

CAP #4

VARIACIÓN TÉRMICA DE LA LAGUNA CHASCOMÚS





VARIACIÓN TÉRMICA DE LA LAGUNA CHASCOMÚS

Miranda Leandro Andrés¹, Colautti Darío César², Berasain Gustavo Emilio³, Strüssmann Carlos Augusto⁴

¹ Laboratorio de Ictiofisiología y Acuicultura, INTECH, CONICET-UNSAM. Av. Intendente Marino Km. 8,2 Chascomús, provincia de Buenos Aires, Argentina.

² Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet" (ILPLA), UNLP-CONICET, La Plata, Argentina.

³ Estación Hidrobiológica de Chascomús, Ministerio de Agroindustrias, provincia de Buenos Aires, Argentina.

⁴ Laboratory of Population Biology, TUMSAT, Tokyo, Japan.

Email: lmiranda@intech.gov.ar

Una de las variables físicas más importantes que determina el funcionamiento general de las comunidades acuáticas es la temperatura (Ficke *et al.*, 2007; Mooij *et al.*, 2008; Pörtner y Farrel, 2008; Jeppesen *et al.*, 2010). Todos los procesos fisiológicos dentro de un organismo transcurren dentro de un rango limitado de temperatura, el cual puede diferir dependiendo de los mecanismos moleculares y celulares asociados a cada proceso en particular (Pörtner y Farrel, 2008). En este sentido, las especies acuáticas están adaptadas a un determinado rango de variación térmica, que depende del área geográfica en la que estas hayan evolucionado y que determina en gran parte sus distintas respuestas fenológicas (Parmesan, 2007).

Cabe mencionar que los lagos someros, comparados con otros cuerpos de agua de mayor profundidad, poseen una escasa inercia térmica y por consiguiente son extremadamente sensibles a las variaciones térmicas atmosféricas, respondiendo a ellas de manera rápida (Mooij *et al.*, 2008). Así, el estudio de posibles forzantes ambientales que modifiquen los patrones de variación térmica en un cuerpo de agua podría ser útil para entender o predecir ciertos cambios en la estructura de una determinada población, variaciones en la distribución de una determinada especie e incluso cambios a nivel ecosistémico (Mooij *et al.*, 2008).

Las lagunas son cuerpos de agua característicos del paisaje pampeano y representan un recurso muy importante dentro de las economías regionales. En general son cuerpos de agua someros cuya profundidad máxima no excede los 3 metros y se caracterizan por un alto grado de trofismo natural, que muchas veces se encuentra aumentado por diferentes actividades antrópicas (Quirós *et al.*, 2002; Torremorel *et al.*, 2007). Debido a las características ya mencionadas, las lagunas son muy sensibles a las variaciones climáticas, que influyen en su funcionamiento (Jeppesen *et al.*, 1998; Elisio *et al.*, 2018). Por

estas razones, el estudio del clima local es de vital importancia para explicar muchos de los fenómenos biológicos, incluyendo la reproducción de peces, que suceden en estos cuerpos de agua. En este aspecto, es importante mencionar que existen diferentes fenómenos climáticos globales como el ENSO (El Niño Oscilación del Sur) o la PDO (Oscilación Decadal del Pacífico), que pueden generar importantes variaciones climáticas interanuales a nivel local (Barros *et al.*, 2008; Grimm, 2011; Elisio *et al.*, 2018). En este sentido, el clima templado de la región pampeana presenta grandes variaciones estacionales, espaciales e interanuales tanto de temperaturas como de precipitaciones, definiendo períodos húmedos y secos que condicionan la estructura y el funcionamiento de los distintos cuerpos de agua de la región (Coops *et al.*, 2003).

La laguna Chascomús (35°36'S 58°02'O) está localizada en la región pampeana de Argentina y forma parte de un sistema de lagunas encadenadas que desemboca sobre la margen izquierda del río Salado. Esta laguna tiene una profundidad máxima que puede variar entre 1,9 a 3,4 m y una superficie aproximada de 3000 hectáreas que es abastecida por seis afluentes y un emisario (Dangavs *et al.*, 1996). Al igual que la mayoría de las lagunas pampeanas, la laguna Chascomús presenta una permanente circulación vertical que impide una estratificación térmica por largos períodos de tiempo (Cordini, 1938; Ringuelet, 1965). Debido a su gran contenido de nutrientes, esta laguna es hipereutrófica y se considera uno de los ambientes acuáticos más productivos de la región (Diovisalvi *et al.*, 2010).

Recientemente, tomando datos en un solo punto de la laguna Chascomús (muelle Club de Pesca y Náutica), se observó que las fluctuaciones térmicas del agua están influenciadas por las variaciones térmicas del aire, siendo ello también dependiente de las condiciones de profundidad en relación directa con las precipitaciones (Elisio *et al.*, 2015). En este

mismo trabajo se reportó que, probablemente como consecuencia del calentamiento global, la temperatura en el agua de la laguna Chascomús aumentó en promedio 1,4 °C en los últimos 50 años.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y con el objetivo de profundizar los conocimientos sobre la variabilidad térmica en la laguna Chascomús, en este capítulo se describen las variaciones de temperatura del agua estacionales y diarias en distintas zonas y profundidades y en distintas épocas del año entre los años 2015-2017.

BATIMETRÍA LAGUNA CHASCOMÚS

Para determinar la topografía del fondo de la laguna se midieron las profundidades en 2159 puntos distribuidos en todo el cuerpo de agua, mediante un GPS con ecosonda incorporada (GPSMAP 276C, Garmin, USA). A partir de estos datos y utilizando el software surfer 8, se definieron líneas con el mismo valor de profundidad (isobatas). El conjunto de todas estas líneas determina un modelo batimétrico mostrando cómo se estructura el fondo de la laguna. Se observa que es un lago somero con una leve pendiente hacia el centro y el suroeste con profundidades que llegan a los 2 m (Figura 1).

