A, Herrero M, Livieres N & Vazquez FA. 2004. Características del Río Paraná margen izquierda. Ciudad de Corrientes, Argentina. Demanda bioquímica de oxígeno y otros parámetros físico-químicos. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad del Noreste* (Corrientes, Argentina): 1-4
- Conzonno VH & Claverie E. 1990. Chemical characteristics of water of Chascomús pond (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Limnological implications. *Revista Brasileira de Biología*, 50(1): 1-15
- Crowley JW, Jorgensen NA, Kahler LW, Satter LD & Tyler, WJ. 1974. *Effect of nitrate in drinking water on reproductive and productive efficiency of dairy cattle*. Wisconsin Water Resources Center, 1-45
- Fernández Cirelli A; Du Mortier C & Volpedo AV. 2006. Influencia de las Actividades Agropecuarias en los Procesos de eutrofización en la Cuenca Baja del Río Salado (Provincia de Buenos Aires, Argentina). En: Galizia Tundisi J, Matsumura Tundisi T & Sidagis Galli C (eds) *Eutrophication in South America: causes, consequences and technologies for management and control*. Instituto Nacional de Ecología de São Carlos:17-34
- Gadberry S. & Jennings J. 2005. *Nitrate poisoning in cattle*. Agricultural and Natural Resources, University of Arkansas, FSA 3024.

Calidad de agua para producción animal

- Gomes LC, Baldisserotto B & Senhorini JA. 2000. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of the matrinxa, *Brycon cephalus* Characidae, in ponds. *Aquaculture*, 183: 7381
- Gómez SE, Menni RC, Gonzalez Naya J & Ramirez L. 2007. The physicalchemical habitat of the Buenos Aires pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Teleostei, Atherinopsidae), with a proposal of a water quality index. *Environmental Biology of Fishes*, 78:161171
- Grant R. 1996. *Water quality and requirements for dairy cattle*. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska. <http://ianrpubs.unl.edu/dairy>
- Hadad HR & Maine MA. 2007. Phosphorous amount in floating and rooted macrophytes growing in wetlands from the Middle Paraná River floodplain (Argentina). *Ecological Engineering*, 31 (4):251-258
- Iramain MS, Herrero MA, Maldonado May V, Buffoni H, Flores M, Pool M, Carbó L, Korol S, Fortunato MS & Gallego A. 2001. Calidad de agua y factores de contaminación en sistemas de producción lecheros. *Revista Argentina de Producción Animal* (AAPA, Balcarce, Argentina), 21 (Supl. 1): 262-264
- Jones G. 2000. Abundant good quality water and milk production. *The Virginia Dairyman*, 64(7): 16-18
- LASTA CA. 1995. *La Bahía Samborombón: Zona de desove y cría de peces*. Tesis Doctoral de Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 320 p
- Ley 24051. Régimen de Desechos Peligrosos. Decreto Nacional 831/93, Reglamentación de la Ley 24051.
- Lombardi S, Peri I & Verrengia Guerrero NR. 2008. Trace metal levels in *Prochilodus lineatus* collected from the La Plata River, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*. 160: 47-59
- Loneragan GH, Wagner JJ, Gould DH, Garry FB & Thoren MA. 2001. Effects of water sulfate concentrations on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 79: 2941-2948
- Luchini L & Panné Huidobro S. 2008. Perspectivas en acuicultura: nivel mundial, regional y local. SAGPYA. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>
- Maizels P, Etchepare E, Chomonaz E, Bustingorry J, Escaray R & Conzonno V. 2002. *Parámetros abióticos y biomasa fitoplanctónica en la Laguna de Chascomús (periodo de inundación 2002)*. <http://www.biblioteca.org.ar/LIBROS/8224.pdf>
- Marcovechio JE. 2004. The use of *Micropogonias furnieri* and *Mugil liza* as bioindicators of heavy metals pollution in La Plata river estuary, Argentina. *Science of the Total Environment*, 323: 219-226
- McDowell L, Velásquez-Pereira J & Valle G. 2000. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Diagnóstico de deficiencias de desbalances minerales. Boletín 3ra Ed. Universidad de Florida (EEUU). 51 p

Fernández Cirelli et al.

