



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Tesina presentada para obtener  
el grado académico de  
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE

COMPARACIÓN LIMNOLÓGICA DE LAGUNAS DE LA RESERVA PARQUE  
LURO, (LA PAMPA, ARGENTINA) EN DOS HIDROPERÍODOS CONTRASTANTES

ANA PAULA MULLER

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2019

## **PREFACIO**

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente en esta Universidad ni en otra institución académica. Se llevó a cabo en el Laboratorio de Ecología, del Centro de Investigaciones en Biotecnología y Ecología Ambiental, dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam, durante el período comprendido entre mayo 2017 hasta septiembre 2019, bajo la dirección del Dr. Alberto Pilati y bajo la codirección de la Dra. Andrea E. Biasotti.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de tesina, Alberto Pilati, por su dedicación, por brindarme su tiempo, por enseñarme y por transmitirme su pasión por la vocación. A mi codirectora Andrea Biasotti y a Rocío Comas por estar siempre presentes cuando precisé de su ayuda y sus conocimientos. A mi familia y mi pareja por la contención, el apoyo y el gran auxilio que me dieron siempre que los necesité. A mis amigos y colegas que no dudaron en darme una mano con lo que saben, y brindándome toda herramienta a su alcance.

A todos los que estuvieron a mi lado, gracias.



.....  
Muller, Ana Paula  
26 de septiembre de 2019

Departamento de Recursos Naturales

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

## **RESUMEN**

Los cuerpos de agua en regiones semiáridas presentan variaciones de nivel de agua producto del equilibrio entre la precipitación y la evaporación. Estas variaciones de nivel afectan directamente la salinidad y las características bióticas en las lagunas. Sin embargo, la mayoría de los estudios se han realizado en lagunas con influencia antrópica, por lo que es difícil separar los efectos de la salinidad *per se* dentro de otros factores de estrés en las comunidades acuáticas. En este trabajo se caracterizó por primera vez la limnología de tres lagunas (Centro, Este, Oeste) de la Reserva Parque Luro (La Pampa), combinando la información de diferentes niveles de agua para comprender el dinamismo de las mismas ya que presentan un complejo sistema de conexión-desconexión con el acuífero, donde el flujo de escurrimiento subterráneo cobra importancia. Un análisis de componentes principales permitió agrupar los muestreos en un grupo hipo-mesosalino y otro hipersalino. El primero estuvo caracterizado por poseer menor salinidad (entre 4 y 35 g/L) y una mayor diversidad de zooplancton. El segundo presentó altas salinidades (entre 134 y 323 g/L), mayor concentración de nutrientes y clorofila, y menor riqueza de zooplancton. La laguna Centro siempre perteneció al grupo hipo-mesosalino más allá del hidroperíodo. La laguna Oeste también perteneció al grupo hipo-mesosalino pero pasó al grupo hipersalino cuando se secó. La laguna Este generalmente pertenecía al grupo hipersalino, pero con precipitaciones excepcionales formó una capa hipo-mesosalina superficial que la clasificó en el grupo hipo-mesosalino. En general, el zooplancton fue característico de ambientes de salinidad variable. Se observó alta riqueza y especies de ambientes poco salinos cuando las lagunas redujeron su salinidad. Se observaron pocas especies halotolerantes cuando las lagunas aumentaron su salinidad. Este dinamismo y ubicación dentro del paisaje poco antropizado, transforma a estas lagunas en sitios importantes para la preservación de la diversidad biológica.

## **ABSTRACT**

Shallow lakes in semi-arid regions show water level variations due to the equilibrium between precipitation and evaporation. These level variations directly affect salinity and biotic characteristics in the shallow lakes. However, most studies have been conducted in shallow lakes with anthropic influence, so it is difficult to separate the effects of salinity per se from other stressors in aquatic communities. In this work, the limnology of three shallow lakes (Center, East, West) of the Parque Luro Natural Reserve (La Pampa) was characterized for the first time, combining the information of different water levels to understand their dynamism since they present a complex connection-disconnection system with the aquifer, where the flow of underground runoff becomes important. Using a Principal Component Analysis allowed to group the samples in a hypo-mesosaline group and another hypersaline group. The first was characterized by lower salinity (between 4 and 35 g / L) and a greater diversity of zooplankton. The second presented high salinities (between 134 and 323 g / L), higher concentration of nutrients and chlorophyll, and lower wealth of zooplankton. The Center shallow lake always belonged to the hypo-mesosaline group beyond the hydroperiod. The West shallow lake also belonged to the hypo-mesosaline group but passed to the hypersaline group when it dried up. The East shallow lake generally belonged to the hypersaline group, but with exceptional rainfall it formed a superficial hypo-mesosaline layer that classified it into the hypo-mesosaline group. In general, zooplankton was characteristic of variable salinity environments. High richness and low saline species were observed when the shallow lakes reduced their salinity. Few halotolerant species were observed when the shallow lakes increased their salinity. This dynamism and location within the poorly anthropized landscape, transforms these shallow lakes into important sites for the preservation of biological diversity.

## **INDICE**

PREFACIO .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	2
RESUMEN .....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN .....	6
MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
Área de estudio .....	9
Muestras a campo .....	10
Análisis de laboratorio .....	11
Análisis estadísticos .....	12
RESULTADOS .....	13
DISCUSIÓN.....	21
Variación de la riqueza de especies con la salinidad .....	23
Conclusión.....	25
BIBLIOGRAFÍA .....	26
APÉNDICE.....	31

## **INTRODUCCIÓN**

Los cuerpos de agua ubicados en las regiones semiáridas del planeta son muy sensibles a cambios climáticos porque pequeñas alteraciones producen grandes variaciones hidrológicas que afectan el nivel del agua. Es por ello que, desde hace tiempo, los cuerpos de agua lénticos se caracterizan por su estabilidad o permanencia (permanentes y temporarios o semipermanentes). Una de las variables que más fluctúa con el nivel del agua es la salinidad. Consecuentemente, los cuerpos de agua lénticos han sido clasificados en subsalinos (0,5-3 g/L sales), hiposalinos (3-20 g/L sales), mesosalinos (20-50 g/L sales) e hipersalinos (>50 g/L sales) (Hammer, 1986). Estos niveles de salinidad afectan a su vez a las características abióticas y bióticas de estos cuerpos de agua.

Las variables abióticas afectadas por la salinidad pueden a su vez clasificarse en físicas y químicas. Entre las primeras, Wetzel (2001) menciona que la salinidad aumenta la densidad y disminuye el calor específico del agua, lo cual produce diferentes ciclos de estratificación, mezclado y calentamiento en el mar respecto de cuerpos de agua dulce. Entre las segundas, Cole (1968) y Greenwald y Hurlbert (1993) indican que la salinidad reduce la solubilidad de oxígeno, aumenta el pH y la concentración de algunos nutrientes disueltos (amonio y fosfatos) como consecuencia de un bajo potencial RedOx. Además, a medida que una laguna se seca, cambia su composición iónica, porque los iones precipitan de manera diferencial (Hammer, 1986). Esto puede afectar negativamente a algunas especies, ya que ciertos iones que quedan en solución son altamente tóxicos (Mount *et al.*, 1997).

Los cambios de salinidad, al afectar tantas variables abióticas (que actúan como múltiples factores de estrés) producen indefectiblemente cambios en la biota acuática. Particularmente, la riqueza de especies decrece con un incremento absoluto de la salinidad (Williams, 1998). Esta reducción es muy abrupta en el rango de agua dulce hasta los 10 g/L aproximadamente (Williams *et al.*, 1990). Si la salinidad aumenta por encima de 50 g/L la riqueza de especies no cambia mucho ya que está representada por unas pocas especies halotolerantes (Hammer, 1986). Esta relación ha sido corroborada para la diversidad de zooplancton de lagunas hipersalinos e hiposalinos por Mirabdullayev *et al.* (2004) y Vignatti *et al.* (2012) respectivamente. Si la laguna continúa secándose y aumentando su salinidad, las condiciones ambientales óptimas para la vida se suprimen y las especies acuáticas se extinguen o producen estructuras de resistencia que les permiten repoblarse cuando mejoren las condiciones aptas para la vida. En este sentido, Hairston

(1996) propuso que estas estructuras de resistencia que permanecen en los sedimentos de la laguna actuarían como refugio temporal y aumentaría la resiliencia de las poblaciones ayudando la recolonización.

Se han realizado numerosas investigaciones acerca de los efectos de las variaciones de la salinidad sobre características limnológicas y sus comunidades acuáticas en diversas lagunas del mundo (Belovsky *et al.*, 2011, Holdren y Montaña, 2002, Jellison *et al.*, 1993, Bucher y Abril, 2006, Pilati *et al.*, 2018). Estos estudios, sin embargo, poseen ensambles de especies muy diferentes a los nuestros. Inclusive existen algunos realizados en la región semiárida pampeana de Argentina (Echaniz *et al.*, 2006, Echaniz y Vignatti, 2017). La mayoría de estos estudios se han realizado en ambientes que, además de poseer un estrés salino natural, poseen un estrés adicional, producto de las actividades agropecuarias (origen antrópico), o la presencia de peces. Es por ello que es necesario caracterizar cuerpos de agua localizados en ambientes lo más “prístinos” posibles.

En la región semiárida pampeana existen variaciones pluviométricas de corto período, a las que se le suman oscilaciones de temperatura y precipitaciones más largas que se repiten regularmente cada 60-80 años (Viglizzo, 2011). Debido a estos factores, las lagunas de La Pampa suelen poseer volúmenes de agua muy variables y fluctuaciones en su salinidad, que como ya se mencionó, afectan a la vida dentro de ellos. Dentro de esta región, existen áreas declaradas como reservas naturales, para la preservación de ambientes, y que son de interés para su estudio en relación a dicha variación.

