

CAMBIO PUNTUAL DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA CHASCOMÚS DURANTE LA INUNDACIÓN 2001-2002. "EFECTO MOISÉS"

J. F. Bustingorry¹, R. U. Escaray¹ y V. H. Conzonno²

1. IIB-INTECH. Chascomús.

2. LISEA. Museo de Ciencias Naturales. La Plata.
bustingorry@intech.gov.ar

ABSTRACT. Chascomús pond was affected between June-2001 and September-2002 by two periods of flood events (more than 8 m IGM reference) that had two maximum peaks of nearly 9 m. Such events were studied weekly in surface samples taken in three stations: centre and the zones with influence of the tributaries Vitel (affluent) and Arroyo Girado (effluent). The supply of water promoted a dilution that made the salinity to decrease to one third of the mean value of 1,570 mg/l obtained during 1999-2000. In March-2002 it was registered the maximum value of precipitation (538 mm) that caused the beginning of the second flood period. On March 18 differences were detected between the centre with the other two stations of parameters like salinity (222.5 with respect to 324.9 and 304.1 mg/l), specific conductivity (0.38; 0.55 and 0.56 mS/cm), pH (7.71; 7.94 and 8.00) and agar plate count (31,200; 7,260 and 6,600 UCF/ml). These differences were not detected in the next sampling. The phenomena is tried to explain on the basis of the runoff (physical hypothesis) and by the influence of the groundwater (chemical hypothesis). Because of the occasional separation into different quality of waters such phenomena was called "Moises effect".

KEY WORDS: Chascomús pond, 2001-2002 flooded periods, occasional water quality change, physical and chemical explanations.

PALABRAS CLAVE: Laguna Chascomús, períodos de inundación 2001-2002, cambio ocasional de la calidad de agua, explicaciones físicas y químicas.

INTRODUCCIÓN

La laguna Chascomús (35°35'30.60"S - 58°01'26.22"O) pertenece al Sistema de las Encadenadas de Chascomús, integrado por las lagunas Vitel, Chascomús, Adela o Manantiales, del Burro, Chis-Chis, Tablilla y Barrancas (Fig. 1). Dicho sistema aporta sus aguas hacia el río Salado aunque excepcionalmente, en momentos de inundación, el flujo se

invierte y se produce la entrada de agua desde este último al sistema.

En el año 2001 y 2002 la laguna Chascomús estuvo afectada por dos períodos de inundación, junio-2001 a enero-2002 y marzo-2002 a septiembre del mismo año. En particular de acuerdo a Scarpati *et al.* (2008), la inundación del año 2001 causó daños en una amplia región agrícola-ganadera de la cuenca del Río Salado cuyas pérdidas estimadas por el Gobi-

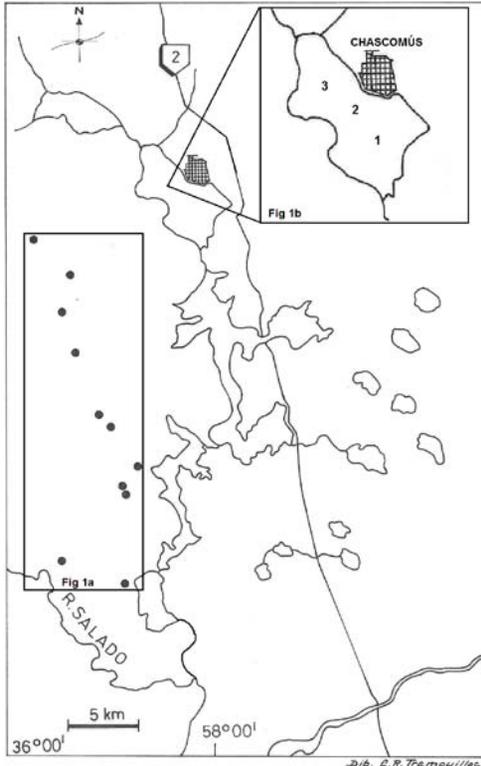


Figura 1. Sistema de las Encadenadas de Chascomús. a- Pozos muestreados por Miretzky (2001). b- Puntos de muestreo en la laguna Chascomús.

