

El Lago Chasicó: similitudes y diferencias con las lagunas pampásicas

Chasicó Lake: similarities and differences with pampean shallow lakes

Alejandra Volpedo^{1,2*}, Alicia Fernández Cirelli^{1,2}

Palabras clave: lagunas pampeanas, Lago Chasicó, limnología, composición química
Keywords: Pampean shallow lake, Chasicó Lake, limnology, chemical composition

ABSTRACT

The Chaco-Pampa plain is one of the most extended plain regions in the world. The negligible slope is responsible for the disparity between the abundance of lentic water bodies and the low density of the drainage net. Lentic systems present different geomorphological origin and limnological characteristics. This paper presents a review of the most important characteristics of lentic systems (Pampean shallow lakes). Analogies and differences between these water bodies and a lake in Buenos Aires Southwest (Chasicó Lake) are analyzed.

Pampean shallow lakes have a "basin" profile. They do not have a defined thermal cycle or persistent stratification. They do have continuous water circulation with an own sediment which differs from the surrounding emerged soil but they do not show a differentiation between the litoral and the central zones. Another typical feature of these water bodies is the presence of macrophytes.

There are important differences between Chasicó Lake and the Pampean shallow lakes. Chasicó Lake has a geomorphologic tectonic-eolian origin and a "U" shape profile. Its depth is significantly higher than the average depth of Pampean shallow lakes. This feature suggests that a temperature gradient may exist. It has not macrophytes on its coast.

Sodium and chloride are the dominant ions in Chasicó Lake, which possess high salinity ($> 25 \text{ g L}^{-1}$), whereas in Pampean shallow lakes these are not dominant ions and the salinity is low ($< 3 \text{ g L}^{-1}$). Both water bodies (Chasicó Lake and the Pampean shallow lakes) are hypertrophic.

RESUMEN

La llanura pampeana es una de las grandes planicies a nivel mundial. La escasa pendiente y la geomorfología hacen que el escurrimiento de las aguas de lluvia, sea relativamente lento y presente numerosos sistemas lénticos, que poseen diferentes orígenes geomorfológicos y características limnológicas. En este trabajo se comparan las características más relevantes de los sistemas lénticos más comunes presentes en la zona (lagunas pampásicas) y se analizan las analogías y diferencias de dichos cuerpos de agua con un lago del sudoeste bonaerense (Lago Chasicó).

Las lagunas pampásicas poseen un perfil de "palangana", no poseen un ciclo térmico definido, poseen circulación continua, y no presentan una diferenciación entre la zona litoral y la central de la laguna. Otra de las características típicas de estos cuerpos de agua es la presencia de macrófitas.

El Lago Chasicó posee un origen geomorfológico combinado tectónico-eólico, perfil en forma de "U" y una profundidad importante, significativamente mayor a la profundidad media de las lagunas pampásicas. Esta característica permite sugerir la posibilidad de la existencia de un gradiente térmico. Además no posee macrófitas en su costa.

El sodio y el cloruro son los iones dominantes en el Lago Chasicó que posee alta salinidad ($> 25 \text{ g L}^{-1}$), mientras que en las lagunas pampásicas no predominan estos iones y la salinidad es baja ($< 3 \text{ g L}^{-1}$). Ambos cuerpos de agua (Lago Chasicó y las lagunas pampásicas) son hipertróficos.

Recibido 05 de marzo de 2012; Aceptado 25 de noviembre de 2012

¹Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (Instituto UBA/INBA-CONICET).
Av. Chorroarín 280, CP1427 Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

²CONICET

Autor para correspondencia: +54-4524-8423. avolpedo@fvvet.uba.ar

INTRODUCCIÓN

La llanura pampeana, una de las grandes planicies a nivel mundial, presenta una escasa pendiente hacia el mar (0.1-0.3 m km⁻¹, Sala, 1975), interrumpida por dos pequeños cordones de serranías, el sistema de Tandilia (350 km de longitud y altura máxima de 500 m) y el de Ventania (180 km de longitud y altura máxima 1243 m). El clima es templado con una temperatura media de 17°C en el norte y 13 °C en el sur (Czajkowski, & Rosenfeld, 1992; Servicio Meteorológico Nacional, 1992). La precipitación pluvial anual alcanza los 1000 mm en el noreste y disminuye hacia el sur y el oeste hasta alcanzar valores de 400 mm.

La escasa pendiente y la geomorfología (Iriondo, 2004) del lugar hacen que el escurrimiento de las aguas, producto de las precipitaciones, sea relativamente lento y por lo tanto se forme un macrosistema de humedales entre lagunas, bañados, ríos, arroyos, canales y cañadones (Sosnosky & Quirós, 2005; Fernández Cirelli *et al.*, 2006). Este mosaico de humedales posee características singulares como gran complejidad, variabilidad hídrica y gran extensión geográfica, funcionando como una trampa de nutrientes, por transformaciones químicas, procesos de concentración y liberación, dependiendo de la existencia de precipitaciones, el escurrimiento, la contribución de los ríos y el flujo de agua subterránea (Iriondo, 2004).

Los sistemas lóticos presentes en la llanura son relativamente escasos siendo el Río Salado, la principal cuenca hídrica, mientras que los sistemas lénticos son numerosos, contabilizándose 525 cuerpos de agua permanentes y 904 transitorios (Tosani *et al.*, 1994). Dichos cuerpos de agua poseen diferentes orígenes geomorfológicos y características limnológicas, en particular los ubicados en el sudoeste bonaerense.

El objetivo de este trabajo es comparar las características más relevantes de las lagunas pampásicas y analizar las similitudes y diferencias de dichos cuerpos de agua con un lago del sudoeste bonaerense (Lago Chasicó).

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión bibliográfica sobre las características físico-químicas, geomorfología y estado trófico de las lagunas pampásicas desde 1960 a la actualidad y se compararon los datos de la literatura con los resultados de investigaciones propias, tanto de las lagunas pampásicas como del Lago Chasicó.

Los datos propios obtenidos en el Lago Chasicó son el resultado de campañas de muestreo realizadas durante 2010-2011, donde se colectaron muestras de agua superficiales por duplicado, en distintos puntos del cuerpo de agua. Las muestras se filtraron por una membrana (0.45 mm) y fueron preservadas en botellas de polietileno. La conductividad (mS cm⁻¹), la temperatura (°C) y el pH fueron determinados in situ con un pHmetro Hanna HI 9025. Los iones mayoritarios se determinaron por métodos estandarizados (APHA, 1993). Los sólidos totales disueltos (STD) fueron calculados como la suma de las concentraciones de iones.

Para la determinación de Pt (fósforo total) y Nt (nitrógeno total) se realizó una digestión ácida previa a la determinación. El Nt se midió como NO₃ según método APHA 4500-NO₃E y el Pt como PO₄ según método APHA 4500-PE. Se utilizó un espectrofotómetro Jasco 7850 para las determinaciones colorimétricas. Se determinó el estado trófico de los sistemas lóticos teniendo en cuenta las concentraciones de Nt y Pt y el nutriente limitante mediante la relación molar N/P (Forsberg & Riding, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los sistemas lénticos de la Llanura Pampeana

La mayoría de los cuerpos de agua lénticos de la Llanura Pampeana son denominados lagunas pampásicas (Figura 1).