- Miretzky P & Fernández Cirelli A. 2004. Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes (Buenos Aires, Argentina). *Quaternary International*, 114: 113-121
- National Academy of Sciences (NAS). 1974. More water for arid lands. NAS, Washington DC, 73-80.
- Neiff L. 2004. Preocupación por la calidad de las aguas del río Paraná. Entrevista a investigadores del CECOAL (Centro de Ecología Aplicada del Litoral) *Diario El Libertador*, 13:4-5
- Nicolli H, O' Connor T, Suriano J, Koukharsky M, Gomez Peral M, Bertini L, Cohen I, Corradi L, Baleani O & Abril E. 1985. Geoquímica del arsénico y otros oligoelementos en aguas subterráneas de la llanura sudoriental de la Provincia de Córdoba. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina. 85p
- Nicolli H, Suriano J, Gómez Peral M, Ferpozzi L & Baleani O. 1989. Groundwater Contamination with Arsenic and other Trace Elements in an Area of the Pampa, Province of Córdoba, Argentina. *Environmental Geology and Water Sciences*, 14 (1): 3-16
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Seventh revised edition. Natl. Acad. Press, Washington DC, USA. 408 p.
- Pérez Carrera A & Fernández Cirelli A. 2004. Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Pcia. de Córdoba, Argentina). *Investigación Veterinaria (INVET)*, 6 (1): 51-59
- Pérez Carrera A & Fernández Cirelli A. 2005. Arsenic concentration in water and bovine milk in Cordoba, Argentina. Preliminary results. *Journal Dairy Research*, 72: 122-124
- Poxton MG & Allouse SB. 1982. Water quality criteria for marine fisheries. *Aquaculture Engeneering*, 1: 153-191
- Quirós R & Drago E. 1999. The environmental state of the Argentinean lakes: An overview. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 4: 55-64
- Quirós R. 1998. Classification and state of the environment of the Argentinean lakes. En: *ILEC Workshop on Better Management of the Lakes of Argentina (eds). Chapter 2. Lakes of Argentina Study Report for the Lake Environment Conservation in Developing Countries*. Argentina. International Lake Environment Committee Foundation (ILEC). Kusatsu, Japan. 29-50.
- Ranta E, Lindstrom K & Salojarvi K. 1992 Water quality, fishing effort and fish yield in lakes. *Fisheries Research*, 15: 105119
- Sager R. 2000. *Agua de bebida de bovinos*. Reedición Serie técnica 126. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria San Luis, Argentina.

Calidad de agua para producción animal

- SAGPYA-Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. 2009. Estadísticas Pesqueras. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>
- Robson S. 2007. Nitrate and nitrite poisoning in livestock. *Profitable and Sustainable Primary Industries*, 415:1-4
- Salmonid Water Quality Standard 1988.
http://www.envirocentre.ie/includes/documents/Standards04_SI293_SalmonidWater.pdf
- Schenone N, Volpedo AV, Gambino G & Fernández Cirelli A. 2004. Crecimiento de larvas de bagre sapo (*Rhamdia sapo*) en aguas de diferente dureza. *XIX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*, Buenos Aires. 24 al 28 de octubre de 2004. 136p.
- Schenone N, Volpedo AV & Fernández Cirelli A. 2008. Estado trófico y variación estacional de nutrientes en los ríos y canales del humedal mixohalino de Bahía Samborombón (Argentina). *Limnética*, 27 (1): 65-72
- Schenone N, Volpedo AV & Fernández Cirelli A 2007. Trace Metal Contents in water and sediments in Samborombón Bay wetland, Argentina. *Wetland ecology and management*, 15: 303-310
- Schenone, N. Fernández Cirelli, A., Del Rosso, F. & Troncoso J.J. 2009. Análisis de metales traza establecimientos de Acuicultura del noreste de Argentina. *2º Conferencia Latinoamericana sobre Cultivo de Peces Nativos*. Chascomús, Buenos Aires, Argentina: 78
- Smedley P & Kinniburgh D. 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17: 517-568
- Smolders AJP, Lock RAC, Van der Velde G, Medina Hoyos RI & Roelofs JGM. 2003. Effects of Mining Activities on Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment, and Macroinvertebrates in Different Reaches of the Pilcomayo River, South America. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 44: 314-323
- Solomon R, Miron J, Ben-Guedalia D & Zomberg Z. 1994. Performance of high producing dairy cows offered drinking water of high and low salinity in the Avara Desert. *Journal of Dairy Science*, 78: 620-624
- Temporetti PF, Alonso MF, Baffico G, Diaz MM, Lopez W, Pedrozo FL & Vigliano PH. 2001. Trophic state, fish community and intensive production of salmonids in Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina). *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 6: 259-267
- Urke HA, Koksvik. J, Arnekleiv JV, Hindar K, Kroglund F & Kristensen T. 2009. Seawater tolerance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., brown trout, *Salmo trutta* L., and *S. salar* × *S. trutta* hybrids smolt. *Fish Physiology and Biochemistry* 10.1007/s10695-009-9359-x
- Volpedo AV, Schenone N & Fernández Cirelli A. 2009. El proceso de eutrofización en la región pampeana (Argentina). En: Fernández Cirelli A & Amaral Jaboticabal L.(ed) *Los recursos hídricos en la Región del Mercosur: estudios de caso*. Eds. FUNESP: 110-126

Fernández Cirelli et al.

- Volpedo A & Fernández Cirelli A. 2006. Otolith chemical composition as a useful tool for sciaenids stock discrimination in Southwestern Atlantic. *Scientia Marina*, 70(2): 325-334
- Willms WD, Kenzie OR, McAllister TA, Colwell D, Veira D, Wilmshurst JF, Entz T & Olson ME. 2002. Effect of water quality on cattle performance. *Journal of Range Management*, 55: 452-460
- Zalocar de Domitrovic Y & Forastier ME. 2005. Cyanophyceae (Cyanobacteria) del nordeste argentino: distribución y diversidad. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Universidad Nacional del Noreste*, B-038: 1-4