erno de la Provincia de Buenos Aires alcanzaron los U\$S 700 millones, aunque según los productores los perjuicios calculados integralmente duplicarían la suma establecida por las autoridades oficiales. En los períodos mencionados se realizaron estudios en la laguna (Chornomaz *et al.* 2002; Maizels *et al.* 2003; Torremorel *et al.* 2007 y Bustingorry *et al.* 2008) que involucraron mediciones de parámetros tales como salinidad, nutrientes y biomasa planctónica, en tres puntos de muestreo ubicados en el centro (punto 2) y zonas de influencia del afluente, Arroyo Vitel (punto 3), y efluente, Arroyo Girado (punto 1) (Fig. 1b). En la

transición de ambos períodos de inundación, específicamente el 18 de marzo de 2002, se observó un cambio puntual en la calidad de agua en el punto 2 con respecto a los otros dos que no fue detectado en los muestreos anterior (11 de marzo) y posterior (25 de marzo). El presente trabajo tiene por objetivo explicar a través de dos hipótesis las causas de este cambio puntual: la hipótesis física, basada en la escorrentía superficial desde la ciudad hacia la laguna provocada por las precipitaciones, y la hipótesis química, en donde los datos químicos indicarían la influencia de las aguas subterráneas en la ocurrencia de este fenómeno.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras de agua fueron tomadas en superficie en tres puntos de la laguna (Fig. 1b), con periodicidad semanal, a partir del 30 de abril de 2001 hasta el 30 de septiembre de 2002. El pH se determinó por el método electrométrico (pHmetro marca Orion) y la conductividad específica se midió utilizando el conductímetro marca Hach. Sodio y potasio se determinaron por fotometría de llama (fotómetro marca Zeltec), calcio y magnesio por titulación volumétrica con EDTA 0,02 N (indicadores utilizados murexida y Negro de Eriocromo T respectivamente), carbonato y bicarbonato por titulación volumétrica con H_2SO_4 0,02 N (indicadores utilizados fenolftaleína y naranja de metilo respectivamente), cloruro por titulación volumétrica con $AgNO_3$ (método argentimétrico) y sulfato por precipitación con $BaCl_2$ y posterior determinación de la turbidez obte-

nida por espectrofotometría (espectrofotómetro marca Hitachi). La salinidad fue obtenida como suma de las concentraciones de sodio, potasio, calcio, magnesio, carbonato, bicarbonato, cloruro y sulfato. En particular el ion cloruro se utilizó como trazador, dado que la relación de su concentración con respecto a la salinidad se usó en el desarrollo de la hipótesis química. El recuento de bacterias aerobias mesófilas como unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/ml) se realizó por cultivo a 37° C durante 48 horas en agar nutritivo. Las determinaciones fueron realizadas de acuerdo a métodos descriptos en APHA (1992). La profundidad IGM fue tomada en la compuerta del Arroyo Girado cuyo borde superior se encuentra a 8,25 m sobre el nivel del mar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las inundaciones en la laguna Chascomús, que se evidencian cuando el nivel de agua supera la cota de 8 m (IGM) que corresponde aproximadamente a 3,3 metros de profundidad de la laguna, son eventos que ocurrieron una vez cada 3 años desde 1978 hasta el 2001, presentando cada uno distinta duración y magnitud, desde uno hasta ocho meses, en donde se destaca un período de sequía de tres meses entre 1995 y 1996 (Bustingorry *et al.* 2008). En particular el período de inundación que abarcó desde junio de 2001 hasta enero de 2002, donde el nivel superó la cota de 8 m (IGM) (Fig. 2), se produjo debido a las precipitaciones que ocurrieron en la cuenca y que produjeron un avance de las aguas desde el

río Salado hacia la laguna. En la región, durante este período, las precipitaciones superaron en un 40% el promedio de 600 mm de los años 1995-2000. Como consecuencia esto provocó que la salinidad por efecto de dilución disminuyera al tercio del valor de 1,57 g/l (rango 1,42-1,90 g/l) (Fig. 3), obtenido en el período 1999-2000 de acuerdo a Miretzky (2001).