La Reserva Provincial Parque Luro presenta sistemas lagunares representativos. Fue declarada como tal por la Ley N° 1689 de la provincia de La Pampa en el año 1996. Según detalla la Ley Provincial 1321 de Áreas Protegidas, en su artículo 3°, uno de los objetivos de la determinación de estas áreas es “mantener y conservar la diversidad genética para evitar la pérdida de especies vegetales y animales” y a su vez “determinar ámbitos propicios para la investigación, la recreación y la educación ambiental”. Está ubicada a unos 35 km al sur de la ciudad de Santa Rosa en uno de los valles transversales de la provincia. Estos valles, formados por procesos hídricos y acción eólica (Cano, 1980) se superponen al distrito del caldenal de la región del espinal argentino (Cabrera, 1994). Posee tres lagunas importantes, las cuales están cubiertas por la vegetación original de la zona central de la provincia, es decir el conocido bosque de caldén (*Prosopis caldenia*). Como reserva, brinda una oportunidad única para realizar estudios ya que es uno de los pocos lugares que pueden considerarse con características “prístinas”, dado que en ella no se realiza ningún tipo de explotación agropecuaria ni importantes actividades antrópicas

(excepto turismo en áreas específicas). Estas características permiten realizar estudios en condiciones similares al caldenal “original”, ya que no están afectadas por procesos de tipo antrópico desde hace tiempo. Es por ello que esta investigación contribuye a destacar la importancia de estas lagunas tan poco estudiadas, que, aunque posean especies de tamaños casi imperceptibles, son parte de la diversidad, del ecosistema y de la vida.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar por primera vez la limnología de las tres lagunas en su conjunto, combinando la información obtenida en períodos con altos niveles de agua y baja salinidad, con muestras previas obtenidas en momentos de sequía y salinidad elevada. Se estudió el amplio dinamismo de las lagunas en zonas semiáridas (bajo condiciones “prístinas”), y la diversidad de especies que se encuentran en ellas, que, asociadas a la variación de los cuerpos de agua, cobran importancia para la conservación de la reserva.

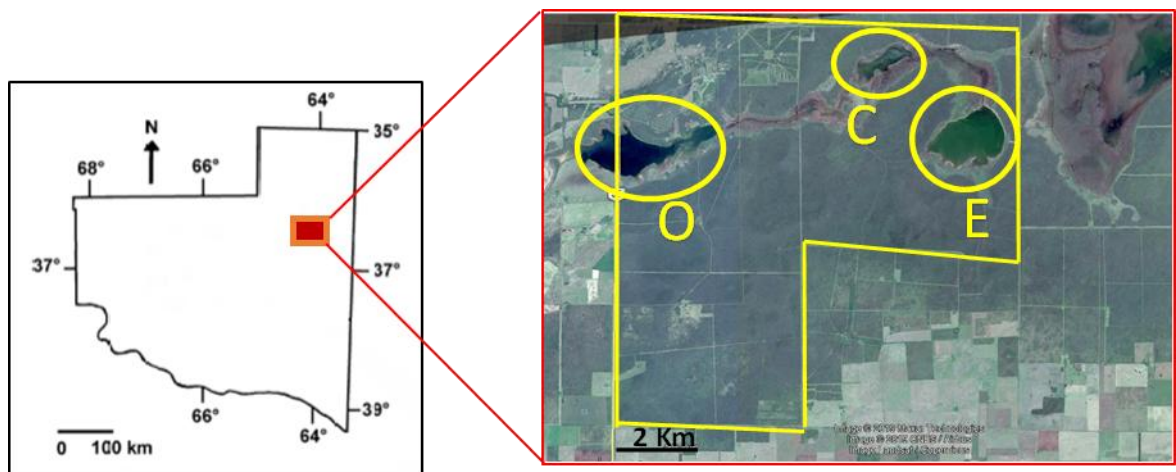


## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio:

La Reserva Provincial Parque Luro (Fig. 1) está ubicada en la región central de la provincia de La Pampa en los valles transversales. Estos valles, de dirección SO-NE, han sido formados por procesos hídricos y acción eólica (Cano, 1980) y se superponen al distrito del caldenal de la región del espinal argentino (Cabrera, 1994), dominado por el conocido bosque de caldén (*Prosopis caldenia*). En particular, la reserva está ubicada sobre el valle del arroyo Naicó, que posee una longitud de 110 km lineales. Luego de pasar por la reserva, este arroyo culmina en una laguna de la estancia Potrillo Oscuro ( $36^{\circ} 54' 14''$  S;  $64^{\circ} 08' 20''$  O). Como la mayoría de las ubicadas en los valles transversales, las lagunas de la Reserva Parque Luro, son de carácter salino, y están alimentadas principalmente por la freática que se ubica a unos 3-5 metros de profundidad (Cano, 1980). Esta conexión es de manera temporal y esporádica. Las principales pérdidas están dadas por la evaporación o por filtraciones a la freática subyacente durante períodos secos. Estas lagunas pueden considerarse como unas de las pocas dentro de la provincia que en la actualidad mantienen las características prístinas, dado que, por estar ubicadas en una Reserva Provincial, en su cuenca no se realiza ningún tipo de explotación agropecuaria ni reciben aportes de desagües o desechos de carácter antrópico.

Se muestrearon tres lagunas ubicadas en la reserva, una en el sector oeste, atravesada sobre su superficie por la Ruta Nacional 35, la segunda en el centro y la tercera en el sector este. (Figura 1)



**Figura 1:** Reserva Parque Luro (delimitada con polígono amarillo) con las tres lagunas enmarcadas. O: laguna oeste, C: laguna centro y E: laguna este. Imagen obtenida de Google Earth (2019), la barra indica una distancia de 2 km.

A. Pilati (2019, com. pers.) describe la laguna Oeste con escasa profundidad (< 1 m) cuando está llena, pero que forma un salitral en períodos de sequía. Posee tosca en las orillas y sedimentos en el interior. La laguna Centro es la más favorecida de todas por las precipitaciones (corto período donde se llena) para desaparecer rápidamente. La laguna Este es la más grande de las tres, de forma redondeada. Es una de las pocas lagunas de la provincia que en la actualidad mantiene las características más prístinas, debido a que no ha recibido aportes de actividad antrópica. Posee una profundidad variable de acuerdo a las precipitaciones y sedimentos resbaladizos. En épocas de sequía, se seca casi completamente y su salinidad alcanza valores de hasta 340 g/L. Sin embargo, en épocas lluviosas, se comporta como una laguna meromítica, es decir, que se estratifica, ubicándose la capa de agua más salina en el fondo de la laguna y la menos salina en superficie (Montelpare, 2018).

### **Muestras a campo:**

Para estudiar la dinámica de estas lagunas en diferentes hidroperíodos, las mismas fueron muestreadas en diferentes oportunidades (Tabla 1).

**Tabla 1:** Fechas de muestreo de las tres lagunas (Este, Oeste, Centro) de la Reserva Parque Luro, La Pampa. La laguna Centro no fue muestreada en 2018 porque se encontraba seca.

<b>Laguna Este</b>	<b>Laguna Oeste</b>	<b>Laguna Centro</b>
agosto 2011	febrero 2015	abril 2014
febrero 2012	julio 2015	septiembre 2014
mayo 2017	mayo 2017	mayo 2017
abril 2018	febrero 2018	

Los muestreos se realizaron en dos sitios diferentes en cada laguna con una canoa canadiense. Para poder realizar un relevamiento completo de las condiciones limnológicas, se midió a campo la salinidad con un refractómetro Arcano 0–28% Model 202, el oxígeno disuelto con un oxímetro YSI modelo 55 y el pH con un instrumento multiparamétrico Oakton PCSTestr 35.

Cuando la profundidad de las lagunas lo permitía, las muestras de agua se tomaron con una botella de Van-Dorn. Aquellas destinadas a análisis químicos fueron inmediatamente transportadas al laboratorio. Las muestras de agua para la identificación y cuantificación de

fitoplancton fueron preservadas con formol al 4%, mientras que las muestras para la identificación y cuantificación de zooplancton, antes de la preservación, fueron filtradas a campo a través de una red de 40 µm de abertura.

### **Análisis de laboratorio:**

En laboratorio, la salinidad se estimó por método gravimétrico, secando a 100°C el agua previamente filtrada con un filtro de fibra de vidrio GF/F.

Para analizar el nitrógeno (NT) y el fósforo total (PT) se conservaron muestras brutas (sin filtrar) en freezer a -20°C. Para nutrientes disueltos, se filtró agua con un filtro de fibra de vidrio tipo GF/F y al filtrado se lo acidificó con ácido sulfúrico y se lo conservó en freezer hasta su análisis. Para realizar los análisis de nutrientes, si la salinidad del agua superaba los 33 g/L (salinidad del agua de mar) se practicaron diluciones hasta llegar a los 33 g/L debido a que la mayoría de las técnicas están comprobadas para salinidades menores a la salinidad del mar (Strickland y Parsons, 1972). El NT y el PT se leyeron con la reducción de cadmio y el ácido ascórbico respectivamente previa digestión de una muestra bruta con persulfato de potasio (Ebina *et al.*, 1983). El nitrógeno inorgánico disuelto (NiD) se consideró como la suma de amonio (método del fenato; APHA, 1992) y nitrato (reducción de cadmio; HACH, método #8039) debido a que los niveles de nitrito han sido indetectables (A. Pilati 2019 com. pers.). El fósforo reactivo soluble (PRS) se midió con el método del ácido ascórbico (APHA, 1992). Todos los nutrientes se leyeron con un espectrofotómetro Ocean Optics RedTide USB650.