Dichas lagunas poseen el perfil actual en

“palangana”, sin ciclo térmico definido, ni estratificación persistente, de circulación continua, con un sedimento propio que difiere del suelo emergido circundante, y no presentan una diferenciación entre la zona litoral y la central de la laguna (Ringuelet, 1962; Conzonno & Fernández Cirelli, 1997; Dangavs, 2005). Otra de las características típicas de estos cuerpos de agua es la presencia de un cordón de

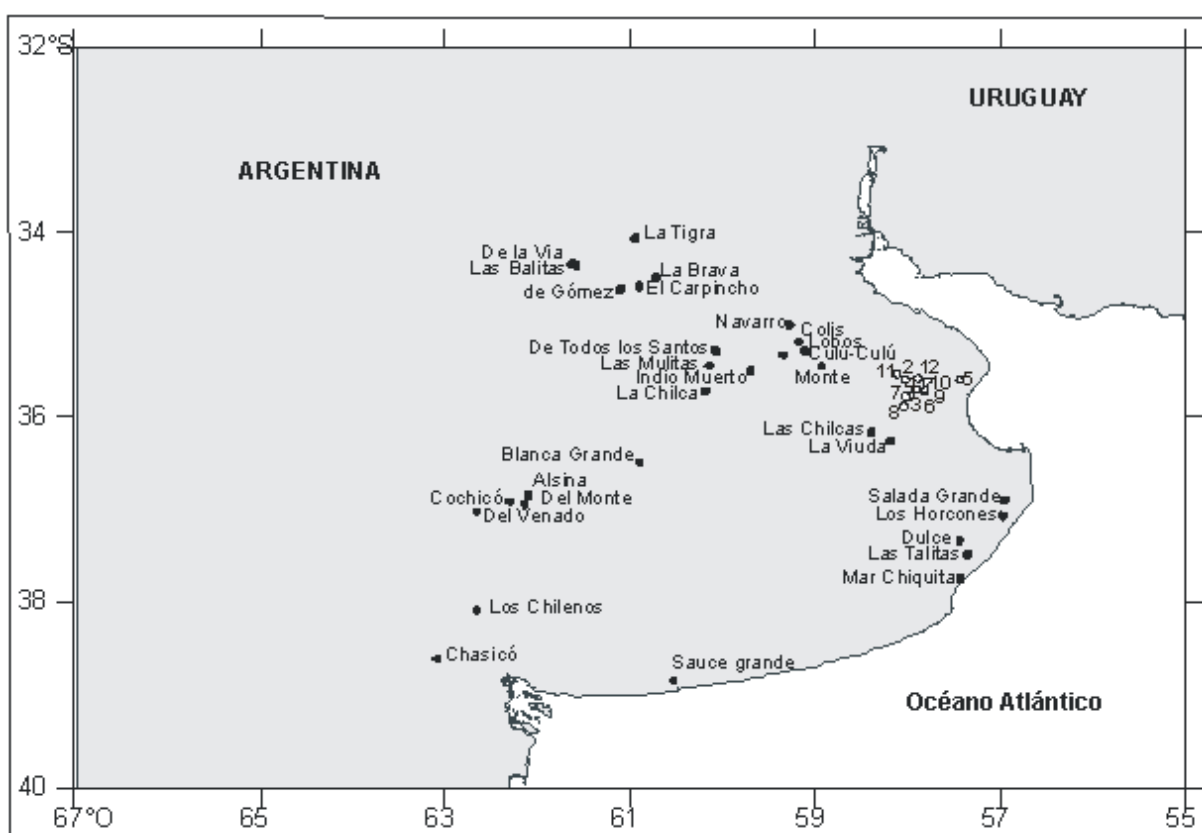


Figura 1. Principales cuerpos de agua de la Llanura pampeana. 1: Laguna Adela, 2: Laguna Chascomús, 3: Laguna Chis-Chis, 4: Laguna del Burro, 5: Laguna La Salada, 6: Laguna La Segunda, 7: Laguna La Tablilla, 8: Laguna Las Barrancas, 9: Laguna Manantiales, 10: Laguna La Limpia, 11: Laguna Vitel, 11: Laguna Yalca.

Figure 1. Main water bodies of pampean plain. 1: Laguna Adela, 2: Laguna Chascomús, 3: Laguna Chis-Chis, 4: Laguna del Burro, 5: Laguna La Salada, 6: Laguna La Segunda, 7: Laguna La Tablilla, 8: Laguna Las Barrancas, 9: Laguna Manantiales, 10: Laguna La Limpia, 11: Laguna Vitel, 11: Laguna Yalca

macrófitas dispuestas perimetralmente y que a veces pueden extenderse abarcando una gran superficie del espejo de agua. Esta vegetación cumple una función ecológica destacada ya que retiene nutrientes, sedimentos y contaminantes, así como provee de microhábitats para organismos acuáticos y terrestres. Sin embargo, en el sudoeste bonaerense (Figura 1) el cuerpo de agua Chasicó, siguiendo la definición de lago, sugerida por Wetzel (2001) y Margaleff (1983), podría ser definido como tal ya que su profundidad supera los 10 metros (Remes Lenicov & Colautti, 2003), y posee perfil en forma de "U". Este cuerpo de agua presenta singularidades ya que además de poseer origen tectónico-eólico (Tabla 1), algo poco común en la región pampeana; además, no posee en su perímetro macrófitas, otra característica típica de las lagunas pampásicas. La ausencia de macrofitas perimetrales posiblemente se deba a la alta salinidad, la importante profundidad y los escasos aportes de agua dulce que permitirían facilitar el desarrollo de las semillas que pueden ingresar por vía fluvial (Dangavs, com pers). A pesar que su estratificación térmica no ha sido suficientemente estudiada, ambos términos "lago" y "laguna" siguen siendo utilizados para denominar a este cuerpo de agua, aunque en este trabajo consideramos como el término más apropiado el uso del primero.

El aporte de agua que reciben las lagunas pampásicas es irregular, sufriendo su volumen amplias variaciones estacionales e interdecadales (Quirós et al., 2002; Miretzky et al., 2001b; Miretzky & Fernández Cirelli, 2004; Magrin et al., 2005; Diovisalvi et al., 2010). Los sedimentos lagunares son de origen silicoclástico, predominando limos arenosos y fangos, si bien también se observan materiales más gruesos (rodados de toscas, arenas y arenas limosas) y abundante materia orgánica disuelta (sustancias húmicas) (Ringuelet 1962; 1972; Conzonno & Fernández Cirelli, 1995;

Dangavs, 2005).

En el caso del Lago Chasicó, este es un sistema endorreico que sólo recibe las aguas del arroyo homónimo (Figura 1). Se encuentra en una faja tectónica situada a más de 20 m bajo el nivel del mar, en la vertiente del suroeste del sistema orográfico de Ventania. Dicha faja de rumbo Noroeste al Sudeste es paralela a la fosa tectónica que ocupa el Río Colorado.