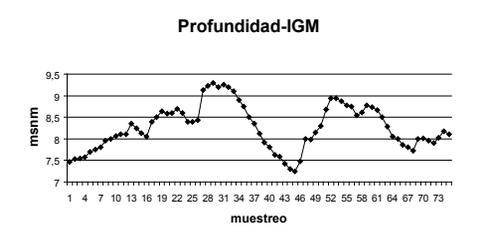


Figura 2. Profundidad IGM en la laguna Chascomús período 30 de abril de 2001 a 30 de septiembre de 2002. La inundación se produce cuando la profundidad IGM supera la cota de 8 metros.

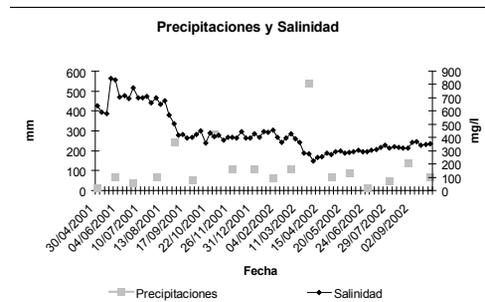


Figura 3. Precipitaciones como total mensual (fin de mes) y salinidad promedio de los puntos 1, 2 y 3 registrados en la laguna Chascomús entre el 30 de abril de 2001 y 30 de septiembre de 2002.

En el mes de marzo de 2002 comienza el segundo período de inundación iniciado por las precipitaciones que alcanzaron el valor de 538 mm, el cual es significativamente superior a 81,3 mm, valor correspondiente al promedio del mes de

marzo 1995-2000. Este pulso determinó que la salinidad disminuyera en un 30% (Maizels *et al.* 2003) y luego sigue siendo baja debido a las precipitaciones locales y al aporte de agua de baja salinidad por parte del río Salado (Fig. 3).

Es importante señalar que considerando ambos períodos de inundación (2001-2002), el promedio de salinidad fue de 0,433 g/l, lo cual implica ubicar a este cuerpo de agua en el rango hipohalino (salinidad menor de 0,5 g/l) y por lo tanto por debajo del rango oligohalino (salinidad 0,5-5 g/l), rango en que la laguna fuera clasificada por Ringuelet *et al.* (1967), basado en un promedio de 0,940

diferencia entre los datos de salinidad del centro (punto 2), la cual fue un tercio menor respecto a los otros dos (puntos 1 y 3) (Tabla 1). Los muestreos semanales permitieron observar que el fenómeno no se repitió a la semana siguiente. Esta diferenciación implica una separación de la calidad del agua que dado el carácter ocasional, particular y singular del mismo, se decidió llamarlo el “Efecto Moisés” en referencia al pasaje bíblico en el que Moisés separa las aguas del Mar Rojo para permitir el paso del pueblo judío y consumir el éxodo del mismo. Las hipótesis para explicar este fenómeno son las siguientes:

Tabla 1: Parámetros registrados el 18 de marzo de 2002 en la laguna Chascomús en los puntos mostrados en la Fig. 1b. Muestreo en el que se detectó el “Efecto Moisés”.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Salinidad mg/l	324,9	222,5	304,1
Conductividad mS/cm	0,55	0,38	0,56
pH	7,94	7,71	8,00
Recuento UFC/ml	7260	31200	6600
Cloruros mg/l	45,4	22,9	40,8
Cloruros/Salinidad	0,14	0,1	0,13

g/l obtenido para el período 1965-1966. Por otro lado en el período 1983-1985 el promedio registrado fue de 0,649 g/l (Conzonno y Claverie, 1990), mientras que, como se puntualizó para el período 1999-2000, el valor promedio fue de 1,57 g/l. Estos hechos evidencian cambios en las condiciones osmóticas en las aguas de la laguna. En este contexto la salinidad de los períodos de inundación 2001-2002 no presentó variaciones horizontales, con excepción del muestreo del 18 de marzo, en donde se observó una