Las concentraciones de clorofila en el fitoplancton se determinaron filtrando muestras sin fijar y libres de zooplancton, en filtros de fibra de vidrio GF/F, extrayendo con etanol frío y utilizando un fluorómetro AquaFluor de Turner Designs, corregidas por la presencia de feopigmentos (Arar y Collins, 1997). Para la identificación del fitoplancton en muestras formolizadas, se utilizó la bibliografía clásica del grupo: Geitler (1932), Prescott (1951), Desikachary (1959), Komárek y Fott (1983), y Bourrelly (1985). La abundancia relativa de cada especie se obtuvo con el método de la transecta (Villafañe y Reid, 1995).

El zooplancton se identificó utilizando claves de Battistoni (1995), de Paggi (1995), Paggi (1995) y Moguevsky y Whatley (1995). Los conteos se realizaron en cámaras de Bogorov y Sedgwick-Rafter a 40-100 X.

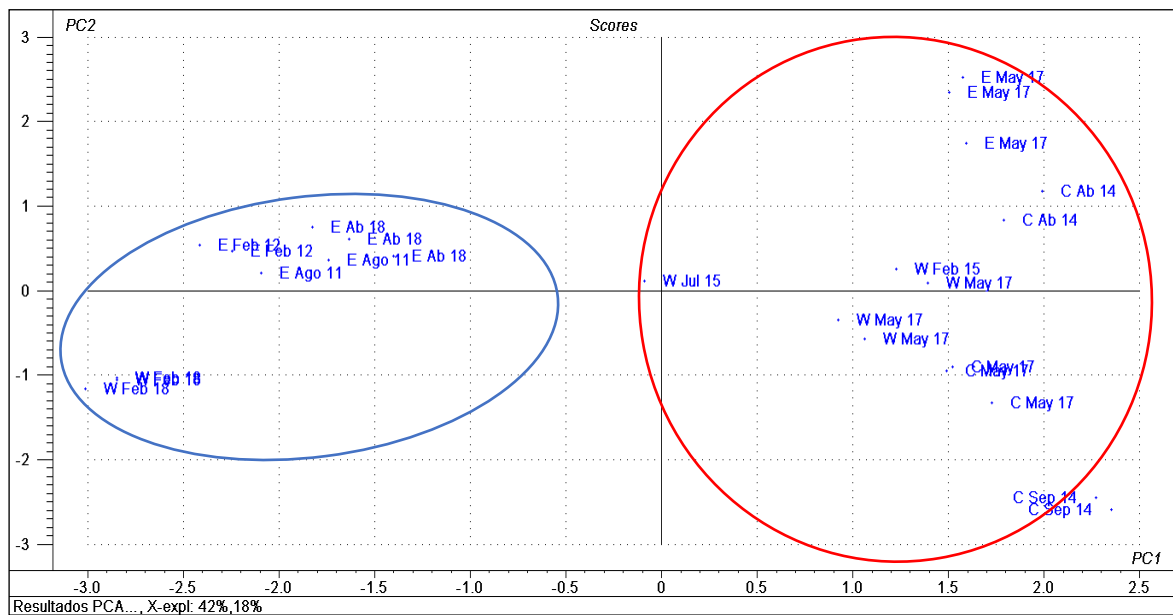
### **Análisis estadísticos:**

El análisis de componentes principales (PCA) se llevó a cabo utilizando Unscrambler 6.11 (CAMO AS, Noruega). El análisis de cluster se realizó utilizando el software PAST, con UPGMA y sólo con las variables utilizadas para el PCA. Tanto para el PCA como el análisis de clusters, todas las variables fueron normalizadas.

Los boxplots fueron creados con Statgraphics.

## RESULTADOS

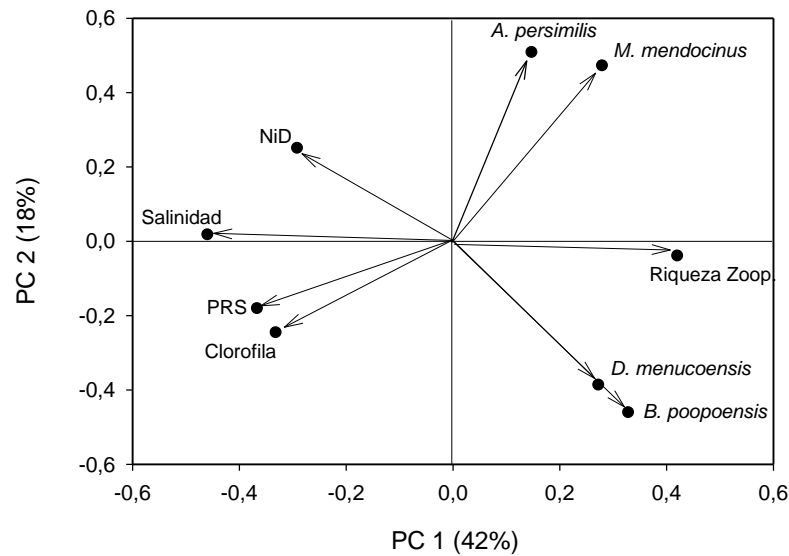
El análisis de componentes principales (PCA) formó dos grupos de muestras: hipomesosalinas e hipersalinas (Fig. 2). El componente principal 1 explicó el 42% de la varianza y estuvo afectado positivamente por la riqueza de zooplancton y negativamente por el nitrógeno inorgánico disuelto (NiD) (principalmente en forma de amonio), la salinidad, la concentración de clorofila y los fosfatos (fósforo reactivo soluble, PRS) (Fig. 3). El componente principal 2 explicó el 18% de la varianza y estuvo afectado positivamente por *Artemia persimilis* y *Metacyclops mendocinus* y negativamente por *Daphnia menucoensis* y *Boeckella poopensis* (Fig. 3). Ambos ejes explicaron el 60% de la varianza total.



**Figura 2:** Análisis de componentes principales de tres lagunas (Centro, Este y Oeste) de la Reserva Parque Luro, La Pampa, y la varianza (60%) correspondiente a cada componente principal. El círculo rojo indica las lagunas hipersalinas mientras que el azul las lagunas hipomesosalinas. La laguna Centro en 2018 se encontraba seca.

El grupo de lagunas hipomesosalinas estuvo caracterizado por una salinidad que varió entre 4 y 35 g/L, con un promedio de 20 g/L ( $\pm 9$ ), y una mayor riqueza de zooplancton. El grupo de lagunas hipersalinas, por otro lado, presentó una salinidad que varió entre 134 y 323 g/L (promedio de 232 g/L  $\pm 81$ ), mayor concentración de nutrientes y clorofila, y menor riqueza de zooplancton.

En todas las lagunas estudiadas, la salinidad del agua y la riqueza de zooplancton encontrada en ellas estuvieron inversamente relacionadas (Fig. 3). También se observó una relación inversa entre la clorofila (como subrogante de la presencia de algas) y la presencia de grandes pastoreadores como lo fueron *Artemia persimilis* y *Metacyclops mendocinus*.



**Figura 3:** Gráfico de loadings derivado del PCA de tres lagunas (Centro, Este y Oeste) de la Reserva Parque Luro, La Pampa, con el porcentaje de varianza.

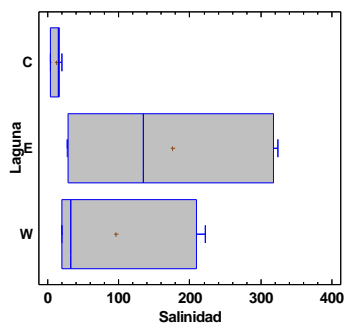
La laguna Centro se caracterizó siempre por poseer la más baja salinidad de las tres lagunas (13 g/L), y muy poca variabilidad (Fig. 4a). Mostró las menores concentraciones promedio de NT (3,8 mgN/L), PT (0,1 mgP/L), NiD (0,3 mgN/L) (Fig. 4b) y PRS (0,05 mgP/L) (Fig. 4c), así como también las menores concentraciones promedio de clorofila (1,03 µg/L; Fig. 4d). La riqueza del fitoplancton se limitó a sólo dos especies: *Dunaliella salina* y *D. viridis* (Tabla 2) mostrando la mínima densidad promedio de *D. salina* de las tres lagunas estudiadas (Fig. 5a). Esta laguna fue la que mayor número promedio de especies de zooplancton presentó (5,7 especies; Tabla 2, Fig. 5b). El zooplancton dominante de esta laguna fue *B. poopoensis* seguido por *D. menucoensis* (Tabla 2).