El drenaje de las sierras se encauza a través de los arroyos Cochén Leufú Grande y Chico, Aguas Blancas y Alfalfa que fluyen hacia la laguna Los Chilenos, cuyo emisario es el arroyo Chasicó. Este último recibe además como afluentes a los arroyos San Roman, Pelicurá y Sanquicó Grande, para descargar en el sistema cerrado del Lago Chasicó (Fiorentino & Paoloni, 2001). La recarga del lago es por precipitación directa sobre el espejo de agua, la descarga de agua subterránea y el escurrimiento superficial de una amplia cuenca de recepción (3764 km²) (Bonorino et al., 1989).

El origen geomorfológico de los cuerpos de agua pampeanos es diverso, formándose a partir de cauces fluviales preexistentes, de albuferas que han perdido su comunicación con el mar por fuerzas tectónicas, por la deflación o excavación eólica, por el endicamiento de ríos y arroyos o por depresiones artificiales (Ringuelet et al., 1968; Conzonno & Fernández Cirelli, 1997; Quirós et al., 2002; Dangavs, 2005). En la provincia de Buenos Aires, Dangavs (2005) reconoce siete procesos de formación principales de cubetas (Tabla 1) basados en los propuestos por Hutchinson (1957).

Las características morfométricas de los cuerpos de agua pampeanos son heterogéneas (Tabla 2), difiriendo en su superficie. Sin embargo su profundidad máxima y media se correlacionan positivamente siendo la profundidad media un 0.7 de su profundidad máxima (Quiros, 2004). Las lagunas con mayor superficie son Mar Chiquita y Del Monte siendo la

Procesos generadores de cubetas	Cuerpos de Agua
Procesos eólicos	Laguna Hinojo y Las Tunas (Trenque Lauquen)
Procesos combinados, eólicos y de solución	Laguna Los Difuntos (Maipú)
Procesos fluviales	Pequeñas cubetas a lo largo del Río Salado y los arroyos Vallimanca, Saladillo y en los paleoestuarios de la Pampa Ondulada.
Procesos combinados: fluviales y eólicos	Laguna de Gómez y el Carpincho (Junín), Laguna de Lobos, Encadenadas de Chascomús-Lezama, Encadenadas de Monte, Encadenadas de Pila, Laguna del Tordillo, Laguna de Juancho (Daireaux-Bolívar), Laguna del Potrillo (Saladillo), etc.
Procesos litorales: endicamiento de dunas costeras	Albúfera de Mar Chiquita (Mar Chiquita), Laguna Sauce Grande, (Monte Hermoso), Laguna La Salada (Coronel Dorrego)
Procesos combinados, litorales y eólicos	Laguna Salada Grande y Salada Chica (General Lavalle)
Procesos combinados, tectónicos, fluviales y eólicos	Laguna de Chasicó (Villarino-Puán), Laguna Los Chilenos (Tornquist-Saaavedra), Encadenadas del Sudoeste (Adolfo Alsina-Guaminí).
Procesos de acumulación de materia orgánica	Madrejones del delta del Paraná
Por comportamiento complejo de organismos superiores:	Cavas y embalses

Tabla 1. Origen de algunos cuerpos de agua presentes en la llanura pampeana (basado en Dangavs, 2005).

Table 1. Origin of some water bodies in Pampean plains (based in Dangavs, 2005)

superficie de las restantes menor a 60 km². En el caso del Lago Chasicó, el tamaño del espejo de agua que en 1963 cubría 31 km², en 2003-2004 alcanzó 85 km² y en la actualidad disminuyó a 50.3 km² (Remes Lenicov & Colautti, 2003), reflejando las variaciones producidas por los periodos de inundación y sequías.

La profundidad máxima promedio de las lagunas pampásicas es aproximadamente de 1.5 m, sin embargo hay un grupo de lagunas (Del Monte, Del Venado y La Brava) que poseen una profundidad entre 4.4 a 5.4 m aproximadamente (Tabla 2). El Lago Chasicó es el cuerpo de agua con mayor profundidad aproximadamente entre 16 a 20 m.

Cuerpo de Agua	Superficie (km ²)	Profundidad		Profundidad Máxima (m)	Referencia
		Media (m)			
Adela (Partido de Chascomús)	20,8	1,2		1,7	Caloagno et al. (1995)
Albina (Partido de Guaminí)	25,7	1,1		1,9	Quirós (2004)
Blanca Grande (Partido de Olavarría)	4,1	1,5		1,8	Quirós (2004)
Carpincho (Partido de Junín)	4,4	1,2		1,4	Quirós (2004)
Chascomús (Partido de Chascomús)	28,7	1,5		1,9	Quirós (2004)
Chasicó (Partido de Villarino-Puán)	50,3	10		20	Este trabajo
Chis Chis (Partido de Lezama)	14,7	1,1		1,5	Caloagno et al. (1995)
Cochicó (Partido de Guaminí)	36,6	1,9		3	Quirós (2004)
Del Monte (Partido de Monte)	80,16	5,2		6,7	Caloagno et al. (1995)
Del Venado (Partido de Guaminí)	25,3	3,8		5,6	Quirós (2004)
Gómez (Partido de Junín)	36,6	1,1		1,9	Quirós (2004)
Indio Muerto (Partido de Saladillo)	6,3	1,6		2	Quirós (2004)
La Brava (Partido de Balcarce)	4,3	3,4		4,8	Quirós (2004)
La Limpia (Partido de Chascomús)	5,6	1,9		2,3	Quirós (2004)
La Tabilla (Partido de Lezama)	12,9	1,1		1,5	Quirós (2004)
Las Chilcas (Partido de Las Flores)	10	1,5		1,7	Quirós (2004)
Las Mulitas (Partido de 25 de Mayo)	1,4	1,5		1,7	Quirós (2004)
La Tigra (Partido de Lezama)	22	1,4		3,3	Quirós (2004)
Las Talitas (Partido de Mar Chiquita)	7	0,7		1,1	Quirós (2004)
Lobos (Partido de Lobos)	7,5	1,2		1,6	Quirós (2004)
Los Horcones (Partido de General Madariaga)	2	1,3		1,7	Quirós (2004)
Mánantiales (Partido de Chascomús)	20,8	1,2		1,7	Caloagno et al. (1995)
Mar Chiquita (Partido de Mar Chiquita)	1984	1,8		3,6	Quirós (2004)
Navarro (Partido de Navarro)	2,1	0,7		1	Quirós (2004)
Sauce Grande (Partido de Monte Hermoso)	18,2	2,1		2,4	Caloagno et al. (1995)
Vitel (Partido de Chascomús)	14,6	1,2		1,7	Caloagno et al. (1995)
Yalca (Partido de Chascomús)	10,6	0,7		1,4	Caloagno et al. (1995)

Tabla 2. Características morfométricas de los principales cuerpos de agua pampeánicos.