Estas profundidades máximas representan el estado hidrológico particular del momento de medición y están referidas a la cota IGM del espejo de agua y a la correspondiente altura sobre el cero de la

escala hidrométrica del Club Pesca y Náutica.

VARIACIÓN TÉRMICA ESTACIONAL EN LA LAGUNA CHASCOMÚS

Teniendo en cuenta el conocimiento de la batimetría de la laguna se seleccionaron lugares para instalar sensores electrónicos sumergibles (Thermochron® iButton, USA) que registraron la temperatura del agua por hora en 20 sitios durante 4 períodos en distintos años: del 15 al 17 de diciembre de 2015, del 22 al 27 de marzo de 2017, del 7 al 11 de mayo de 2016 y del 9 al 13 de septiembre de 2016, a fines de representar las estaciones en un año. Los sensores se colocaron a 50 cm de profundidad y también a nivel del fondo en las zonas más profundas, adosados a un cabo con una boya para identificarlos en superficie y un peso muerto que los fijaba al fondo (Figura 2).

Los valores medios de temperatura del agua registrados en el periodo de diciembre oscilaron entre 24-25,2 °C, los máximos entre 26-29 °C y los mínimos entre 20-23,5 °C, observándose poca variación entre los distintos sitios de muestreo (Figura 3).

En el periodo de marzo los valores medios de temperatura del agua variaron entre 22,1-23,9 °C, los máximos entre 24-31 °C y los mínimos entre 20-22 °C, observándose poca variación entre los distintos puntos de registro, pero con una zona de mayores temperaturas hacia el sur (Figura 3).

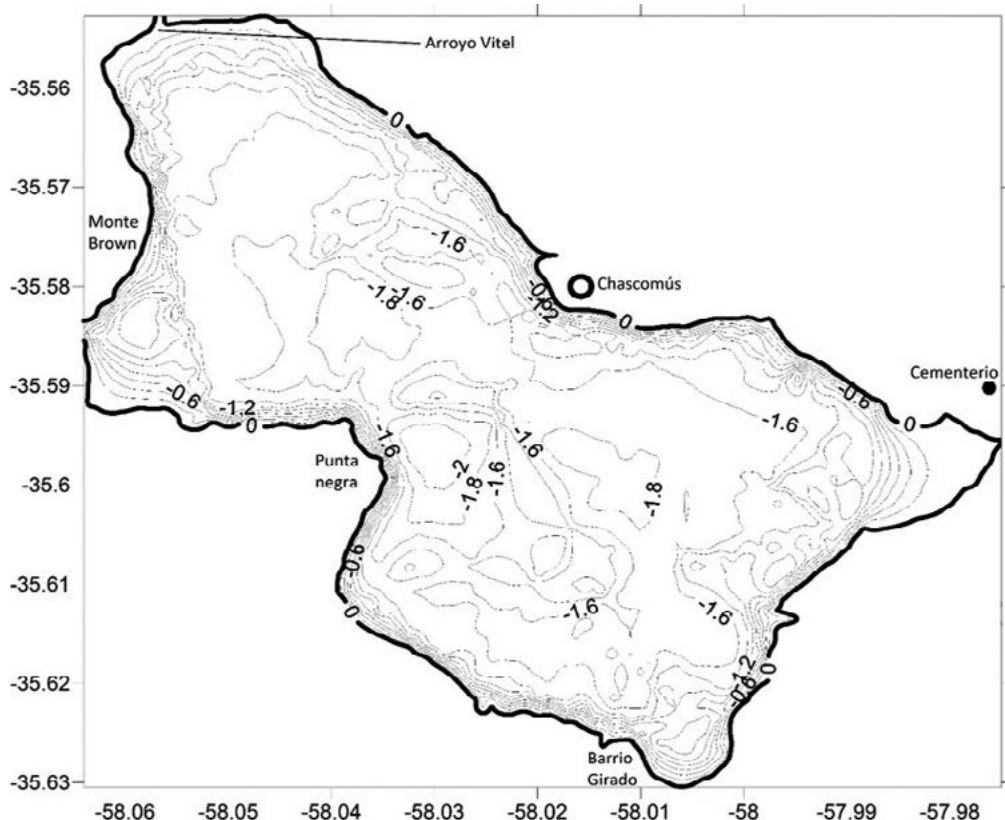


Figura 1.
Batimetría laguna Chascomús.



Figura 2. Colocación de sensores para el registro de la temperatura del agua.

Los valores medios de temperatura del agua registrados en el periodo de mayo oscilan entre 12,1-14,5 °C, los máximos entre 13-20 °C y los mínimos entre 11-12 °C. Puede observarse que la zona no-roeste de la laguna es más caliente con una diferencia de hasta 2,4 °C en las temperaturas medias. Además, los valores máximos muestran una gran variación de hasta 7 °C (Figura 4). Para el periodo de septiembre los valores medios oscilaron entre 13,1-14,5 °C, los máximos entre 16-21 °C y los mínimos entre 10,5-12 °C, observándose poca variación entre los distintos puntos de muestreo pero con una zona de mayores temperaturas hacia el suroeste (Figura 4).

VARIACIÓN TÉRMICA HORARIA EN LA LAGUNA CHASCOMÚS

Con el objetivo de conocer la variación de la temperatura del agua diaria y en distintas épocas del

año, se analizaron los datos registrados en un día particular de cada época del año a las 0, 6, 12 y 18 h a 50 cm en los 20 sitios de muestreo. Para el 15 de diciembre se observa que la temperatura máxima fue de 27 °C a las 6 h mientras que la mínima fue de 21,5 °C a las 18 h. No hay variaciones de importancia en cada hora entre los diferentes sitios de registro (Figura 5).