Hipótesis física

El pulso de precipitaciones ya mencionado provocó la entrada de agua por escurrimiento superficial desde la ciudad hacia la laguna en forma repentina y de tal magnitud que provocó la divisoria de aguas en la zona centro de la laguna. Este hecho se evidencia en los datos mostrados en la Tabla 1, donde se observa que la salinidad y en correspondencia la conductividad específica, es menor en el punto 2 respecto a los puntos 1 y 3,

situación que pone en evidencia la magnitud del fenómeno, si se tiene en cuenta la tendencia que tienen las sales solubles a uniformar instantáneamente la concentración. De la misma forma el pH en el punto 2 es menor respecto a los puntos 1 y 3. Cabe señalar que el conteo de bacterias aerobias totales es de un orden mayor en el punto 2 respecto a los puntos 1 y 3. Este hecho refuerza la hipótesis física, ya que el desborde de alcantarillas de la red cloacal en momentos de inundación contribuiría con una carga bacteriana mayor respecto a la que la laguna posee naturalmente. Si bien este fenómeno se encontraría magnificado bajo estas circunstancias a punto tal que provocó una divisoria de las aguas, el escurrimiento superficial sería un proceso habitual en momentos de elevadas precipitaciones o de inundación que provocaría la llegada de contaminantes urbanos orgánicos e inorgánicos al centro de la laguna.

En tal sentido, según Romano y Cueva (1988) las lesiones histológicas branquiales encontradas en ejemplares de *Odonthestes bonaerensis* fueron atribuibles exclusivamente a tóxicos químicos provenientes de desagües cloacales y desechos industriales generados en la ciudad, al igual que de plaguicidas utilizados en campos cercanos a la laguna. Por otra parte, Barla. *et al.* (1999) en un estudio que abarcó las concentraciones de cobre, zinc y cromo en agua, sedimento, músculo y vísceras de peces, músculo de almejas, fitoplancton y zooplancton, encontraron que las concentraciones de estos metales pesados superaron el límite aconsejado para la vida acuática, lo cual implica el origen antrópico de estos ele-

mentos, dado que no se encuentran naturalmente estas concentraciones

Hipótesis química

Primeramente es importante destacar que las aguas subterráneas en las lagunas pampásicas no sólo tienen importancia por el aporte de agua, sino por su influencia en la composición química (Miretzky *et al.* 1999). Para el tratamiento de esta hipótesis se tomó el ion cloruro en calidad de trazador debido a que su concentración puede experimentar efecto de dilución y aumento de la concentración por evaporación, a diferencia de los otros iones mayoritarios que pueden sufrir procesos de precipitación, coprecipitación, adsorción sobre superficies e intercambio iónico. En la Tabla 1 se observa que la concentración de cloruros disminuyó a aproximadamente la mitad en el punto 2 (centro) respecto a los otros dos. Por otra parte la relación cloruros/salinidad también disminuye considerablemente, a pesar de que la salinidad, como fuera mencionado, es menor en dicho punto.