Table 2. Morphometric characteristics of main Pampean water bodies

Composición del agua en los sistemas lénticos pampeanos

Las lagunas pampásicas se caracterizan químicamente por presentar aguas con una elevada concentración de Na, de haluros solubles y de bicarbonatos, de modo que sus aguas son bicarbonatadas sódicas o cloruradas sódicas bicarbonatadas sin anión dominante, con una salinidad menor a 3 g L^{-1} , una alta dureza (sobresaturación de calcita y dolomita) y una alta demanda química de oxígeno (DQO) como indicador del contenido de materia orgánica (Miretzky *et al.*, 2000; 2001 a; Fernández Cirelli & Miretzky, 2004; Conzonno, 2009). En el Lago Chasicó, las aguas del único afluente, el arroyo Chasicó, son bicarbonatadas-cálcicas-magnésicas en su cabecera; en cambio, se vuelven bicarbonatadas sódicas al desaguar en el lago (Fiorentino & Paoloni, 2001). El lago posee una alta concentración de sales, siendo los iones dominantes el sodio y el cloruro, por lo que en la actualidad el agua del lago es clorurada sódica.

En el Lago Chasicó, nuestro equipo de investigación registró durante 2010 y 2011 diferentes parámetros fisicoquímicos (Tabla 3). De dichos parámetros se desprende un aumento importante de los STD, la salinidad y la dureza en los últimos años, en relación a lo hallado por Remes Lenicov & Colautti (2003). Esto mismo ocurrió con la conductividad la cual se incrementó en un 176.5%, siendo en 2003 de 25.2 mS cm^{-1} (Remes Lenicov & Colautti, 2003), en el año 2010 de 38.8 mS cm^{-1} y en el año 2011 de 44.48 mS cm^{-1} , coincidiendo esto con la época seca, donde se reduce el espejo de agua y se concentran las sales. Cabe destacar que Sussini *et al.* (1937) determinaron una salinidad de 4 g L^{-1} y Dangavs en 1968 determinó 100 g L^{-1} . En la actualidad, la salinidad de este cuerpo de agua es alta pudiendo ser clasificado como salado ($10\text{-}100 \text{ g L}^{-1}$) según la propuesta

de Gorrell (1958) o como polihalino ($16\text{-}40 \text{ g L}^{-1}$) según la clasificación de Ringuelet (1962). Estas variaciones físico-químicas del agua tienen una importante relación con los períodos de mayor o menor pluviosidad y en sentido más amplio con las sequías e inundaciones, tanto en la cuenca como en toda la región.

Es de destacar que los valores determinados de salinidad así como los iones dominantes en el lago, son similares al agua de mar ($>33 \text{ g L}^{-1}$). Además es particularmente interesante señalar que la composición iónica de los lagos salados, originados por la evaporación de agua dulce es diferente al agua de mar. En el agua de mar el cloruro de sodio es la sal dominante, mientras que en los lagos salados predominan las sales de calcio, magnesio, sulfatos y carbonatos (Stumm & Morgan, 1970).

Procesos geoquímicos que determinan la calidad del agua superficial

La composición química de las aguas de los ecosistemas lénticos puede ser explicada por varios mecanismos. Gibbs (1970) postuló que los tres mecanismos que controlan la química de las aguas superficiales a nivel mundial son: la precipitación atmosférica, la mineralización de las rocas y los procesos de evaporación-cristalización. En la Figura 2 se muestra el diagrama catiónico de Gibbs indicando los procesos predominantes.

Los cuerpos de agua cuya composición química esté influenciada por las precipitaciones se ubicarán en la zona inferior derecha del boomerang catiónico de Gibbs presentando valores bajos de sólidos totales disueltos (STD) y una alta relación $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$. En general se

Cuerpos de Agua	pH	STD	Na	K	Ca	Mg	Cl	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Referencias
Chascomús (Partido de Chascomús) (I)	8.30	1626.4	20.05	0.49	1.43	2.22	11.75	<0.05	7.9	4.40	Miretzky et al. (2001a)
Chascomús (P)	9.47	1572.4	19.91	0.39	0.99	2.02	10.23	1.77	5.72	5.82	Miretzky et al. (2001a)
Chascomús	-	-	13.4	1.7	1.4	1.7	6.5	1.0	3.4	2.7	Conzonno (2009)
Chascomús	7.85	785.25	15.2	0.6	1.6	2.6	3.9	-	-	1.2	Galindo et al. (2004)
El Burro (Partido de Chascomús) (I)	8.4	1612.3	19.59	0.47	1.43	2.96	12.81	<0.05	7.25	3.80	Miretzky et al. (2001a)
El Burro (V)	9.49	1342.1	17.17	0.42	1	2.14	9.92	3.97	4.84	2.15	Miretzky et al. (2001a)
Chis-Chis (Partido de Chascomús) (I)	8.39	1292.7	14.64	0.43	1.92	2.37	9.54	<0.05	6.54	2.80	Miretzky et al. (2001a)
Chis-Chis (P)	8.83	1042.2	10.56	0.46	1.75	1.56	6.8	0.302	6.16	1.60	Miretzky et al. (2001a)
Las Encadenadas de Chascomús (I)	6.85	1200.2	12.93	0.51	1.64	2.32	7.78	<0.05	6.12	3.6	Miretzky et al. (2001a)
Las Encadenadas de Chascomús (P)	8.24	2388.4	28.37	0.82	2.7	4.77	20.5	0.87	7.48	7.8	Miretzky et al. (2001a)
La Salada (Partido de Chascomús) (I)	8.17	1017.6	11.61	0.68	0.57	1.19	6.23	<0.05	7.67	0.20	Miretzky et al. (2001a)
La Salada (P)	10.33	999.8	14.13	0.64	0.35	0.99	7.33	4.84	3.52	0.4	Miretzky et al. (2001a)
La Segunda (Partido de Chascomús) (I)	8.81	1012.4	11.5	0.81	1.07	1.38	7.89	0.91	5.93	0.20	Miretzky et al. (2001a)
La Segunda (P)	8.88	1104.7	13	0.87	0.9	1.32	8.14	0.44	6.93	0.2	Miretzky et al. (2001a)
Vitel (Partido de Chascomús) (I)	8.10	1007	10.67	0.32	1.35	1.14	5.03	<0.05	6.8	2.4	Miretzky et al. (2001a)
La Viuda (Partido de Chascomús) (I)	9.50	1228	15.23	0.72	0.71	1.78	8.70	3.62	6.34	0.20	Miretzky et al. (2001a)
Adela (Partido de Chascomús) (I)	8.12	1679.5	19.82	0.51	1.92	2.96	13.20	<0.05	8.01	3.60	Miretzky et al. (2001a)
Yalca (Partido de Chascomús)	-	-	9.1	0.7	0.6	1.0	1.8	0.1	3.5	0.3	Conzonno (2009)
Carpinocho (Partido de Junín)	-	-	22.7	1.3	1.2	1.4	6.8	3.7	6.3	4.2	Conzonno (2009)
Salada Grande (Partido de Gral. Madariaga)	-	-	41.3	25.1	2.5	15.1	48.9	0.7	6.7	3.1	Conzonno (2009)
Cochicó (Partido de Guaminí)	-	-	88.1	7.6	1.4	6.0	54.5	8.7	13.6	23.4	Conzonno (2009)
La Grande (Partido de Ayacucho)	-	-	141.2	2.4	4.3	30.4	141.9	2.2	8.2	17.5	Conzonno (2009)
Lobos (Partido de Lobos)	7.66	757	16.6	0.7	0.9	2.9	2.5	-	-	3.0	Galindo et al. (2004)
Del Monte (Partido de Monte)	7.46	755.5	14.1	0.6	1.2	2.0	2.4	-	-	2.8	Galindo et al. (2004)
Chasicó (Partido de Milarino-Puán)	8.64	-	-	3	3.2	40	244.8	4.5	9.9	17.7	Remes Lenicov & Colautti (2003)
Chasicó	8.73	27100	432.5	4.99	2.88	49.4	344.95	-	140.27	0.93	Este trabajo (muestreo 2010)
Chasicó	8.64	31130	529.9	9.43	3.04	57.08	665.18	14.36	19.95	0.8	Este trabajo (muestreo 2011)

Table 3. pH, sólidos totales disueltos (STD, mg L⁻¹) y concentraciones de los iones mayoritarios (meq L⁻¹) de algunos cuerpos de agua pampeanos. I: invierno, P: Primavera, V: verano, STP: sólidos totales disueltos.