Para el día 24 de marzo se registró una temperatura máxima de 30,0 °C a las 18 h, observándose una zona más cálida hacia el oeste y una zona más fría hacia el noreste de la laguna con una variación de hasta 7,5 °C con el resto de los puntos de registro. La temperatura mínima fue de 22 °C a las 0 y a las 6 h (Figura 6).

Para el día 10 de mayo se registró una temperatura máxima de 17,5° C a las 0 h mientras que la

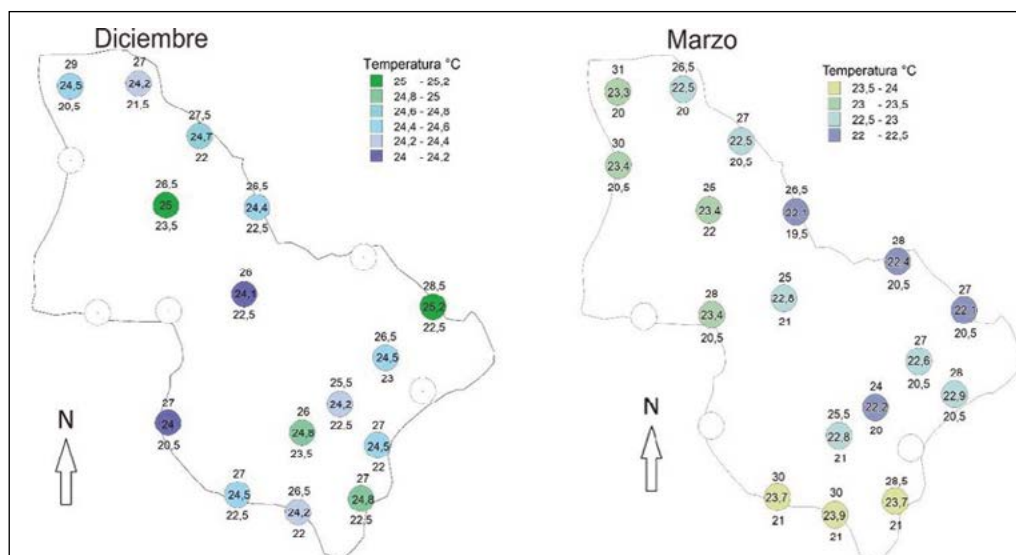


Figura 3. Temperaturas medias, máximas y mínimas en distintos sitios de la laguna Chascomús del 15 al 17 de diciembre y del 22 al 27 de marzo. Círculos en blanco, datos perdidos.

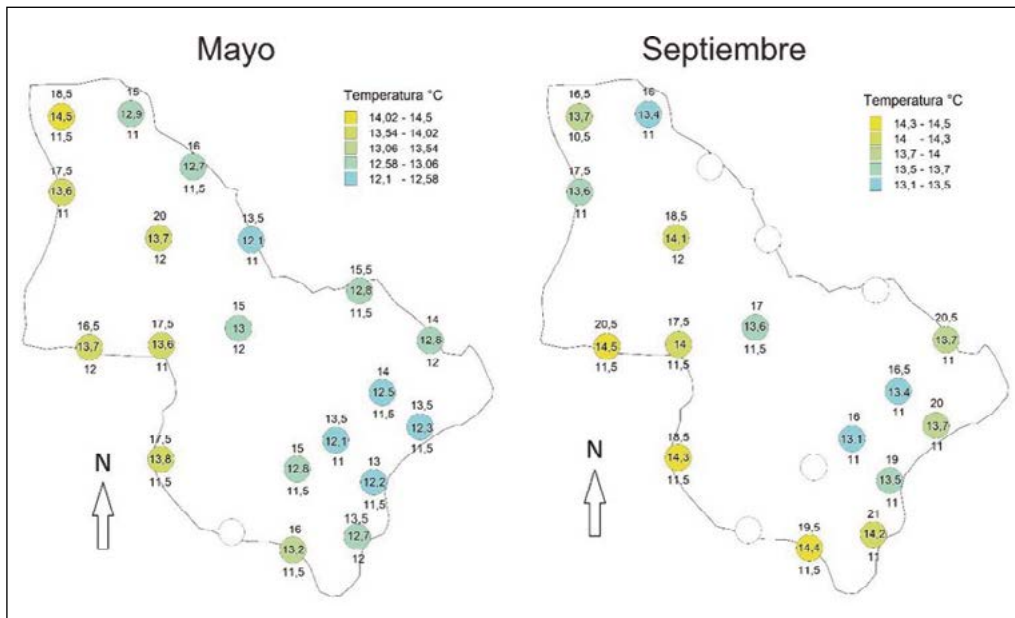


Figura 4. Temperaturas medias, máximas y mínimas en distintos sitios de la laguna Chascomús del 15 al 17 de mayo y del 9 al 13 de septiembre. Círculos en blanco, datos perdidos.

mínima fue de 12,0 °C a las 0 y a las 6 h. Se observó una zona más cálida en todas las horas en el noroeste de la laguna con una diferencia de hasta 5,5 °C, (Figura 7).

Para el día 11 de septiembre se observó que la temperatura máxima fue de 18,5 °C a las 18 h mientras que la mínima fue de 13,0 °C a las 0 y a las 6 h. En general se encontró una zona más cálida hacia el oeste de la laguna especialmente a las 18 h (Figura 8).