En la Tabla 2 se muestran datos de acuerdo a Miretzky (2001) obtenidos en 1998 que evidencian la tendencia del comportamiento de parámetros químicos en la laguna Chascomús, río Salado y aguas subterráneas provenientes de los pozos señalados en la Fig. 1a, donde estos últimos son los que tienen influencia directa sobre la laguna, dado el sentido de avance de las aguas en los momentos de inundación. Los promedios de la salinidad resultan similares en los tres casos, sin embargo la concentración de cloruros y la relación cloruros/salinidad es menor

en los pozos. Cabe destacar que esta última tiene prácticamente el mismo valor que el obtenido en el punto 2 el día 18 de marzo. Los rangos de salinidad de la laguna Chascomús y el río Salado son relativamente mayores que el rango correspondiente a los pozos, mientras que el rango de la concentración de cloruros y la relación cloruros/salinidad es significativamente menor en estos últimos. Esta situación, deducida a través de los datos químicos de los pozos, permite suponer que ese día la laguna pudo estar sometida a un afloramiento de aguas subterráneas que afectó la zona centro de la laguna. Otros datos que sirven para apoyar esta hipótesis surgen del hecho de que una vez terminado el primer período de inundación en enero de 2002 los suelos se encontraban, de acuerdo a Scarpati *et al* (2008), en circunstancias de exceso

de agua. Bajo estas condiciones el pico de precipitaciones ocurrido en el mes de marzo, en donde la altura IGM pasó de 7,48 m (11 de marzo) a 8,0 m (18 de marzo), se convirtió en una sobrecarga para las aguas subterráneas que se ubican a aproximadamente 8 m de profundidad, favoreciendo la posibilidad de afloramiento en la laguna. La comparación entre este pico de inundación y otro similar, ocurrido en noviembre de 2001 (Fig. 4a), en donde se pasa de 8,44 m (22 de noviembre) a 9,13 m (29 de noviembre), indica que este último no estuvo inducido por las precipitaciones, las cuales son relativamente bajas, sino fundamentalmente por el aporte del río Salado. En cambio el pico del 18 de marzo (Fig. 4b) claramente muestra la magnitud de las precipitaciones locales que influenciaron el desenvolvimiento de este pico.

Tabla 2: Parámetros químicos de la laguna Chascomús, río Salado y pozos señalados en la Fig. 1a, obtenidos por Miretzky (2001). N: número de datos, VM1, DS1 y R1 son los valores medios, desviación standard y rango de salinidad en mg/l; VM2, DE2 y R2 son los valores medios, desviación standard y rango de cloruros en mgCl/l, VM3, DE3 y R3 son los valores medios, desviación standard y rango de la relación de concentraciones entre cloruros y salinidad.

	lag. Chascomús	río Salado	Pozos
N	2	8	13
VM1	1599,4	1851,1	1371,9
DE1	38,2	184,9	349,9
R1	1626,4-1572,4	2098,7-1541,0	1905,0-924,6
VM2	389,0	452,6	82,0
DE2	38,0	43,3	27,5
R2	415,9-362,1	496,8-380,2	121,4-37,2
VM3	0,24	0,25	0,06
DE3	0,02	0,01	0,02
R3	0,26-0,23	0,27-0,23	0,09-0,03

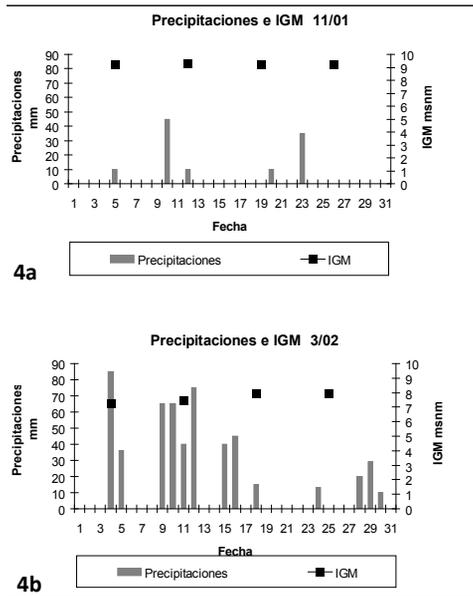


Figura 4. a- Pico de inundación ocurrido en noviembre de 2001. b- Pico de inundación ocurrido en marzo de 2002 donde se registró el "Efecto Moisés". Nótese la diferencia en la magnitud de las precipitaciones de ambos picos.