Table 3. pH, Total dissolved Solids (TDS, mg L⁻¹) and major ionic concentrations (meq L⁻¹) of some Pampean water bodies. I: winter, P: spring, STP: Total Dissolved Solids, V: summer

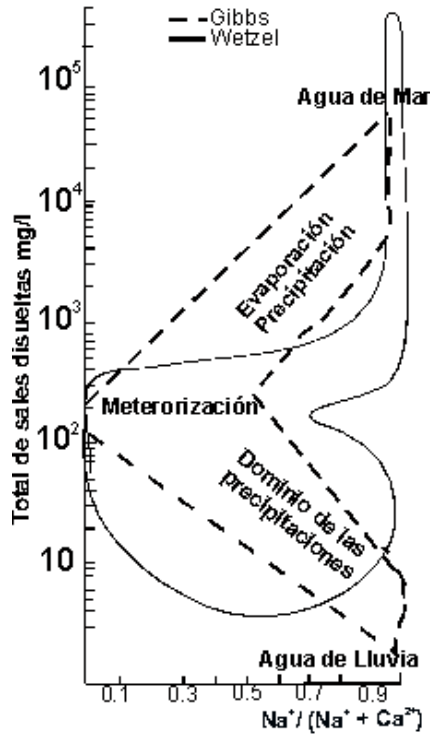


Figura 2. Diagrama catiónico de Gibbs con modificación de Wetzel (1982).

Figure 2. Gibbs cationic diagram with modifications by Wetzel (1982).

puede mencionar que corresponden a zonas donde las precipitaciones son elevadas y donde el aporte debido a la meteorización de rocas no es importante.

Cuando el proceso que predomina en la composición química de las aguas es la meteorización, dicha composición dependerá del clima, la geomorfología, la biota y del material parental (Miretzky, 2001). En general en este tipo de aguas predominan los iones calcio y bicarbonato, hay valores medios de STD y ocupan aproximadamente la primera mitad del eje $Na^+ / (Na^+ + Ca^{2+})$ en la zona central del gráfico de Gibbs. Estos procesos no se excluyen mutuamente y muchos cuerpos de agua superficial tienen una composición química comprendida entre las dos composiciones extremas, por lo tanto estos dos procesos podrían ser considerados como extremos de una serie continua de composiciones.

El mecanismo de evaporación-cristalización es fundamental en las zonas áridas y cálidas donde la evaporación supera la precipitación atmosférica y la composición del agua tiende a la composición del agua marina. Estos cuerpos de agua se ubican en la zona superior derecha del boomerang de Gibbs formando una serie continua de procesos entre la composición química de los cuerpos de agua dominados por el proceso de meteorización hasta llegar a la composición química del agua del mar.

A nivel mundial los sistemas lénticos de las regiones templadas prevalece el tipo de dominancia del calcio y bicarbonato (Wetzel, 2001).

Cationes: $Ca > Mg \geq Na > Cl$

Aniones: $CO_3 > SO_4 > Cl$

Sin embargo existen numerosas desviaciones de este esquema en el hemisferio sur, tanto en Sudamérica, Australia como en África (Kilham, 1990; Eilers *et al.*, 1992; Miretzky *et al.*, 2001; Wetzel, 2001; Conzonno, 2009).

En el caso de las lagunas pampásicas, cuando se grafica los STD en función de los cationes se observa que caen fuera del boomerang propuesto por Gibbs (1970) por lo que los principales procesos geoquímicos (la precipitación atmosférica, la mineralización de las rocas y los procesos de evaporación-cristalización) no explican la composición química de las aguas de las lagunas pampásicas (Figura 3 a).

Con respecto a los aniones, la relación en función de los STD muestra que en las lagunas pampásicas todos los valores se ubican en la zona del boomerang donde predominan los procesos de meteorización y de cristalización- evaporación (Figura 3 b). Este último proceso produce un aumento de los STD y la precipitación del carbonato de calcio. Es de destacarse que en las lagunas pampásicas no se observan desviaciones del diagrama de Gibbs para los aniones (Miretzky *et al.*, 2001 a).

En relación a la composición química, en este trabajo se muestra que las aguas del Lago Chasicó prácticamente no presentan una desviación del esquema catiónico del Gibbs

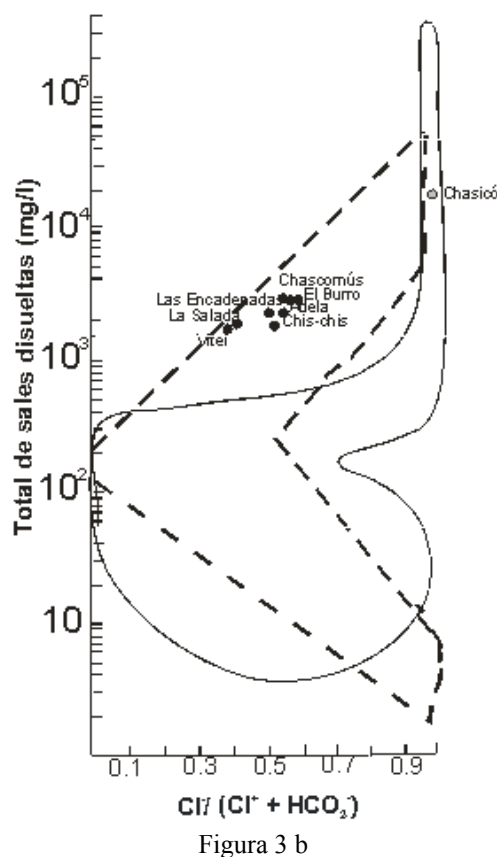
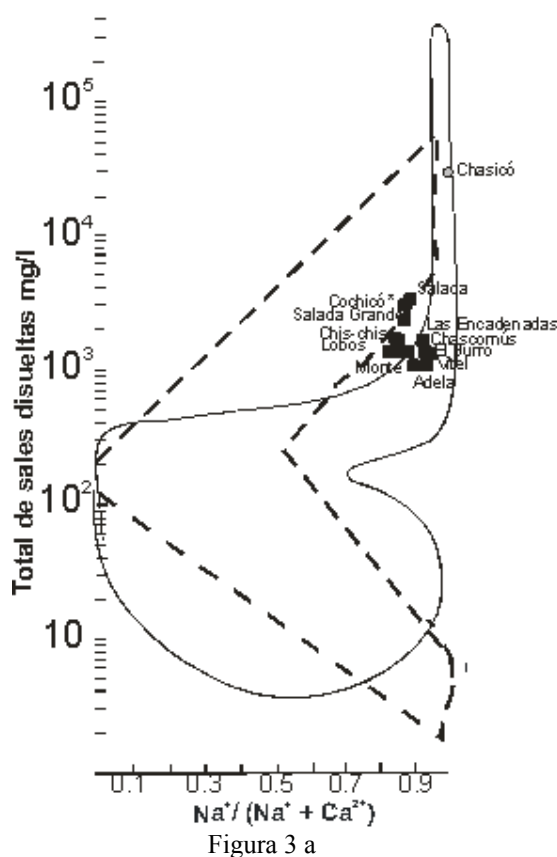