La laguna Este perteneció la mayor parte del tiempo al grupo de lagunas con condiciones hipersalinas (Fig. 2), con salinidades promedio de 176 g/L (Fig. 4a), pudiendo llegar a 240 g/L cuando está totalmente mezclada, como en los muestreos de agosto de 2011, febrero de 2012 y abril de 2018. En momentos de precipitaciones excepcionales (2017), el rápido llenado produjo una capa menos salina en su superficie (28 g/L) que la ubicó

temporariamente en el grupo de lagunas hipo-mesosalinas (Fig. 2). En general, presentó las mayores concentraciones de NiD promedio (1,4 mgN/L) de las tres lagunas estudiadas (Fig. 4b). Presentó valores promedio intermedios de NT (8,2 mgN/L), PT (0,5 mgP/L), y PRS (0,16 mgP/L; Fig. 4c), valores intermedios de clorofila (6,4 µg/L) (Fig. 4d) y densidades de *D. salina* (Fig. 5a), pudiéndose observar ocasionales picos de clorofila y *D. salina* (Tabla 2). La diversidad promedio de zooplancton fue baja (1,8 especies) (Fig. 5b), predominando *Artemia persimilis* en todo momento (Fig. 5c). Sin embargo, la densidad de esta especie fue muy variable dependiendo del momento del muestreo. Cuando la laguna estaba totalmente mezclada (agosto de 2011, febrero de 2012 y abril de 2018) y con máximas salinidades, el zooplancton estuvo representado únicamente por pocos ejemplares de *A. persimilis* (Tabla 2). Luego de las elevadas precipitaciones del 2017, mostró una mayor riqueza de zooplancton (Tabla 2). Fue en estos momentos que *A. persimilis*, mucho más numerosa que en condiciones de hipersalinidad, dominó por sobre las otras especies que aparecieron como *B. poopoensis* (Fig. 5d) o *D. menucoensis* (Fig. 5e) pero éstas siempre en bajas densidades.

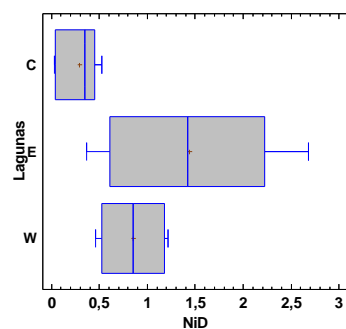
La laguna Oeste perteneció, la mayor parte del tiempo, al grupo de lagunas hipo-mesosalinas (febrero y julio de 2015, mayo de 2017) con una salinidad promedio de 25 g/L. Ante la falta de lluvias, comenzó a secarse en febrero de 2018 y pasó al grupo de las hipersalinas, con una salinidad promedio de 213 g/L (Fig. 2). Cuando todas estas variaciones se promediaron, se encontró una salinidad intermedia entre las otras dos lagunas de 95,8 g/L (Fig. 4a). Esta laguna presentó las máximas concentraciones promedio de NT (12,4 mgN/L), PT (0,6 mgP/L) y PRS (0,4 mgP/L) (Fig. 4c), valores altamente influenciados por las elevadas concentraciones de nutrientes encontradas durante el momento de descomposición de *Ruppia cirrhosa* (febrero 2018) (28 mgNT/L, 1,2 mgPT/L y 0,7 mgPRS/L). Presentó los niveles promedio de clorofila más alto de las tres lagunas estudiadas (38,3 µg/L) (Fig. 4d), y los valores máximos coincidieron con los altos valores de nutrientes disponibles registrados en febrero de 2018. En este mes también se observó un pico de densidad de *D. salina* de más de 20000 ind/L (Tabla 2). La riqueza de zooplancton promedio a lo largo del estudio fue intermedia, mostrando una gran variación (Fig. 5b). Cuando esta laguna pertenecía al grupo de lagunas hipo-mesosalinas, el zooplancton, presentó de 3 a 8 especies y estuvo dominado por *B. poopoensis* seguido por *C. deitersi* (Tabla 2). Cuando esta laguna se salinizó, sólo estuvieron presentes 2 especies que no fueron muy abundantes (Tabla 2).

a)



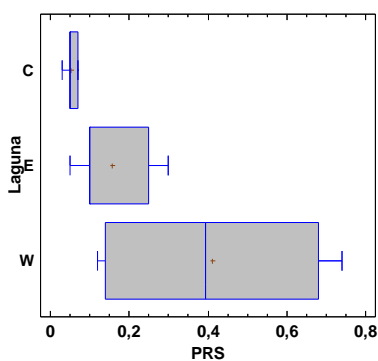
Laguna	Recuento	Promedio	Mediana	Desv. Est.
C	7	13,1	15,7	6,3
E	10	176,3	134,8	130,0
W	8	95,8	33,4	97,5

b)



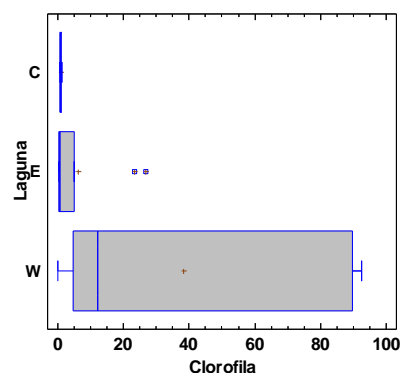
Laguna	Recuento	Promedio	Mediana	Desv. Est.
C	7	0,3	0,4	0,2
E	10	1,4	1,4	0,8
W	8	0,9	0,9	0,3

c)



Laguna	Recuento	Promedio	Mediana	Desv. Est.
C	7	0,05	0,05	0,01
E	10	0,16	0,10	0,09
W	8	0,41	0,40	0,31

d)

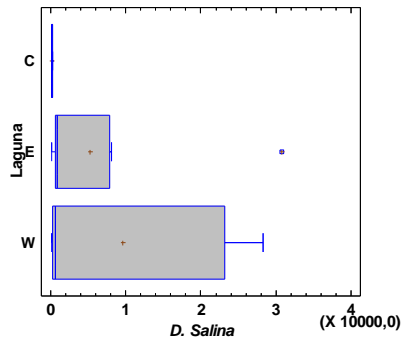


Laguna	Recuento	Promedio	Mediana	Desv. Est.
C	7	1,0	1,0	0,2
E	10	6,4	0,7	10,1
W	8	38,3	12,3	40,6

**Figura 4:** Boxplots de las tres lagunas (Centro, Este, y Oeste) de la Reserva Parque Luro, La Pampa. Se representa el primer y tercer cuartil (caja), la mediana (línea), la media (cruz) y valores mínimos y máximos (bigotes), y los datos atípicos (marcas exteriores). La tabla anexa muestra los principales datos estadísticos. Se representa en a) la salinidad (mg/L), en b) el nitrógeno inorgánico disuelto (mgN/L), en c) el fósforo reactivo soluble (mgP/L) y d) clorofila (µg/L). La laguna Centro en 2018 se encontraba seca.

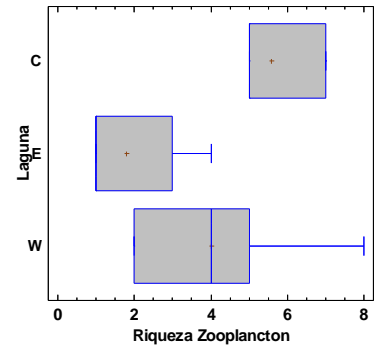


a)



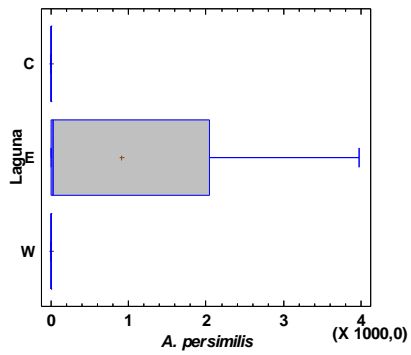
Laguna	Recuento	Promedio	Mediana	Desv. Est.
C	7	179	145	59
E	10	5242	863	9460
W	8	9626	715	12924

b)



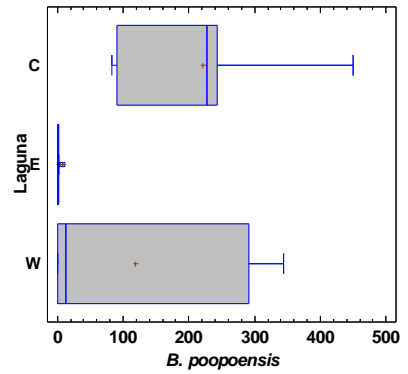
Laguna	Recuento	Promedio	Mediana	Desv. Est.
C	7	5,6	5	0,95
E	10	1,8	1	1,31
W	8	4,0	4	2,14

c)



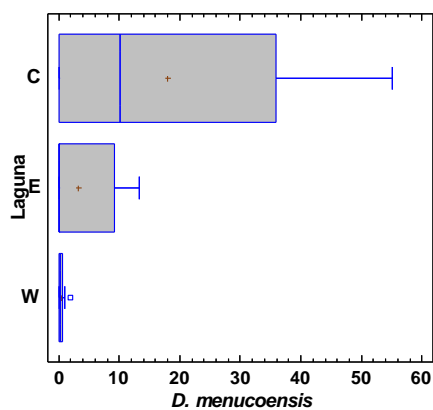
Laguna	Recuento	Promedio	Mediana	Desv. Est.
C	7	0	0	0
E	10	908	27	1510
W	8	0	0	0

d)



Laguna	Recuento	Promedio	Mediana	Desv. Est.
C	7	221,2	227	122
E	10	1,6	0	3
W	8	119,0	23	160

e)