VARIACIÓN TÉRMICA EN RELACIÓN CON LA PROFUNDIDAD

En las figuras 9 y 10 se graficaron las temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas registradas a 50 cm y cerca de los 200 cm en los 4 períodos de tiempo analizados. Para el periodo de diciembre se registró una diferencia máxima de 0,7 °C, mientras que para marzo la diferencia fue mayor, llegando a 1,7 °C entre ambas profundidades. En cuanto a las máximas y mínimas, las temperaturas fueron muy similares en todos los sitios de muestreo para diciembre, observándose solo diferencias de 0,5 °C. En cambio para marzo en las temperaturas máximas se ven diferencias de hasta 3,5° C entre ambas profundidades (sobre todo en los sitios centrales y en el sureste), mientras que las temperaturas mínimas son muy similares en las dos profundidades (Figura 9).

Para los días de mayo la diferencia máxima entre las dos profundidades fue de 0,9 °C mientras que para septiembre fue de 1,3 °C. Para mayo las diferencias entre máximas alcanzaron 6 °C en la zona centro norte, mientras que para las mínimas las diferencias fueron de hasta 1 °C. Para septiembre las

mínimas y máximas fueron similares en todos los puntos de registro (Figura 10).

Por otra parte, se han registrado temperaturas del agua durante un año completo (2016, datos tomados en el muelle del club de Pesca y Náutica), mostrando que las temperaturas de la laguna Chascomús pueden variar considerablemente a lo largo de un año. La media anual fue de 17° C, mientras que la media mínima fue de 8,9 °C en junio y la máxima de 25,6 °C en febrero, mostrando una amplitud media de 16,7 °C. Además, la mínima absoluta fue de 5,5° C en junio y la máxima absoluta de 33,5 °C en febrero. Por otra parte, el mes más estable fue julio, con una amplitud de 4 °C y el más inestable diciembre, con 14,5 °C (Tabla 1).

Con relación a lo publicado previamente y a los resultados mencionados por primera vez en este capítulo podemos concluir que la temperatura del agua de la laguna Chascomús varía considerablemente durante el año en concordancia con los cambios de la temperatura del aire. Se han observado también grandes amplitudes térmicas dentro del mismo mes (hasta 14,5 °C) y del día (hasta 9 °C). En general podemos observar que la temperatura del agua se incrementa durante las horas de luz llegando a valores máximos al atardecer y se enfría durante las horas de oscuridad llegando a valores mínimos a la madrugada. Sin embargo, en el caso de días ventosos este patrón podría no aplicarse, como en lo registrado para el 15 de diciembre de 2015, donde se observó un fenómeno inverso. Este hecho puede deberse a una condición hidrológica particular de la laguna (poco volumen) o a fuertes vientos. En general, en un análisis preliminar, no se observan grandes variaciones de temperaturas entre la superficie y el fondo de la laguna, las máximas diferencias (1,3 °C y 1,7

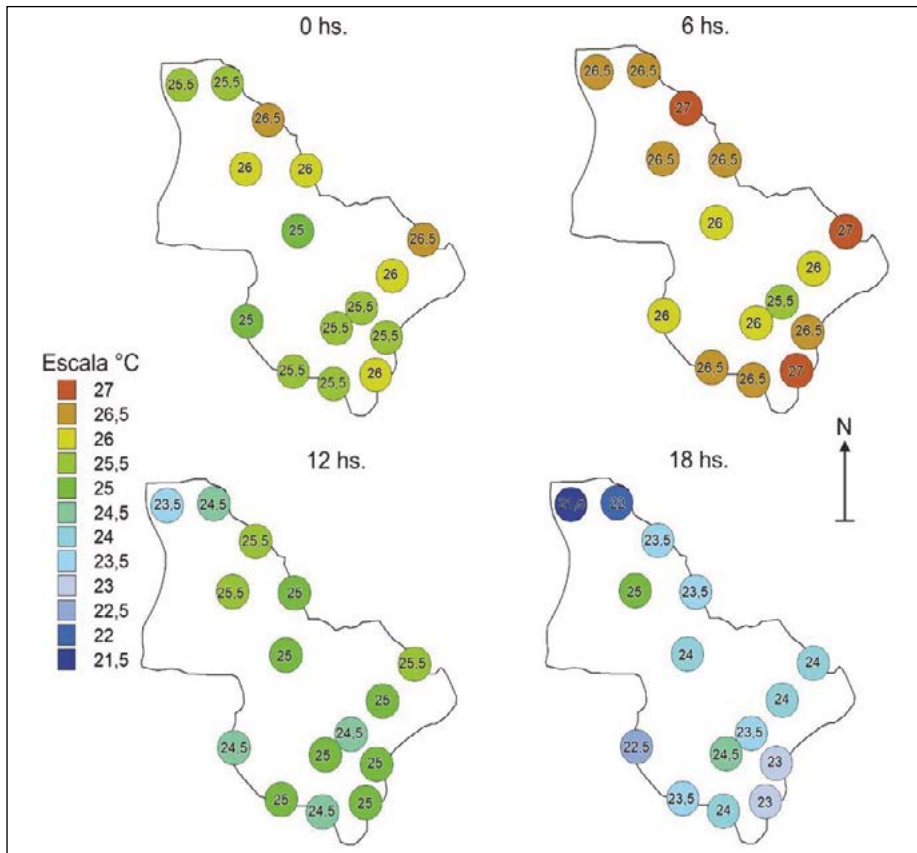


Figura 5. Temperaturas del agua de la laguna Chascomús en 20 sitios a las 0, 6, 12 y 18 h del día 15 de diciembre.