Figura 3. Diagrama de Gibbs para muestras provenientes de diferentes cuerpos de agua pampásicos. a) Diagrama Catiónico, b) Diagrama aniónico.

Figure 3. Gibbs diagram for samples from different Pampean water bodies a) Cationic diagram, b) Anionic diagram

(1970), estando en la zona de composición química del agua de mar y marcando otra diferencia con las lagunas pampásicas (Figura 3 a). En relación a los aniones, se observa en concordancia con los cationes, valores próximos a la composición química del agua de mar (Figura 3 b).

Los resultados en relación a los procesos geoquímicos asociados a la composición del agua en las lagunas pampásicas, sugieren la existencia de un proceso que involucra sólo a los cationes. El análisis de las relaciones iónicas en estos cuerpos de agua, determina la existencia de un proceso de intercambio catiónico entre Ca y Na en la evolución hidroquímica del agua subterránea a través de los sedimentos loésicos, siendo ésta una de las fuentes de agua superficial (Miretzky *et al.*, 2000; Miretzky *et al.*, 2001 a; b;

Fernández Cirelli & Miretzky, 2004). Esto se presenta en la figura 4, donde Fernández Cirelli y Miretzky (2004) representan la relación $(Na^+ - Cl^-)$ en función de $Ca^{2+} + Mg^{2+} - (SO_4^{2-} + HCO_3^- + CO_3^{2-})$ en $meq L^{-1}$ para los cuerpos de agua de la Cuenca Baja del Salado. En dicha relación se observa una buena correlación lineal ($r=0.88$) y una pendiente cuyo valor es cercano a 1 (-0.9945) por lo cual se evidencia la existencia del proceso de intercambio catiónico que produce un aumento del sodio y una disminución equivalente del calcio en el agua de estos ecosistemas pampásicos.

Es de destacarse que en la mayoría de las lagunas pampásicas el pH es >8 y que la concentración de Mg es mayor que la de Ca (Tabla 3).

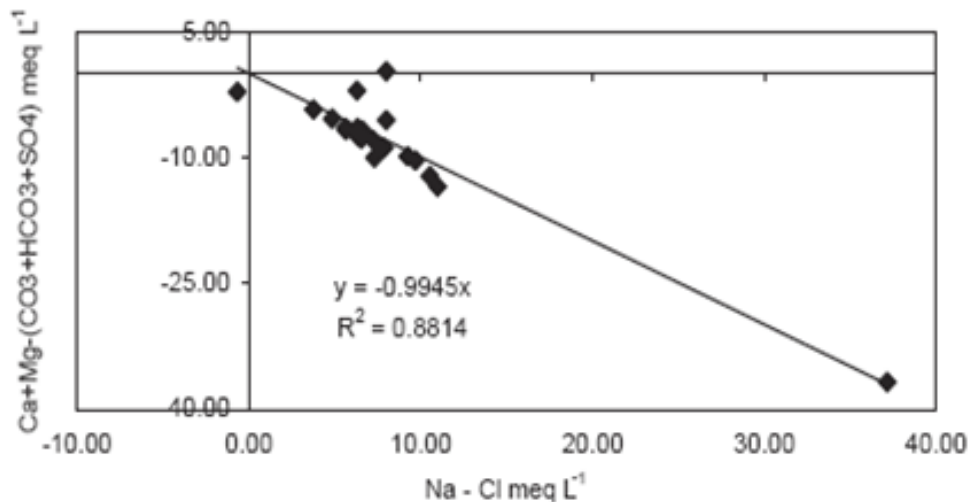


Figura 4. Relaciones iónicas de los cuerpos de agua de la Cuenca Baja del Salado (Fernández Cirelli & Miretzky, 2004).

Figure 4. Ionic relations of water bodies of Lower Salado Basin (Fernández Cirelli & Miretzky, 2004)

Laguna	Pt		Nt		NT	NH ₄ Pt	NL	Referencia
	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(mg L ⁻¹)				
Del Monte (Partido de Monte)	0.16	5.00	h	71	P	Quirós (1988)		
Chascomús (Partido de Chascomús)	0.25	1.56	h	138	N,P	Conzonno et al. (1990)		
Chascomús (Partido de Chascomús)	0.23	2.80	h	27	P	Quirós (1988)		
El Carpincho (Partido de Junín)	1.29	5.23	h	9	N	Quirós (1988)		
De Gómez (Partido de Junín)	1.25	13.00	h	23	P	Quirós (1988)		
Navarro (Partido de Navarro)	0.35	7.27	h	46	P	Quirós (1988)		
Las Muftas (Partido de 25 de Mayo)	0.10	4.74	h	103	P	Quirós (1988)		
Las Chilcas (Partido de Las Flores)	0.08	3.69	e	101	P	Quirós (1988)		
Lobos (Partido de Lobos)	0.36	2.00	h	12.3	N,P	Conzonno & Maniñelarena (1997)		
Lobos	0.30	4.67	h	34.5	P	Baguire & Vnocur (1994),		
Culú-Culú (Partido de Lobos)	0.32	5.26	h	36.4	P	Baguire & Vnocur (1994),		
Del Monte (Partido de Monte)	0.24	4.16	h	38.4	P	Baguire & Vnocur (1994),		
Chascomús	0.17	4.88	h	63.6	P	Baguire & Vnocur (1994),		
Vitel (Partido de Chascomús)	0.63	3.40	h	11.9	N,P	Conzonno & Maniñelarena (1997)		
Yalca (Partido de Chascomús)	0.62	0.30	e	1.1	N	Conzonno & Maniñelarena (1997)		
Del Burro El Burro (Partido de Chascomús)	0.03	0.70	e	5.2	N	Conzonno & Maniñelarena (1997)		
Adela (Partido de Chascomús)	0.13	4.15	h	70.7	P	Baguire & Vnocur (1994),		
Chis Chis (Partido de Lezama)	0.13	0.10	e	1.7	N	Conzonno & Maniñelarena (1997)		
La Tabilla (Partido de Lezama)	0.13	4.70	h	80	P	Baguire & Vnocur (1994),		
Las Barrancas (Partido de Chascomús)	0.14	4.24	h	67.1	P	Baguire & Vnocur (1994),		
La Salada (Partido de Chascomús)	0.45	4.54	h	22.3	P	Baguire & Vnocur (1994),		
De Todos los Santos (Partido de 25 de Mayo)	0.30	4.13	h	30.5	P	Baguire & Vnocur (1994),		
Chascomús (Partido de Chascomús)	0.29	8.00	-	-	-	Maizels et al (2002)		
De la Vía (Partido de Leandro N. Alem)	0.72	20.28	-	-	-	Sosnosky & Quirós (2005)		
Las Bailitas (Partido de Leandro N. Alem)	0.40	18.73	-	-	-	Sosnosky & Quirós (2005)		
Chasicó (Partido de Villarino-Puán)	0.73	7.41	h	16.2	N,P	Este trabajo		