En la Fig. 5 se muestra el perfil de la laguna en donde se representan ambas situaciones. Las precipitaciones caídas en los suelos e indicadas por flechas en sentido vertical para resaltar la influencia de las mismas, es mayor para el pico de mar-

zo, como ya se puntualizó. El afloramiento de aguas subterráneas es factible en el pico de marzo por encontrarse los suelos en condición de exceso de agua o sobresaturados, lo cual se une a la presión ejercida por las precipitaciones caídas, que en los primeros 18 días de marzo alcanzaron los 466 mm. Además las aguas subterráneas tuvieron que vencer la resistencia del agua correspondiente a una altura hidrométrica menor (7,48 m IGM) respecto a la altura hidrométrica del pico de noviembre (8,44 m IGM). Es decir que en este último caso de haber existido afloramiento probablemente se hubiese disipado y no hubiese sido registrado a través de los datos químicos en superficie.

En relación a fenómenos de estas características no se registran antecedentes en lagunas pampásicas, existen estudios de afloramientos de agua de acuerdo a Conzonno *et al.* (2001, 2002, 2005) por aporte de aguas subterráneas del acuífero del cordón de conchillas hacia el río Salado en la cuenca baja de este último, que fueron evaluados a través de mediciones de salinidad y composición iónica.

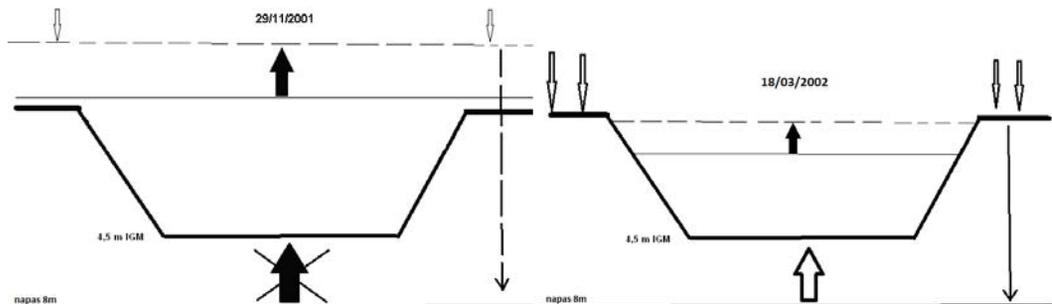


Figura 5. Comparación de los perfiles de los picos de inundación. Las flechas en superficie indican la diferencia en la magnitud de las precipitaciones, mientras que la flecha en el fondo de la laguna representa la factibilidad del afloramiento de aguas subterráneas para los dos picos. Nótese que el estado de la laguna es distinto para ambos casos si bien el salto en profundidad es similar; 8,44 m (22 de noviembre) a 9,13 m IGM (29 de noviembre) y 7,48 m (11 de marzo) a 8,0 m IGM (18 de marzo), donde en este último ocurrió el "Efecto Moisés".