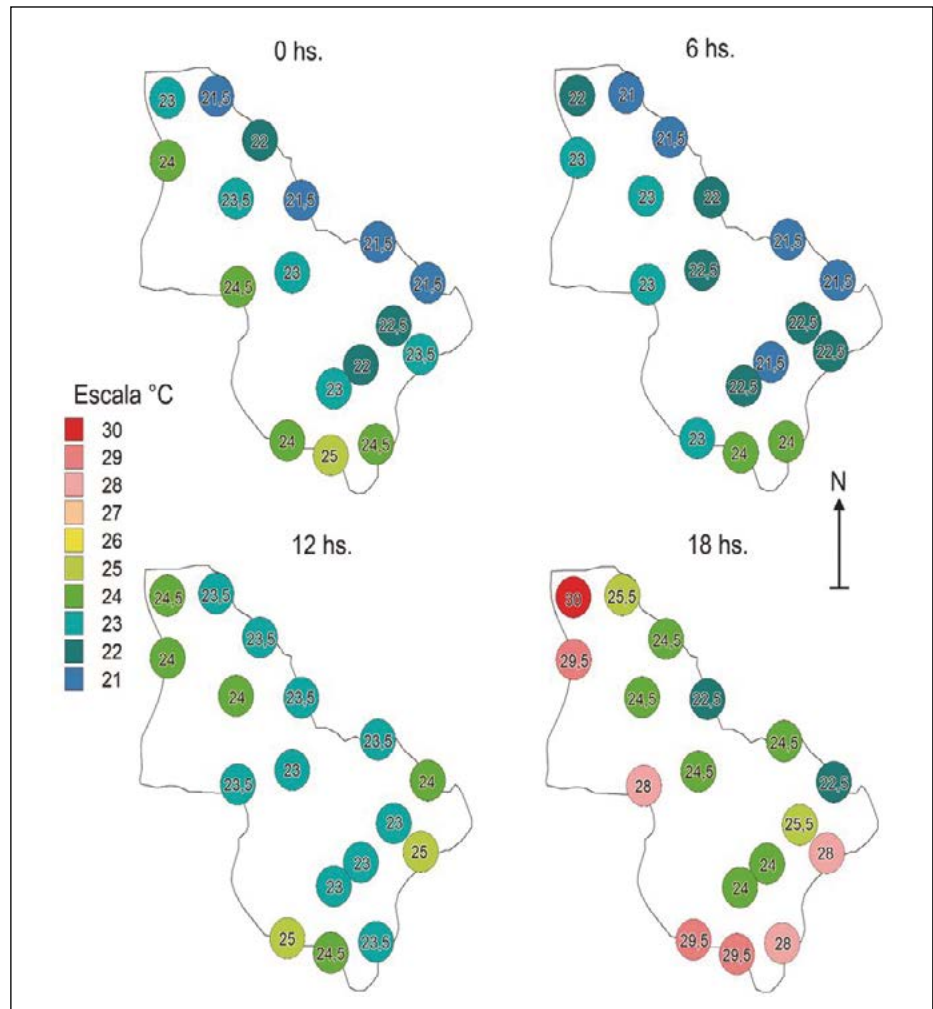


Figura 6. Temperaturas del agua de la laguna Chascomús en 20 sitios a las 0, 6, 12 y 18 h del día 24 de marzo.

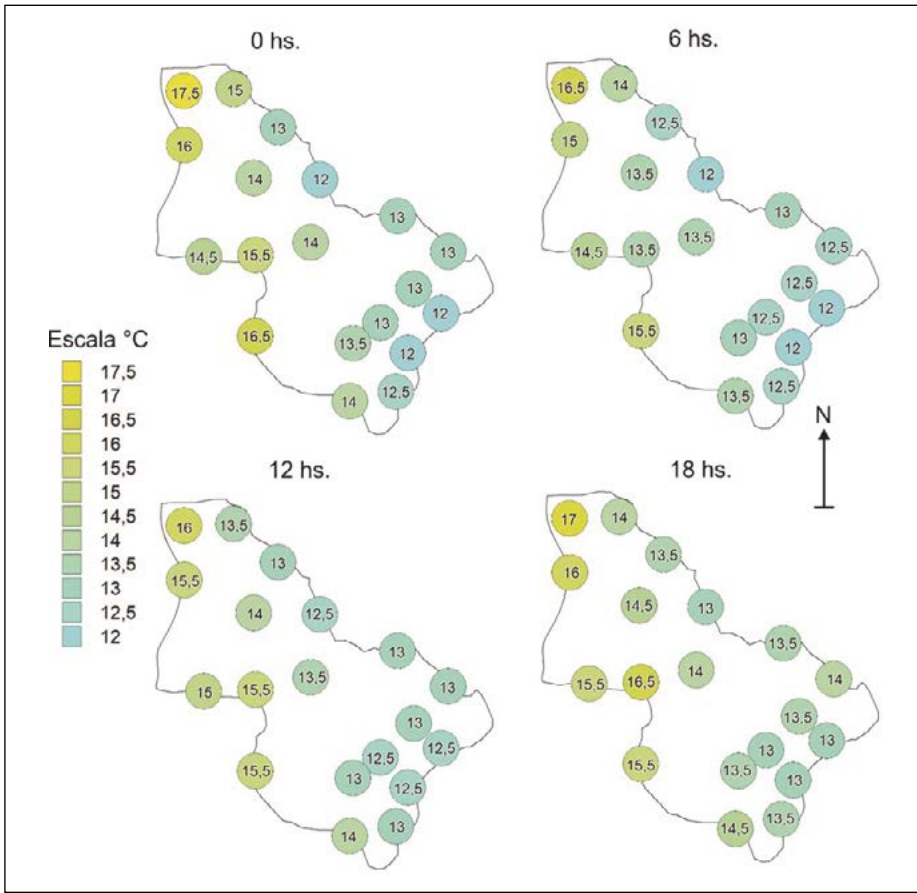


Figura 7.
 Temperaturas del agua de la laguna Chascomús en 20 sitios a las 0, 6, 12 y 18 h del día 10 de mayo.