Tabla 4. Estado trófico de diferentes cuerpos de agua de la llanura pampeana en las últimas décadas. e: estado eutrófico, Nt: nitrógeno total, NL: nutriente limitante, N/P: relación molar nitrógeno/fósforo, Pt: fósforo total, h: estado hipetrófico.

Table 4. Trophic state of different water bodies of Pampean plains in the last decades. e: eutrophic state, Nt: total nitrogen, NL: limited nutrient, N/P: molar rate nitrogen/phosphorous, Pt: total phosphorous, h: hypertrophy state

Estado trófico de los cuerpos de agua de la llanura pampeana

Los estudios relacionados con el estado trófico de los cuerpos de agua de la llanura pampeana fueron iniciados por Ringuelet (1962) y Ringuelet *et al.* (1967) e intensificándose a partir de la década de los 80 (Quirós, 1988; Conzonno & Claverie, 1990; Izaguirre & Vinocur, 1994; López *et al.*, 1994; Conzonno & Fernández Cirelli, 1997; Mariñelarena & Conzonno, 1997; Quirós *et al.*, 2002; Schenone *et al.*, 2007; 2008; Volpedo *et al.*, 2009). Estos autores determinaron que el estado trófico de las lagunas pampásicas y los sistemas lóticos varía entre eutrófico ($600 \mu\text{g L}^{-1} < N_t < 1500 \mu\text{g L}^{-1}$, $25 \mu\text{g L}^{-1} < Pt < 100 \mu\text{g L}^{-1}$) e hipertrófico ($N_t > 1500 \mu\text{g L}^{-1}$, $Pt > 100 \mu\text{g L}^{-1}$). Si bien las características particulares de estos cuerpos de agua hacen que los mismos sean naturalmente eutróficos, en las últimas décadas se puede observar una tendencia hacia la hipertrofia, hecho que coincide con la intensificación de las actividades agropecuarias en la región (Tabla 4). En relación al nitrógeno y al fósforo en el Lago Chasicó, en estudios propios (2010-2011) se determinó que las concentraciones medias de N y P son 7.41 mg L^{-1} y 0.73 mg L^{-1} , respectivamente y la relación N/P es de 16.2 por lo que se puede considerar a este cuerpo de agua como hipertrófico, estado similar al del resto de las lagunas pampásicas, pudiendo ser tanto el N como el P los nutrientes limitantes (Tabla 4).

Es de destacar que la ausencia de macrófitas en la periferia del lago (debido a la alta salinidad), hace que el nitrógeno y el fósforo estén disponibles en la columna de agua más tiempo al no ser retenidos por la vegetación, siendo las concentraciones de estos nutrientes similares a los de las restantes lagunas pampásicas.

CONCLUSIONES

El Lago Chasicó presenta diferencias importantes con la mayoría de las lagunas pampásicas. Dichas diferencias están asociadas a: su condición endorreica en un clima semihúmedo donde los prolongados periodos de estiaje y el clima lo convierten en una salina, su origen geomorfológico tectónico-eólico, siendo uno de los escasos cuerpos de agua con este tipo de origen en la llanura pampeana y por ello presenta un perfil en forma de "U" y una profundidad importante, significativamente mayor a la profundidad media de las lagunas pampásicas.

Las singularidades limnológicas del Lago Chasicó hacen que este cuerpo de agua sea de especial interés, ya que no comparte muchas de las características de los restantes cuerpos de agua pampásicos ni sigue el patrón general de un lago salino típico. Esto sugiere que debería modificarse el enfoque de los estudios sobre este cuerpo de agua y sus recursos, considerando especialmente sus particularidades fisicoquímicas. Además surge la necesidad de intensificar el estudio de su hidroquímica y de su perfil térmico a fin de comprender en detalle la dinámica del mismo para realizar un manejo integral de este cuerpo de agua.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Buenos Aires (UBACYT CC05, 20620110100007 y 20020100100174), al CONICET y a la ANPCyT (PICT 2010-1372) por el financiamiento de este trabajo. A N. Dangavs y H. Massone por sus valiosos comentarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AWWA, WPCF. 1993. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. 17a edición. Díaz de Santos SA, España: 199 p
- Bonorino AG, Ruggiero E & Mariño E. 1989. Caracterización hidrogeológica de la cuenca del arroyo Chasicó. *Provincia de Buenos Aires. CIC, Serie Informes 44*: 39 p
- Calcagno A, Fioriti MJ, López HL, Razquin ME, Pedrozo F, Vigliano P, Rey C & Quirós R (Eds). 1995. *Catálogo de lagos y embalses de la Argentina, Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos, Secretaría de Obras Públicas, Subsecretaría de Recursos Hídricos*, Buenos Aires, Argentina: 1030 p
- Conzonno V H. 2009. *Limnología química*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina: 222 p
- 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
- Conzonno VH & Fernández Cirelli A. 1995. Dissolved Organic-Matter in Chascomús Pond (Argentina). Influence of Calcium-Carbonate on Humic-Acid Concentration. *Hydrobiologia*, 297 (1): 55-59
- Conzonno VH & Fernández Cirelli A. 1997. Ecosistemas lagunares de la Provincia de Buenos Aires. En: Fernández Cirelli (Ed) *Agua: uso y manejo sustentable*. Eudeba, Buenos Aires: 115-140
- Czajkowski JD & Rosenfeld E. 1992. Regionalización bioclimática de la Provincia de Buenos Aires. *Actas de la 15a Reunión de Trabajo de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar)*, San Fernando del Valle de Catamarca, 1992. [HTTP://WWW.ARQUINSTAL.COM.AR/publicaciones/asades02/regclim.html#N_4_](http://www.arquinstal.com.ar/publicaciones/asades02/regclim.html#N_4_)
- Dangavs NV. 2005. Los ambientes acuáticos de la provincia de Buenos Aires. En: *Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires, capítulo XIII* La Plata: 219-235
- Diovisalvi N, Berasain G, Unrein F, Colautti D, Fermani P, Llamas ME, Torremorell AM, Lagomarsino L, Pérez G, Escaray R, Bustingorry J, Ferraro M & Zagarese HE. 2010. Chascomús: estructura y funcionamiento de una laguna pampeana turbia. *Ecología austral*, 20(2): 115-127