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que el fenómeno singular encontrado depende de tres factores: elevadas precipitaciones en un corto período de tiempo en la región, la profundidad de la laguna que debe estar por debajo del nivel de inundación y los suelos circundantes en estado de sobresaturación. La hipótesis física planteada para explicar este fenómeno (escorrentía superficial) pone de manifiesto la incidencia de la ciudad sobre la laguna en especial en lo que se refiere al aporte de contaminantes urbanos e industriales. Por otro lado la hipótesis química indica la influencia directa de las aguas subterráneas. Este hecho evidencia la necesidad de mayor investigación acerca del comportamiento de las mismas. No se descarta que tanto las aguas superficiales como subterráneas hayan actuado simultáneamente en la ocurrencia de este fenómeno. Efectos puntuales de estas características ayudan a conocer más detalles acerca del dinamismo de la laguna, situación que pone de relieve la importancia de efectuar estudios periódicos y continuados por la calidad de información que los mismos aportan. Es importante señalar que los cambios de salinidad observados asociados a eventos de estas características, se traducen en la alteración de las propiedades osmóticas que pueden incidir en la biota, hecho que impone la realización de estudios futuros a nivel de laboratorio de manera de investigar la respuesta fisiológica de los organismos a estas circunstancias en los ambientes lagunares.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA.** 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (18 edition). American Public Health Association, Washington DC.
- Bustingorry, J. F., R. U. Escaray y V. H. Conzonno.** 2008. Nutrientes y clorofila-*a* durante el período de inundación 2001-2002 en la Laguna Chascomús (Argentina). *Biología Acuática*, 24:59-62.
- Barla, M. J., R. U. Escaray y J. F. Bustingorry.** 1999. Copper, zinc and chromium in water, sediment and biota in the pampean Chascomús lake (Argentina). *Natura Neotropicalis*, 30(1 y 2):67-76.
- Chornomaz, E. M., M. E. Etchepare, R. U. Escaray, J. F. Bustingorry y V. H. Conzonno.** 2002. Efectos de la inundación ocurrida durante el año 2001 sobre la Laguna Chascomús. (Pcia. De Buenos Aires). En: Fernández Cirelli, A. y G. Chalar Marquisá (Editores). *El Agua en Iberoamérica. De la Limnología a la Gestión en Sudamérica*, CYTED XVII. Buenos Aires, páginas 53-59.
- Conzonno, V. H. y E. F. Claverie.** 1990. Chemical characteristics of the water of Chascomús Pond (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Limnological implications*. *Revista Brasileira de Biología*, 50(1):15-21.
- Conzonno, V. H., P. Miretzky y A. Fernández Cirelli.** 2001. The impact of man-made hydrology on the lower stream bed of the Salado River drainage basin (Argentina). *Environmental Geology*, 40:968-972.

- Conzonno, V. H., P. Miretzky y A. Fernández Cirelli.** 2002. Estudio y planteo de solución para una región carente de agua en la Cuenca Baja del Río Salado (Buenos Aires). *Natura Neotropicalis*, 33(1y 2):71-79.
- Conzonno, V., P. Miretzky y A. Fernández Cirelli.** 2005. La Teoría de Florentino Ameghino y el Plan Maestro Integral Cuenca del Río Salado en el tramo de la desembocadura en la Bahía de Samborombón. Propuesta de construcción de un dique de retención. *Biología Acuática*, 22:71-75.
- Maizels, P., E. Etchepare, E. Chornomaz, J. Bustingorry, R. Escaray y V. Conzonno.** 2003. Parámetros abióticos y biomasa planctónica en la Laguna Chascomús (Provincia de Buenos Aires). Período de inundación 2002. *Biología Acuática*, 20:6-11.
- Miretzky, P., V. H. Conzonno y A. Fernández Cirelli.** 1999. Hydrochemistry of pampasic ponds located in the lower stream bed of Salado River drainage basin, Argentina. *Environmental Geology*, 39(8): 951-955.
- Miretzky, P.** 2001. Procesos geoquímicos en la cuenca baja del Río Salado. Pcia. Buenos Aires. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Ringuelet, R. A., A. Salibián, E. Claverie y S. Ilhéro.** 1967. Limnología química de las lagunas pampásicas (Provincia de Buenos Aires). *Physis*. Tomo XXVII, 74:201-221.
- Romano, L. A. y F. Cueva.** 1988. Lesiones histológicas branquiales atribuibles a tóxicos en *Odonthestes bonariensis* (Cuv. y Val., 1835) (Pisces, Atherinadae). *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 19(2):135-142.
- Scarpati, O. E., J. A. Forte Lay y A. D. Capriolo.** 2008. La inundación del año 2001 en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Mundo Agrario*, 9 (17).
- Torremorell, A., J. Bustingorry, R. Escaray y H. E. Zagarese.** 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables. *Limnologica*, 37:100-108.