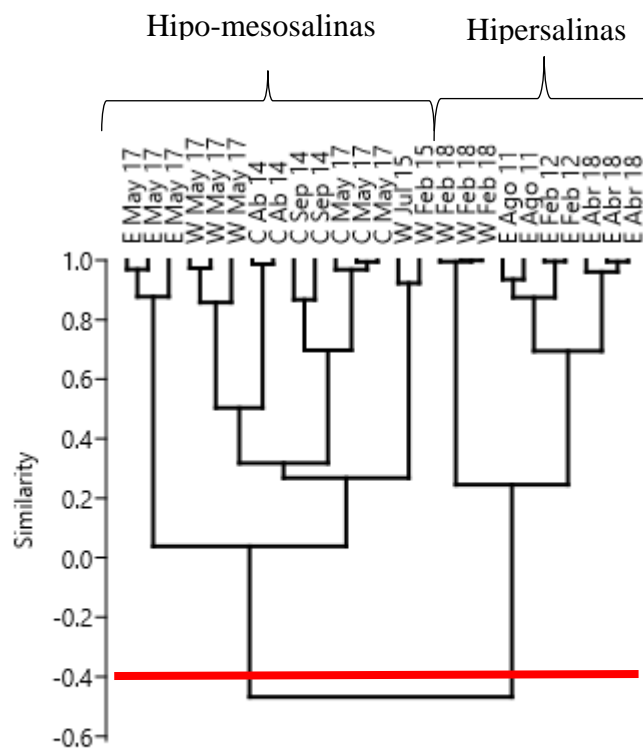
Laguna	Recuento	Promedio	Mediana	Desv. Est.
C	7	10,0	10,1	20,4
E	10	3,3	0,0	5,3
W	8	0,5	0,2	0,7

**Figura 5:** Boxplots de las tres lagunas (Centro, Este, y Oeste) de la Reserva Parque Luro, La Pampa. Se representa el primer y tercer cuartil (caja), la mediana (línea), la media (cruz) y valores mínimos y máximos (bigotes), y los datos atípicos (marcas exteriores). La tabla anexa muestra los principales datos estadísticos. Se representa en a) la densidad de *Dunaliella salina* (ind/mL), en b) la riqueza de zooplancton, en c) densidad de *Artemia persimilis* (ind/L), en d) densidad de *Boeckella poopoensis* (ind/L) y en e) la densidad de *Daphnia menucoensis* (ind/L). La laguna Centro en 2018 se encontraba seca.

**Tabla 2:** Densidad de fitoplancton (ind/mL) y de zooplancton (ind/L) para las tres lagunas (Centro, Este y Oeste) de la Reserva Parque Luro, La Pampa, en todas las fechas de muestreo. La laguna Centro en 2018 se encontraba seca.

		Laguna Oeste				Laguna Centro			Laguna Este				
		feb-15	jul-15	may-17	feb-18	abr-14	sep-14	may-17	ago-11	feb-12	may-17	abr-18	
<b>Fitoplancton</b>		<i>Dunaliella salina</i>	650	260	455	24910	227	195	137	5040	19317	780	455
		<i>Dunaliella viridis</i>		130	65	1821				488	293		
<b>Riqueza especies fitoplancton</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Zooplancton</b>	<b>Cladóceros</b>	<i>Moina eugeniae</i>					0,63	0,42					
		<i>Daphnia menucoensis</i>		0,41	1,05			45,50	11,70			10,80	
		<i>Ceriodaphnia dubia</i>			0,25								
	<b>Copépodos</b>	<i>Boeckella poopoensis</i>	12,00	12,60	309,20		86,90	342,70	246,30				5,30
		<i>Metacyclops mendocinus</i>	0,10		0,30		0,63		0,02				0,43
		<i>Cletocamptus deitersii</i>	1,66	0,52	31,70	32,10	0,76						
	<b>Anostracos</b>	<i>Artemia persimilis</i>								0,25	0,05	2994,00	30,70
	<b>Rotíferos</b>	<i>Brachionus plicatilis</i>	3,10										
		<i>Hexarthra fennica</i>	3,20				39,50						
		<i>Colurella adriatica</i>	9,20				3,70						
		<i>Lepadella patella</i>	0,90										
		<i>Lecane sp.</i>	0,30										
	<b>Ostrácodos</b>	<i>Cyprinotus sp.</i>					1,00	2,50	4,70				
		<i>Limnocythere sp.</i>				18,30			3,60				
<b>Riqueza especies zooplancton</b>			<b>8</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

El análisis de cluster realizado a las muestras, considerando la información de las variables influyentes obtenidas del PCA (Fig. 6) como método de agrupación no supervisado, separó de la misma forma las muestras en dos grupos: lagunas hipo-mesosalinas e hipersalinas (distancia de corte de similaridad de -0,4). También corroboró que la única laguna exclusiva de un grupo fue la laguna Centro que siempre perteneció al grupo de hipo-mesosalinas. La laguna Este (generalmente hipersalina) se corrió al grupo de las hipo-mesosalinas bajo el efecto de lluvias excepcionales, mientras que la laguna Oeste (generalmente hipo-mesosalina) se trasladó al grupo de las hipersalinas en momentos de sequía.



**Figura 6:** Dendrograma obtenido a partir del análisis de cluster por grupos de correlación de las variables más influyentes obtenidas del PCA, para las tres lagunas (Centro, Este y Oeste) de la Reserva Parque Luro, en diferentes fechas de muestreo. La matriz cofenética fue de 0,949. La línea roja corresponde a la distancia de corte. La laguna Centro en 2018 se encontraba seca.

## DISCUSIÓN

Según la clasificación de Hammer (1986), el Análisis de Componentes Principales permitió agrupar los muestreos de las lagunas de la Reserva Parque Luro en dos grupos: cuerpos hipo-mesosalinos y cuerpos hipersalinos. Algunas lagunas siempre permanecieron en el mismo grupo (laguna Centro), mientras que otras pasaron de un grupo a otro dependiendo del hidoperíodo y la salinidad. Si bien las lagunas de la Reserva no están mencionadas puntualmente en los ejemplos del trabajo de Dornes *et al.* (2016), pertenecen a lagunas como nivel de base de sistemas hídricos, ubicadas al final de los valles transversales (P. Dornes, com. pers.). Al encontrarse en áreas de descarga de los acuíferos, son lagunas hipersalinas temporarias o permanentes según su grado de conexión con el nivel freático. Sin embargo, dependiendo también del escurrimiento superficial, pueden ser clasificadas como hipo o mesosalinas (Dornes *et al.*, 2016), de allí su amplio dinamismo. Tanto la laguna Oeste como la Este corresponden a zonas de descarga del nivel freático, lo cual les confiere su carácter permanente, de volumen más estable e independiente de las precipitaciones. Es importante destacar que la salinidad de la freática que abastece a estas dos lagunas, puede ser caracterizada como hipo-mesosalina. Datos aportados por la Administración Provincial del Agua (A. P. A) en 2015 y 2019 indican salinidades de entre 5,5 g/L y 28,2 g/L para la freática (Apéndice I). Estos análisis de aguas subterráneas han sido obtenidos de pozos ubicados a aproximadamente 1 km del sistema lagunar y caracterizan el agua que se encuentra en tránsito por el acuífero hacia el área de descarga. Es por ello que, si bien poseen salinidades menores a las encontradas en las lagunas, son buenos indicadores de que el típico carácter salino de estas lagunas puede asociarse a la salinidad del agua subterránea que las abastece, sumado a la evaporación del agua superficial (Custodio, 2010) que aumenta aún más su salinidad.

Como laguna típica de nivel de base de sistemas hídricos, se puede mencionar la laguna Este. Al estar ubicada en la parte más baja del paisaje, se comporta la mayor parte del tiempo como un cuerpo de agua permanente hipersalino. Sin embargo, bajo eventos de precipitación como el del año 2017, la misma se estratifica, creando una capa más dulce en superficie (mixolimnion) que flota sobre una capa más salina (monimolimnion). A este tipo de lagunas con estratificación química (salina) se las denomina lagunas meromícticas (Lewis, 1983). Esta laguna mostró una meromixis de unos 7 meses. Luego, los vientos primaverales de dirección N-NE a S-SE típicos de la zona (Cano, 1980) produjeron la mezcla de toda la columna de agua (Montelpare, 2018). Durante los tres meses

subsiguientes a la inundación (marzo de 2017), la capa superficial menos salina de esta laguna permitió clasificarla temporalmente como hipo-mesosalina, con una fauna típica de este grupo de lagunas.

Las lagunas Centro y Oeste son hipo o mesosalinas ya que su nivel de agua está más desconectado del nivel freático y que depende del aporte de la escorrentía de lluvias (Dornes *et al.*, 2016). La laguna Centro fue, aparentemente, la más desconectada del nivel freático, ya que siempre fue hipo-mesosalina más allá de su nivel. Esto se debe a que es un cuerpo de agua temporario, cuya recarga es por efecto de las precipitaciones (Dornes *et al.*, 2016). La laguna Oeste, por otro lado, si bien es hipo-mesosalina la mayor parte del tiempo, pareciera tener cierta conexión con el nivel freático, ya que tiene carácter más permanente. Cuando disminuyó su nivel de agua (como en febrero de 2018) aumentó su salinidad y se comportó como una laguna hipersalina hasta transformarse en un salitral.

El nivel de nutrientes en la laguna Centro (hipo-mesosalina) fue menor que en las lagunas Oeste y Este (más salinas), lo cual produjo que el nivel de clorofila de estas dos últimas siempre fuera mayor que en la Centro. Las condiciones anóxicas que generalmente se observan en este tipo de lagunas podría haber favorecido las altas concentraciones de nutrientes, ya que el oxígeno disuelto se relaciona inversamente con la salinidad (Sherwood *et al.*, 1991). En particular, las altas concentraciones de NiD (principalmente amonio) podrían deberse al aumento de la actividad microbiana en estas condiciones anóxicas (Scheffer, 2004). El P es un elemento conservativo que no tiene intercambio con la atmósfera por lo que es común que se acumule en cuencas endorreicas (Hutchinson, 1937) e inclusive, sedimentar en el fondo (Hammer, 1986). El aumento de concentraciones de formas fosforadas está influenciado por el aumento de formas disueltas producto de la fuerte evaporación de las aguas, aporte de la freática y lavado de la cuenca que tienden a concentrarlas (Pham *et al.*, 2008). El nitrógeno en cambio, es un elemento menos conservativo, que tiene intercambio con la atmósfera. Si bien las diferentes fracciones nitrogenadas de lagunas salinas poseen rangos de concentraciones similares a lagunas dulces, la concentración depende del nivel de productividad. Sin embargo, mayores concentraciones de amonio pueden encontrarse en sitios con alta descomposición (Hammer, 1986) como fue el caso de la laguna Oeste con la descomposición de *Ruppia cirrhosa* en febrero de 2018. También se lo puede encontrar en sitios anaeróbicos o como producto de la excreción metabólica de amonio por parte de *Artemia sp.* (Belovsky *et al.*, 2011), lo cual podría explicar las altas concentraciones en la laguna Este.