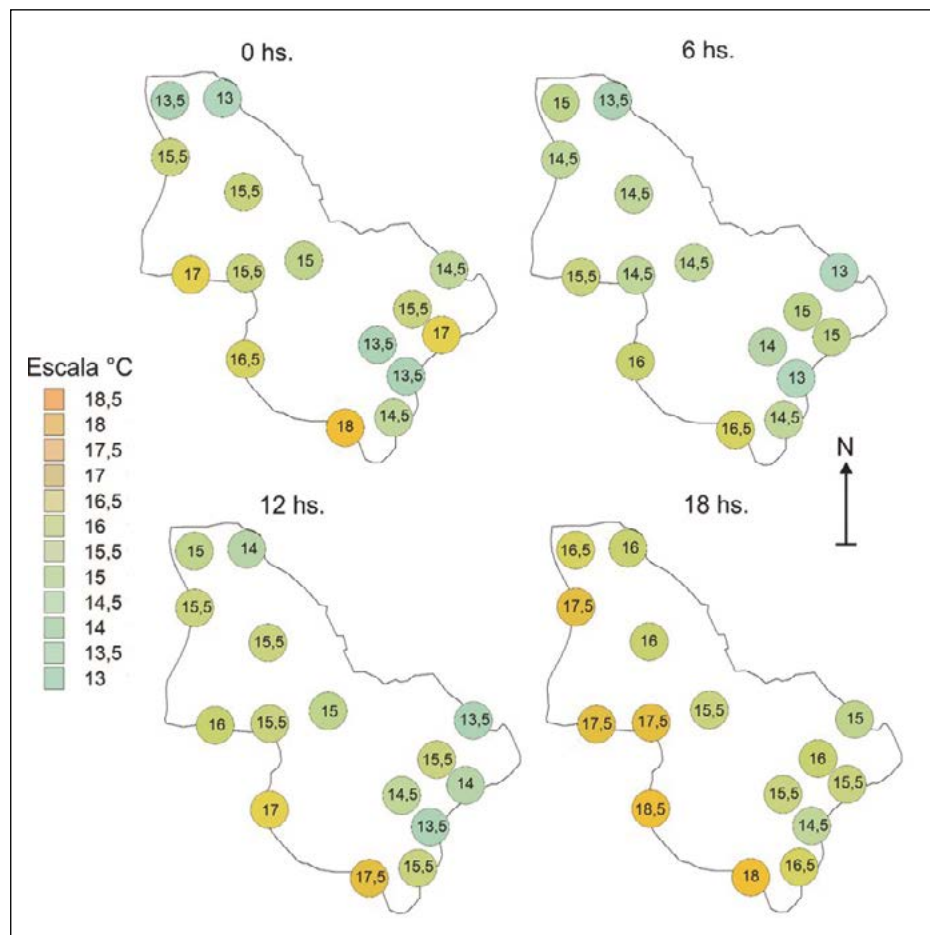


Figura 8.
 Temperaturas del agua de la laguna Chascomús en 20 sitios a las 0, 6, 12 y 18 h del día 11 de septiembre de 2016.

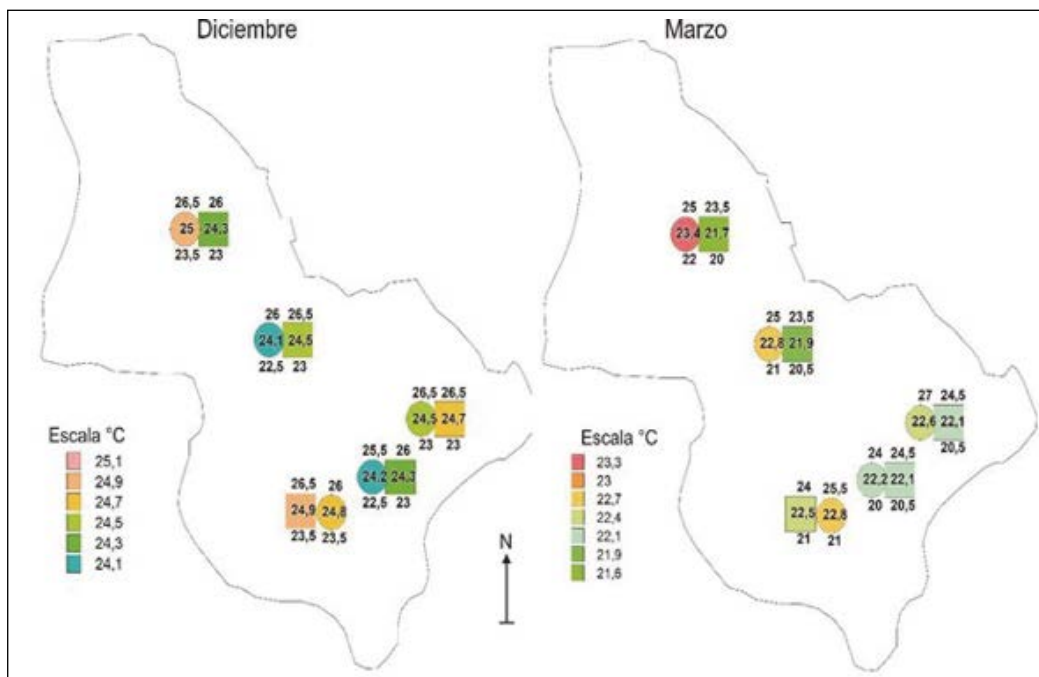


Figura 9. Comparación de las temperaturas medias, mínimas y máximas absolutas a 50 cm (círculos) y 200 cm (cuadrados) en 5 sitios de la laguna Chascomús para los periodos de diciembre y marzo.