- Eilers JM, Brakke DF & Henriksen AV. 1992. The inapplicability of the Gibbs model of Jzp world water chemistry for dilute lakes. *Limnology and Oceanography*, 37: 1335-1337
- Fernández Cirelli A & Miretzky P. 2004. Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes (Buenos Aires, Argentina), *Quaternary International* , 114: 113-121
- 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: Tundisi J G, Matsumura Tundisi T & Galli C S (Eds) *Eutrophication in South America: causes, consequences and technologies for management and control*. Instituto Nacional de Ecología de São Carlos: 17-34
- Fiorentino CE & Paoloni JD. 2001. Evaluación hidrológica de la laguna Chasicó como base de una adecuada gestión en la explotación del recurso. *III Encuentro de las Aguas; Santiago de Chile, 24-26 octubre. Gobierno de Chile; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Agua, Vida y Desarrollo. Santiago de Chile, IICA: 1-12*
- Forsberg C & Ryding S. 1980. Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste receiving lakes. *Archives of Hydrobiology* 89: 189-207
- Galindo G, Herrero MA, Korol S & Fernández Cirelli A. 2004. Water resources in the Salado River drainage basin, Buenos Aires, Argentina: Chemical and microbiological characteristics. *International Water Resources Association: 1-10*
- Gibbs RJ. 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, 170: 1088-1090
- Gorrel HA. 1958. Classification of Formation Waters Based on Sodium chloride Content. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 42: 1-275
- Hutchinson EG. 1957. *A treatise of limnology*. Vol 1. Geography, physics and chemistry. Wiley, New York: 1015 p
- Iriondo M. 2004. Large wetlands of South America: a model for quaternary humid environments. *Quaternary International*, 114 (1): 3-9

- Izaguirre I & Vinocur A. 1994. Typology of shallow lakes of the Salado River basin (Argentina), based on phytoplankton communities. *Hydrobiologia*, 277: 49-62
- Kilham P. 1990. Mechanisms controlling the chemical composition of lakes and rivers: Data from Africa. *Limnology and Oceanography*, 35: 80-83
- López H, Padín O & Iwaskiew J. 1994. *Biología pesquera de las lagunas encadenadas del sudoeste, Provincia de Buenos Aires*. División Vertebrados, Museo de Cuenas Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina: 111 p
- Magrin GO, Travasso MI & Rodríguez GR. 2005. Changes in climate and crop production during the 20th century in Argentina. *Climatic Change*, 72:229-249
- 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>
- Margalef R. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona, España: 1010 p
- Mariñelarena A. & Conzonno VH. 1997. Chemical characteristic and trophic status of Lobos pond (Buenos Aires, Argentina). *Natura Neotropicalis*, 28 (1): 7-13
- Miretzky P, Conzonno VH & Fernández Cirelli A. 2000. Hydrochemistry of pampasic ponds in the lower stream bed of Salado River drainage basin, Argentina, *Environmental Geology*, 39: 951-956
- Miretzky P. 2001. *Procesos geoquímicas en la cuenca baja del Río Salado, Provincia de Buenos Aires*. Tesis doctoral de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina: 383 p
- Miretzky P, Conzonno VH & Fernández Cirelli A. 2001 a. Geochemical mechanism controlling pampasic ponds hydrochemistry, Salado River drainage basin, Argentina. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6 (4): 29-39
- Miretzky P, Conzonno VH & Fernández Cirelli A. 2001 b. Geochemical proceses controlling silica groundwater concentration, Salado River drainage basin (Argentina). *Journal of Geochemical Exploration*, 73: 155-166

- Miretzky P & Fernández Cirelli A. 2004. Silica dynamics in a pampean lake (Lake Chascomús, Argentina). *Chemical Geology*, 203: 109-122
- Quirós R. 1988. Relationships between air, temperature, depth, nutrients and chlorophyll in 103 Argentinean lakes. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und angewandte Limnologie*, 23: 647-658
- Quirós R, Rosso JJ, Rennella A, Sosnovsky A & Boveri M. 2002. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). *Interciencia*, 27(11): 584-591
- Quirós R. 2004. *Sobre la Morfología de las Lagunas Pampeanas*. Serie de Documentos de Trabajo del Área de Sistemas de Producción Acuática. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Documento No 3, 16 p
- Remes Lenicov M & Colautti D. 2003. Estudio de la laguna Chasicó (Pdo. de Villarino y Puán). En: Campaña de relevamientos limnológicos e ictiológicos. Subsecretaría de Actividades Pesqueras, MAA Provincia de Buenos Aires, Informe Técnico nº 56: 1-25 www.maa.gba.gov.ar/pesca/relevamientos.php
- Ringuelet RA. 1962. *Ecología acuática continental*. Eudeba, Buenos Aires: 137 p
- Ringuelet RA. 1968. Tipología de las lagunas de la Provincia de Buenos Aires, La limnología regional y los tipos lagunares. *Physis*, 28(76): 65-76
- Ringuelet RA, Salibián A, Claverie E & Ilhero S. 1967. Limnología química de las lagunas pampásicas. *Physis*, 27 (74): 201-221
- Sala JM. 1975. Geología de la Provincia de Buenos Aires, Recursos hídricos. *Relatorio VI Congreso Geológico Argentino (Bahía Blanca)*:169-193.
- Schenone NF, 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 NF, 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
- Servicio Meteorológico Nacional, 1992. *Estadísticas Climatológicas* N° 37. 1981-1990. Buenos Aires. Argentina. Fuerza Aérea Argentina, Comando de Regiones aéreas, Buenos Aires, Argentina: 694 p
- Sosnovsky A & Quirós R. 2005. Efectos de la intensidad de uso de la tierra en pequeñas lagunas pampeanas (Argentina). P 197-215 En: Vila I & Pizarro J (eds,) *Tercer Taller Internacional de Eutrofización de Lagos y Embalses*, CYTED, Patagonia Impresores, Santiago, Chile: 215 p
- Stumm WS & Morgan JJ. 1970. *Aquatic Chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibrium in natural water*. Wiley-Interscience, Nueva York: 583 p
- Sussini M, Herrero Ducloux E, Brandán R, Isnardi H, Galmarini A, Castillo M & Pastore F. 1937. *Aguas Minerales de la República Argentina 2: Provincia de Buenos Aires*. Comisión Nacional de Climatología y Aguas Minerales, Ministerio del Interior, Buenos Aires, Argentina: 341 p
- Toresani N, Iriart N & Gómez S. 1994. *Lagunas de la Provincia de Buenos Aires*, Dirección de Intereses Marítimos, Dirección Provincial de Pesca e Intereses Marítimos, Subsecretaría de Pesca, Intereses Marítimos y Producción intensiva. Ministerio de la Producción de la Provincia de Buenos, Argentina: 108 p
- Volpedo AV, Schenone NF & Fernández Cirelli A. 2009. El proceso de eutrofización en la región pampeana (Argentina). P 110-126 En: Fernández Cirelli A & Amaral L (Eds) *Los recursos hídricos en la Región del Mercosur: estudios de caso*. Jaboticabal FUNESP
- Wetzel RG. 1982. *Limnología*. Omega. Barcelona, España: 679 p
- Wetzel RG. 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. Academic Press, San Diego, California, USA: 1006 p