En todas las lagunas se observó una relación inversa entre la presencia de algas (como clorofila) y de grandes especies pastoreadoras (principalmente *A. persimilis*). El aumento de nutrientes tuvo un efecto Bottom-Up concomitante en las concentraciones de clorofila que fueron más altas en las lagunas Este y Oeste. Sin embargo, también se observó un importante efecto Top-Down de los grandes pastoreadores sobre el fitoplancton. Pilati *et al.* (2018) encontraron que microcosmos con *A. persimilis* presentaban las menores concentraciones de clorofila respecto de aquellos sin *Artemia*. Wurtsbaugh y Smith Berry (1990) y Wurtsbaugh (1992) también encontraron que otra especie (*Artemia franciscana*) aumentaba la transparencia del agua del Gran Lago Salado de Utah (EEUU), indicando así una reducción de la abundancia del fitoplancton. Este mismo efecto de pastoreo puede resaltarse en *D. menucoensis*, que estuvo presente en la laguna Centro, y en la Este en menor densidad. Esta última especie es una eficiente filtradora, que contribuye a la transparencia del agua en lagunas hipo-mesosalinos (Vignatti *et al.*, 2007).

#### **Variación de la riqueza de especies con la salinidad:**

La riqueza de fitoplancton en las tres lagunas fue baja, registrándose sólo la presencia de *D. salina* y *D. viridis* en las tres lagunas para todas las salinidades. Estos datos, contrastan con las 30 especies de algas encontradas por Álvarez y Bazán (2010) en la laguna La Brava (22 g/L salinidad). Sin embargo, es importante destacar que la laguna La Brava, pertenece a un sistema fluvial que al momento de ser muestreado se comportaba como “permanente”, mientras que las lagunas de Parque Luro, no pertenecen a un sistema fluvial activo. La presencia de estas dos especies en Parque Luro, no es sorprendente. Hammer (1986) postuló que la riqueza de especies acuáticas se reduce drásticamente entre los 3 y los 20 g/L de salinidad. También destacó que el género *Dunaliella* está presente en todos los continentes y es el único de importancia en lagunas salinas. Resiste salinidades desde 9 a 200 g/L (Oren, 2014), llegando hasta 373 g/L (Imhoff *et al.*, 1979), siendo *D. viridis* la menos halotolerante (hasta 90 g/L). Su capacidad de halotolerancia se debe a que posee un lípido llamado glicerol, que le permiten adaptaciones osmóticas al medio (Lopez Uc., 2008). Lo llamativo, es que, en las lagunas de la Reserva Parque Luro, particularmente en las lagunas hipo-mesosalinas, sólo se encontraron dos especies de este género. Cabría esperar la presencia de otras especies de fitoplancton en estas lagunas, aunque la razón de que sólo se encontraron dos especies de *Dunaliella sp.* a tan bajas salinidades permanece desconocida. Podría suponerse que largos períodos de sequía, alta salinidad y temperaturas, podrían tener un efecto negativo también sobre las estructuras de resistencia de

fitoplancton, como fue comprobado para estructuras de resistencia de zooplancton en la laguna Este por Pilati *et al.* (2018).

Tal cual lo postulado por Hammer (1986) y posteriormente investigado por Williams *et al.* (1990) la riqueza de zooplancton en las tres lagunas estudiadas estuvo inversamente relacionada con la salinidad. Esta relación inversa entre la riqueza de especies y la salinidad pudo constatararse en las lagunas hipo-mesosalinas (laguna Centro y lagunas Este y Oeste cuando tenían mayor volumen de agua; Tabla 2). La laguna Centro (siempre hipo-mesosalina) presentó la mayor riqueza promedio de especies de zooplancton, siendo solamente superada en una oportunidad por la laguna Oeste. La laguna Oeste presentó una riqueza promedio intermedia entre las otras dos lagunas, y disminuyó su riqueza a medida que se secaba. La laguna Este sólo presentó mayor riqueza cuando aumentó su volumen y se formó una laguna meromítica. Sin embargo, cuando pertenecía al grupo de las hipersalinas, la riqueza de zooplancton fue monoespecífica (*A. persimilis*).

La predominancia casi exclusiva de *Artemia sp.* a salinidades mayores a 90 g/L (De los Rios, 2005) se debe a que este género posee mecanismos fisiológicos para resistir el estrés osmótico (Gajardo y Beardmore, 2012). *B. poopoensis*, *D. menucoensis* y *C. deitersii* son especies que, si bien son halotolerantes, no resisten salinidades superiores a los 90 g/L (De los Rios, 2005) y tienden a desaparecer. Cuando esto ocurre, estas últimas especies producen estructuras de resistencia que proveen una importante reserva para los colonizadores que pueden repoblar una laguna luego de un largo período de ausencia (Hairston, 1996). Si las condiciones adversas perduran por largos períodos, estas estructuras podrían deteriorarse y, de cambiar las condiciones, se requeriría de una colonización externa de lagunas cercanas. La necesidad de esa recolonización externa fue postulada por Pilati *et al.* (2018) para la laguna Este, quienes observaron la emergencia de sólo *A. persimilis* de los sedimentos cuando a éstos se les reducía la salinidad. La aparición de otras especies halotolerantes durante el aumento de su volumen, sugiere una colonización activa desde otras lagunas cercanas (con menor salinidad y mayor riqueza de especies) como podrían ser las lagunas Centro y Oeste.

Como el número de especies de zooplancton que se registran a partir de los 10 g/L de salinidad es muy reducido, Williams *et al.* (1990) sugirieron que las relaciones interespecíficas no dependerían de la salinidad sino de otros factores, tales como estocasticidad, depredación, disponibilidad de alimento, e interacciones entre factores físicos y químicos. Tal es el caso de la rara coexistencia de *A. persimilis* con *B. poopoensis*. Estas dos especies han sido registradas sólo en la laguna Este mientras ésta



tenía salinidades menores a ~100 g/L. *B. poopoensis* ha sido registrada en nuestra provincia en lagunas con salinidades de entre 20 a 90 g/L (Vignatti *et al.*, 2016), mientras que *A. persimilis* se encuentra en lagunas a partir de los 60 g/L de salinidad (De los Ríos, 2001). De acuerdo a estos valores, estas dos especies podrían coexistir en un estrecho rango de salinidades de entre 60 y 90 g/L. Hay estudios que indican que la coexistencia de estas especies se inhibe por razones bióticas y abióticas (De los Rios, 2005; De los Rios y Gajardo, 2010). Los ejemplares adultos de *B. poopoensis* depredan sobre los nauplios de *A. persimilis* (De los Rios, 2005) eliminando a esta especie cuando los cuerpos de agua son menos salinos. Esto explicaría la presencia exclusiva de *B. poopoensis* en las lagunas Centro y Oeste. Por otro lado, salinidades mayores a 90 g/L excluyen a *B. poopoensis* del ecosistema y permiten una dominancia de *A. persimilis*, lo que explicaría la presencia exclusiva de *A. persimilis* en la laguna Este.

### **Conclusión:**

Se puede concluir que la salinidad rige las variaciones de la comunidad zooplanctónica de las lagunas dependiendo de las lluvias. Cuando reducen su salinidad, las comunidades zooplanctónicas típicas de ambientes hipo-mesosalinos pueden recuperarse rápidamente debido a la presencia de estadios durmientes en los sedimentos o por colonización externa. Cuando estas lagunas aumentan su salinidad, presentan especies típicas de ambientes hipersalinos. Esto le da a estas lagunas una muy buena representatividad de todo el espectro de zooplancton de ambientes salinos típicos de la zona, y les confiere una vital importancia para su preservación en esta reserva. Este dinamismo único, sumado a su ubicación dentro de un paisaje poco antropizado, transforma a estas lagunas en sitios de gran interés para la preservación de la diversidad biológica y provee una gran oportunidad para conocer al máximo los paisajes de la provincia. De esta manera se puede afirmar que las lagunas de la Reserva Provincial Parque Luro cumplen con los objetivos de la Ley Provincial 1321 de Áreas Protegidas mencionados al principio de este trabajo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Álvarez, S. B.; G.I. Bazán & J.N. Bernardos. (2010). Diversidad fitoplanctónica en los Cuencos Principal y Norte de la Laguna Don Tomás (La Pampa. Argentina) *Limnetica* 28 (2): 207-214.
- American Public Health Association (APHA). (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th edition. Washington DC.
- Arar, E. J. y Collins, G.B. (1997). *In vitro* determination of chlorophyll a and pheophytin a in marine and freshwater algae by fluorescence. Método EPA 445. Disponible en [www.epa.gov/nerlcwww/ordmeth.htm](http://www.epa.gov/nerlcwww/ordmeth.htm). Visitado el 22 de julio de 2019. 22 pp.
- Battistoni, P.A. (1995). Crustacea: Copepoda. En: *Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para su estudio* (E.C. Lopretto y G. Tell, dir.). Ediciones Sur. 953-970.
- Belovsky G.E., Stephens, D., Perschon, C., Birdaey, P., Paul, D., Naftz, D., Baskin, R., Larson, C. Mellison C., Luft, J., Mosley, R., Mahon H., Van Leeuwen J., y Alen, D.V. (2011). The Great Salt Lake Ecosystem (Utah, USA): long term data and a structural equation approach. *Ecosphere* 2(3):1-40.
- Bourrely, P. (1985). Les algues d'eau douce, Tome III Les Algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Éditions N. Boubée y Cie. París. 116-184.
- Bucher, E.H. y Abril, A.B. (2006). Limnología biológica. En: Bucher E.H. (ed.) *Bañados del río Dulce y laguna Mar Chiquita* (Córdoba, Argentina). Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina).
- Cabrera, A. L. (1994). *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Tomo II, Fascículo 1: Regiones fitogeográficas argentinas*. Buenos Aires, ACME.
- Cano, E. (1980). *Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa*. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Provincia de La Pampa y Universidad Nacional de La Pampa. Buenos Aires.
- Cole, G.A. (1968). Desert Limnology. En: *Desert biology. Special topics on the physical and biological aspects of arid regions*. Brown, G.W. (ed.) Academic Press.
- Custodio, E. (2010). Aguas subterráneas y humedales en zonas llanas. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Azul, Buenos Aires, Argentina. 39-48.
- De los Ríos, P. (2001). Crecimiento en poblaciones de *Artemia franciscana* y *A. persimilis* (*Crustacea, Anostraca*) en condiciones controladas. *Rev. Biol. Trop* 49(2):629-634.