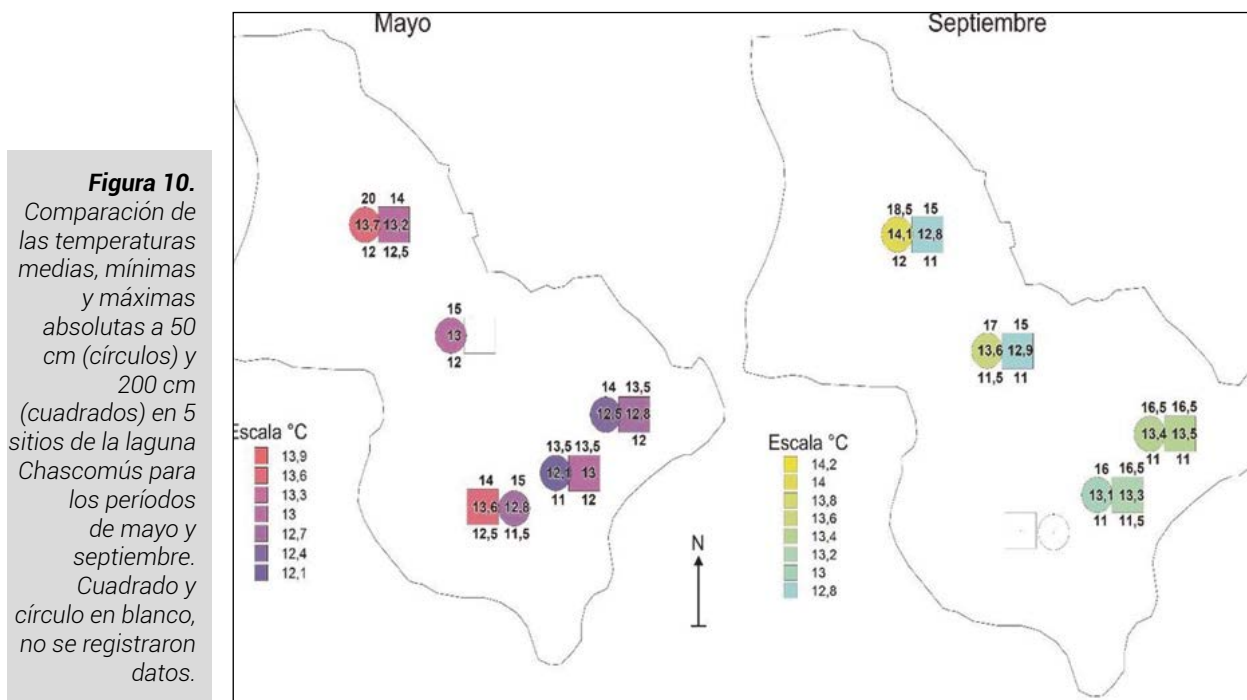


Figura 10. Comparación de las temperaturas medias, mínimas y máximas absolutas a 50 cm (círculos) y 200 cm (cuadrados) en 5 sitios de la laguna Chascomús para los periodos de mayo y septiembre. Cuadrado y círculo en blanco, no se registraron datos.

°C) se registraron en marzo y septiembre. Además, puede haber zonas de la laguna con diferentes temperaturas superficiales (hasta 7,5 °C), posiblemente como consecuencia de las diferentes velocidades en el viento.

Como ya se ha mencionado, estos cambios en la temperatura del agua afectan de diferente forma a la biota acuática. De modo particular, los peces al igual que el resto de los organismos poiquilotermos poseen una temperatura corporal similar a la de su entorno, por lo que cualquier variación en esta variable los afectará directamente (Ficke

et al., 2007). Así, la única vía de termorregulación que los peces pueden llevar a cabo es la selección de nuevos ambientes, lo cual está sujeto a restricciones que dependen de cada sistema acuático en particular. De esta forma, la temperatura en los ecosistemas acuáticos representa una variable fundamental en la distribución geográfica de las distintas especies de peces (Cussac et al., 2009) y cualquier modificación temporal en los patrones "normales" de esta variable podría generar consecuencias tales como cambios de abundancia, distribución espacial o en última instancia extinción (Ficke et al., 2007).

Tabla 1. Temperaturas del agua durante 2016 en la laguna Chascomús.

MES	TEMPERATURA MEDIA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA (°C)
ENERO	24,8	23,8	25,9	22	28,5
FEBRERO	25,6	24,0	27,2	20,5	33,5
MARZO	20,3	19,1	21,7	17	24,5
ABRIL	16,8	14,1	19,0	9,5	22,5
MAYO	11,9	11,0	12,5	9,5	14
JUNIO	8,9	7,6	9,9	5,5	13,5
JULIO	9,9	8,8	10,9	8	12
AGOSTO	11,5	10,8	12,4	9	18
SEPTIEMBRE	13,2	11,9	14,5	10	18
OCTUBRE	16,2	14,9	17,9	13	21,5
NOVIEMBRE	20,0	18,5	21,6	15,5	25
DICIEMBRE	23,8	22,1	25,4	18	32,5

En este sentido, ha sido reportado que la temperatura es uno de los factores que afecta la distribución de las comunidades de peces pampeanos ya que la mayoría de ellos tienen un origen brasílico, considerándose el río Salado como el límite de distribución meridional (López *et al.*, 2002).

Además, el efecto de las temperaturas extremas sobre la supervivencia de especies ícticas ha sido reportado en varias ocasiones para la laguna Chascomús (Freyre, 1966; Gómez, 2014; Colautti *et al.*, 2015). Este efecto negativo solamente se presenta a temperaturas muy bajas (< 5 °C) o muy altas (> 30 °C), que se alcanzan en condiciones de sequía cuando el escaso volumen de agua determina que la temperatura del agua se equipare rápidamente con la del aire. En general las mortandades por hipotermia que ocurren en invierno afectan al porteño, sabalito, mandufias, tararira y vieja del agua, mientras que las mortandades por hipoxia (falta de oxígeno debido a las altas temperaturas) ocurren en el verano, afectando principalmente a la tararira, carpa y especialmente al pejerrey. Por lo tanto, en condiciones térmicas extremas y de nivel de agua desfavorables se producen cambios en las comunidades de peces, variando su composición relativa y abundancia (Colautti *et al.*, 2015).

Otro efecto de la temperatura es la marcada influencia sobre la maduración gonadal y el desove en especies templadas. Este hecho es muy marcado en el pejerrey, especie en la que se ha demostrado que las bajas temperaturas retrasan el desove en el invierno y las altas en la primavera pueden bloquearlo totalmente acortando su duración, provocando atresia en las hembras y arrestamiento en los machos (Elisio *et al.*, 2014; 2015b, ver capítulo X de este libro).

En un futuro próximo, esperamos que a través del análisis continuo de los datos obtenidos a lo largo de varios años sea posible generar el conocimiento suficiente para entender los patrones macro y micro de los cambios de temperatura en la laguna y cómo se encuentran afectados por la variabilidad climática.

BIBLIOGRAFÍA

- BARROS VR, DOYLE ME, CAMILLONI IA.** 2008. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. *Theor. Appl. Climatol.* 93: 19-33.
- COLAUTTI DC, BAIGÚN CRM, LLOMPART F, MAIZTEGUI T, GARCIA DE SOUZA J, SOLIMANO P, BALBONI L, BERASAIN GE.** 2015. Fish assemblage of a Pampean shallow lake, a story of instability. *Hydrobiologia* 752:175-186.
- COOPS H, BEKLIOGLU M, CRISMAN T.** 2003. The role of water level fluctuations in shallow lake ecosystems-workshop conclusions. *Hydrobiologia* 506-509: 23-27.
- CORDINI RI.** 1938. La laguna de Chascomús. Contribución al conocimiento limnológico. *Bol 44 Dir. Nac. Min. Bs. As.*
- CUSSAC VE, FERNÁNDEZ DA, GOMEZ SE, LÓPEZ HL.** 2009. Fishes of southern South America: a story driven by temperature. *Fish Physiol. Biochem.* 35: 29-42.
- DANGAVS NV, BLASI AM, MERLO DO.** 1996. Geolimnología de laguna Chascomús, provincia de Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, *Revista del Museo de la Plata* 113:167-195.
- DIOVISALVI, N., BERASAIN, G., UNREIN, F., COLAUTTI, D., FERMANI, P., LLAMES, M. E., ZAGARESE, H. E.** 2010. Chascomús: Estructura y funcionamiento de una laguna pampeana turbia. *Ecología Austral* 20: 115 - 127.
- ELISIO M, VITALE A, MIRANDA LA.** 2015a. Influence of climate variations on Chascomús shallow lake thermal conditions and its consequences on the reproductive ecology of the Argentinian Silverside (*Odontesthes Bonariensis* - *Actinopterygii*, *Atherinopsidae*). *Hydrobiologia* 752: 155-166.
- ELISIO M, CHALDE T, MIRANDA LA** (2015b). Seasonal changes and endocrine regulation of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) spermatogenesis in the wild. *Gen. Comp. Endocrinol.* 221: 236-243.
- ELISIO M, VERA C, MIRANDA LA.** 2018. Influences of ENSO and PDO Phenomena on the Local Climate Variability Can Drive Extreme Temperature and Depth Conditions in a Pampean Shallow Lake Affecting Fish Communities. *Environ. Biol. Fish.* 101: 653-66.
- FICKE A, MYRICK C, HANSEN L.** 2007. Potencial impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 7: 1-32.
- FREYRE LR.** 1967. Consecuencias de la mortalidad de peces por las temperaturas extremas de junio de 1967, en laguna Chascomús. *Agro* 9: 35-45.
- GÓMEZ SE.** 2014. Análisis de las mortandades masivas de peces en el siglo 20, Argentina, Sud América. *Bioikos* 28: 95-102.
- GRIMM AM.** 2011. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. *Stoch Environ. Res. Risk Assess.* 25: 537-554.
- JEPPESEN E, SONDERGAARD M, JENSEN JP, MORTENSEN E, HANSEN AM.** 1998. Cascading trophic interactions from fish to bacteria and nutrients after reduced sewage loading: an 18-year study of a shallow hypertrophic lake. *Ecosystems* 1: 250-267.
- LÓPEZ HL, MORGAN CL, MONTENEGRO MJ.** 2002. Ichthyological ecoregions of Argentina. *Probiota Serie Documentos* 1: 1-68.
- MOOIJ WM, DE SENERPONT DOMIS LN, HÜLSMANN S.** 2008. The impact of climate warming on water temperature, timing of hatching and young-of-the-year growth of fish in shallow lakes in the Netherlands. *J. Sea Res.* 60: 32-43.
- PARMESAN C.** 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biol.* 13: 1860-1872.
- PÖRTNER HO, FARRELL AP.** 2008. Physiology and climate change. *Science* 322: 690-692.
- QUIRÓS R, ROSSO JJ, RENNELLA A, SOSNOVSKY A, BOVERI M.** 2002. Análisis del estado trófico de las lagunas pampeanas (Argentina). *Interciencia* 27: 584-591.
- RINGUELET R, SAUBIAN A, CLAVERIE E, ILHERO S.** 1967. Limnología química de las lagunas pampásicas. *Physis* 27: 201-221.
- TORREMORELL A, BUSTINGORRY J, ESCARAY R, ZAGARESE HE.** 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: the role of light limitation and other physical variables. *Limnologica.* 37: 100-108.