- De los Ríos, P. (2005). Richness and distribution of zooplanktonic crustacean species in Chilean altiplanic and southern Patagonian ponds. *Polish Journ. Env. Stud.*, 14, 817-822.
- De los Ríos, P. y Gajardo, G. (2010). A null model to explain zooplankton species associations in saline lakes of the south american altiplano (14-27°S). *Crustaceana* 83 (7), 769-777.
- Desikachary, T.V. (1959). *Cyanophyta*. Indian council of Agricultural research New Delhi. India. 686pp.
- Dornes, P.F., Comas, R.N., Cardín, D., Pochetti, R.A., Ianni, J, y E. Kruse. (2016). Identificación y caracterización hidrológica de lagunas en el noreste de la provincia de La Pampa. En: *Rel. Agua Subterránea-Superficial*. Eds: García, R., Rocha, V. y Dornes, P. Ed. Científica Univ.-UNCa. Catamarca. Arg.: 213-220 ISBN: 978-987-661-225-8.
- Ebina, J., Tsuyoshi, T., y Toyoso, S. (1983). Simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus in water using peroxodisulfate oxidation. *Water Res.* 17(12), 1721-1726.
- Echaniz, S.A. y Vignatti, A.M., José de Paggi, S., Paggi, J.C. y Pilati, A. (2006). Zooplankton Seasonal Abundance of South American Saline Shallow Lakes. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 91(1), 86–100.
- Echaniz, S.A. y Vignatti, A.M. (2017). The zooplankton of the shallow lakes of the semi-arid region of southern South America. *Int. J. Lim.* 53, 345–360.
- Gajardo, G.M., y Beardmore, J. (2012). The brine shrimp *Artemia*: adapted to critical life conditions. *Front. Phys.* 3:1-8.
- Geitler, L. (1932). *Cyanophyceae*. In: *Kryptogammenflora von Deutschland, Osterreich, under de Sweitz., Rabbenhorst, L. Eds*) Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. 14:1-1196.
- Greenwald, G. M. y S. H. Hurlbert (1993). Microcosm analysis of salinity effects on coastal lagoon plankton assemblages. *Hydrobiologia* 267,307-335.
- Hairston, N. G. Jr. (1996). Zooplankton egg banks as biotic reservoirs in changing environments. *Limnology and Oceanography* 41:1087–1092.
- Hammer, U.T. (1986). *Saline lake ecosystems of the world*. W. Junk Publishers: Dordrecht.
- Holdren, G.C. y Montaña, A. (2002). Chemical and physical characteristics of the Salton Sea, California. *Hydrobiologia* 473: 1–21.

- Hutchinson, G.E. (1937). A contribution to the limnology of arid regions. Trans. Connecticut Acad. Arts Sci. 33:47-132.
- Imhoff, J. F, Sahl, H. G, Soliman, G. S. H. y Truper, H. G. (1979). The Wadi Natrun: chemical composition and microbial mass developments in alkaline brines of eutrophic desert lakes. Geomicrobiol. 1, 219-234.
- Jellison, R., Miller, L.G., Melack, J.M., Dana, G.L. (1993). Meromixis in hypersaline Mono Lake, California. 2. Nitrogen fluxes. Limnol. Oceanogr. 38(5):1020-1039.
- Komárek, J. y B. Fott. (1983). Das Phytoplankton des Süswassers. Systematik und Biologie. Schweizbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u Obermiller). Stuttgart.
- Lewis, W. M. (1983). A revised classification of lakes based on mixing. Can. J. Aquat. Sci. 40:1779-1787.
- Lopez Uc, Y. K. (2008). Caracterización genética y de metabolitos secundarios de diferentes aislamientos de *Dunaliella salina* bajo condiciones de estrés salino. Tesis de posgrado. Instituto Politécnico Nacional de México, Centro de Biotecnología Genómica.
- Mirabdullayev, I.M., Joldasovab, I.M., Mustafaevaa, Z.A., Kazakhbaevb, S., Lyubimovab, S.A., Tashmukhamedov, B.A., (2004). Succession of the ecosystems of the Aral sea during its transition from oligohaline to polyhaline water body. J. Mar. Syst. 47, 101–107.
- Moguilevsky, A. y Whatley, R. (1995). Crustacea: Ostracoda. En: Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para su estudio (E.C. Lopretto y G. Tell, dir.). Ediciones Sur. 973-999.
- Montelpare, G. (2018). Primera caracterización de un lago somero meromictico en Argentina (Reserva Parque Luro, La Pampa). Universidad Nacional de La Pampa. Tesina de Grado para obtener el título de Ing. en Recursos Naturales y Medio Ambiente. 37 pp.
- Mount, D.R., Gulley, D.D., Hockett, J.R., Garrison, T.D., Evans, J.M. (1997). Statistical models to predict the toxicity of major ions to *Ceriodaphnia dubia*, *Daphnia magna* and *Pimephales promelas* (fathead minnows). Environ. Toxicol. Chem. 16 (10), 2009–2019.
- Oren, A. (2014). The ecology of *Dunaliella* in high-salt environments. Journal of Biological Research-Thessaloniki 21(1):23-30.

- Paggi, J.C. (1995). Crustacea: Cladocera. En: Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para su estudio (E.C. Lopretto y G. Tell, dir.). Ediciones Sur. 909-950.
- Paggi, S. J. (1995). Rotifera. En: Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodologías para su estudio (E.C. Lopretto y G. Tell, dir.). Ediciones Sur. 643-667.
- Pham, S.V., Leavitt, P.R., McGowan, S., Peres-Neto, P. (2008). Spatial variability of climate and land-use effects on lakes of the northern Great Plains. *Limnol. Oceanogr.* 53,728–742.
- Pilati, A., Echaniz, S.A., Faguaga, C. G., Vignatti, A.M y Cabrera, J. C. (2018). An experimental salt reduction in a lake with long-term hypersaline conditions does not increase zooplankton diversity but affects the grazing of *Artemia persimilis* on algae. *Limnologica* 70:26-32.
- Prescott, G.W. (1951). Algae of the Western Great Lakes Area. Cranbrook Inst. Sci. Bull. 31. Bloomfield Hills, Michigan. 946pp.
- Scheffer M., (2004). Ecology of Shallow Lakes. Population and Community Biology Series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Sherwood, J.E., Stagnitti, F. y Kokkin, M.J. (1991) Dissolved oxygen concentrations in hypersaline waters. *Limnol. Oceanogr.* 36(2), 235-250
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. (1972). A Practical Hand Book of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 157, 2nd Edition, 310 pp.
- Viglizzo, E.F., (2011). El agro, el clima y el agua en La Pampa Semiárida: Revisando paradigmas Tomo LXIV Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. 251–267.
- Vignatti, A. M., Echaniz, S. A y Martín, M. C. (2007). El zooplancton de lagos someros de diferente salinidad y estado trófico en la región semiárida pampeana (La Pampa, Argentina). *Gayana* 71 (1), 38-48.
- Vignatti, A.M., Cabrera, G.C., Echaniz, S.A., (2012). Changes in the zooplankton and limnological variables of a temporary hypo-mesosaline wetland of the central region of Argentina during the drying. *PANAMJAS* 7 (2), 93–106.
- Vignatti, A.M, G. C. Cabrera y S .A. Echaniz (2016). Biology of *Boeckella poopoensis* Marsh, 1906 (*Copepoda, Calanoida*) in natural conditions in temporary saline lakes of the central Argentina. *Biota Neotropica* 16(2):e20150063.

- Villafañe, V., y Reid, F. (1995). Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En Alveal, K., Ferrario, M.E, Oliveira, E.C. y Sar, E. (eds.). Manual de Métodos Ficológicos. Chile: Univ. de Concepción. 169-186.
- Wetzel, R.G. (2001). Limnology: lake and river ecosystems. San Diego, US. Academic Press.
- Williams, W. D., A. J. Boulton & R. G. Taaffe. (1990). Salinity as a determinant of salt lake fauna: a question of scale. *Hydrobiologia* 197: 257–266.
- Williams, W. D. (1998). Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia*, 381, 191-201.
- Wurtsbaugh, W.A. y Smith Berry, T. (1990). Cascading effects of decreased salinity on the plankton, chemistry, and physics of the Great Salt Lake (Utah). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47, 100–109.
- Wurtsbaugh, W.A. (1992). Food-web modification by an invertebrate predator in the Great Salt Lake (USA). *Oecologia* 89, 168-175.

**APÉNDICE I:** Análisis de aguas de pozos de la reserva Parque Luro realizado por la Administración Provincial del Agua (A.P.A.) para diferentes fechas y lugares dentro de la Reserva. Debajo, la ubicación de dichos pozos.

Análisis N°: 66641 - 66642			Extractor: Lic. LANZILLOTTA Rolando		Solicitante: APA - Estudios Hidrog.	
Fecha Extr.: 21/05/2015			Fecha Recep.: 22/05/2015		CONDICIONES: N/A	
Localidad: PARQUE LURO			Zona: N / A		Depto: TRENEL	
Domicilio: 36°54'31,61" / 64°15'34,69"			Responsable: Lic. Lanzillotta, Rolando			
Parámetro	Unidad	Límite de Detección	MUESTRAS			
			28098	28099	-----	-----
Color	-----	-----	incolora	incolora	-----	-----
Olor	-----	-----	inodora	inodora	-----	-----
Turbiedad	UNT	1.0	-----	-----	-----	-----
Cloro Total	mg/L	0.01	-----	-----	-----	-----
Cloro Libre	mg/L	0.01	-----	-----	-----	-----
Residuo Seco	mg/L	1	-----	-----	-----	-----
Conductividad	µmho/cm	10	8120	7890	-----	-----
pH	U. de pH	0.01	7.97	7.83	-----	-----
Cloruro	mg/L	2.0	-----	1860.0	-----	-----
Sulfato	mg/L	10	-----	1468.1	-----	-----
Carbonato	mg/L	2.0	-----	0.0	-----	-----
Bicarbonato	mg/L	2.0	-----	736.0	-----	-----
Alcalinidad Total	mg/L	2.0	-----	736.0	-----	-----
Dureza Total	mg/L	2.0	-----	2240.0	-----	-----
Calcio	mg/L	0.8	-----	256.0	-----	-----
Magnesio	mg/L	0.8	-----	388.8	-----	-----
Hierro	mg/L	0.005	-----	-----	-----	-----
Nitrato	mg/L	0.9	-----	11.2	-----	-----
Nitrito	mg/L	0.005	-----	-----	-----	-----
Flúor	mg/L	0.02	-----	0.44	-----	-----
Arsénico Total	mg/L	< 0.03	-----	0.10	-----	-----
Sol. Tot. e/Susp.	mg/L	1.0	-----	-----	-----	-----
Sodio	mg/L	23	-----	1633.0	-----	-----
Potasio	mg/L	1.95	-----	42.90	-----	-----
Manganeso	mg/L	0.01	-----	-----	-----	-----
Boro	mg/L	0.2	-----	-----	-----	-----
Sílice	mg/L	0.5	-----	-----	-----	-----
Aluminio	mg/L	0.008	-----	-----	-----	-----
RAS	-----	-----	-----	-----	-----	-----
SDT	mg/L	-----	-----	3945.00	-----	-----
Referencias			Perf. Prof.54m	Pozo/Prof.54m		

**OBSERVACIONES:**  
MUESTRA N° 28098: Muestra extraída a los 15' de bombeo.  
MUESTRA N° 28099: Muestra extraída a las 6hs de bombeo.  
Los valores de fluor y arsénico tienen una incertidumbre de 8% y 23% respectivamente, calculados para una incertidumbre expandida con k=2 y un 95% de confianza. Estos valores se informan de acuerdo a norma ISO 17025, en proceso de acreditación por nuestro Laboratorio


**JUICIO PROFESIONAL:**  
Fin del Informe.  
El presente protocolo de análisis se refiere a las muestra/s indicada/s. No debe reproducirse en forma parcial sin la aprobación por escrito de este Laboratorio. La extracción y traslado de la/s muestra/s es externa al Laboratorio, por lo tanto este no se hace responsable del método de extracción utilizado ni de la real procedencia de las muestra/s analizadas.

RESP. SECTOR FÍSICOQUÍMICO  
LABORATORIO DE AGUAS - A.P.A.

*[Firma]*  
Dra. BEATRIZ BUITRON  
LIC. EN QUÍMICA  
MPCPQ 5518  
JEFE DEL LABORATORIO DE AGUAS  
ADM. PROVINCIAL DEL AGUA

Página 1 de 1

Santa Rosa, 3 de Julio de 2015.









**LABORATORIO DE AGUAS**

H. Lagos Nº 333 - 6300 - Santa Rosa - La Pampa  
Telefono fax: (02954) - 425345  
laboratorioapa@lapampa.gob.ar



MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

**ANÁLISIS FÍSICOS QUÍMICOS DE AGUA**

Analisis N°: **72582** Extractor: **Fernando Soto** Solicitante: **APA - Estudios Hidrog.**  
Fecha Extr.: **25/04/2019** Fecha Recep.: **26/04/2019** CONDICIONES: **Traslado Temperatura**  
Localidad: **TOAY** Zona: **----** Depto: **TOAY**  
Domicilio: **Parque Luro**

Parámetro / Metodología	Unidad	U %	Fecha del Ensayo	MUESTRAS N°		
				I	-----	-----
Color Percepción organoléptica	-----	-----	26/04	<b>incoloro</b>	-----	-----
Olor Percepción organoléptica	-----	-----	26/04	<b>inodoro</b>	-----	-----
Conductividad Conductimetría	µmho/cm	-----	29/04	<b>40300</b>	-----	-----
pH Potenciométrico	U. de pH	-----	29/04	<b>8.25</b>	-----	-----
Referencias				<b>Perf. 56m prof.</b>		

**OBSERVACIONES:**  
36°54'51.80"-64°15'43.57". Uso Sanitario

**JUICIO PROFESIONAL:**

**Fin del Informe.**

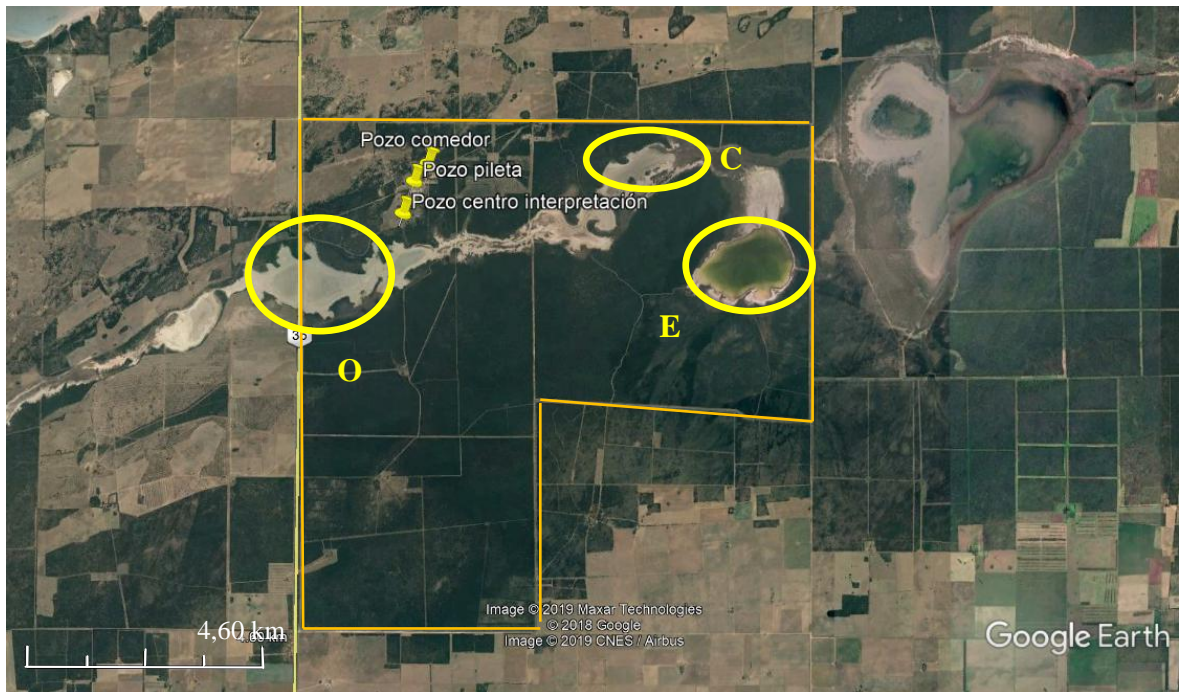
La extracción y traslado de la/s muestra/s es externa al Laboratorio, por lo tanto éste no se hace responsable de la real procedencia de la/s muestra/s analizadas. El presente protocolo de análisis se refiere a las muestras indicadas. No debe reproducirse en forma total o parcial sin la aprobación por escrito de este Laboratorio.

Ing. **BERNARDINA MANGAS FLORES**  
LABORATORIO DE AGUAS - A.P.A.



Lic. **ANDREA BOERIS**  
JEFA DE LABORATORIO DE AGUAS  
ADM. PROVINCIAL DEL AGUA





**Figura 7:** Pozos muestreados en la Reserva Parque Luro y las tres lagunas muestreadas, delimitadas con círculos amarillos (O: Oeste, C: Centro, E: Este), el polígono amarillo delimita la reserva. Imagen extraída de Google Earth (2019).