

EL LAGO CAVIAHUE: UN AMBIENTE ÚNICO

Este lago neuquino se diferencia de otros cuerpos de agua de la región y del país por una serie de interesantes características que lo hacen un ambiente muy particular.

Gustavo D. Baffico, Mónica M. Díaz, Pedro F. Temporetti, S. Guadalupe Beamud y Fernando L. Pedrozo

De aguas y pehuenes

El lago Caviahue o Agrio se sitúa en la provincia de Neuquén (dentro del departamento Ñorquinco) a 360 kilómetros de la ciudad de Neuquén, en plena cordillera de los Andes. Muy próximo al límite con Chile y a una elevación de 1.600 metros sobre el nivel del mar, el lago se encuentra además dentro del Área Protegida Provincial Copahue. Dicha área de protección fue creada en 1963 para preservar las Termas de Copahue, zona ampliamente conocida por sus baños y aguas termales, utilizados para tratar afecciones re-

lacionadas con la piel, el reumatismo, la artrosis y problemas respiratorios. Asimismo, otro objetivo para la creación del área de protección fue la conservación de los bosques de pehuenes o araucarias (*Araucaria araucana*) que crecen en la zona del volcán Copahue y que representan la distribución más norteña de esta especie.

La palabra *caviahue* significa, en lengua mapuche, «lugar de fiesta o reunión».

Volcanes y glaciares haciendo su trabajo

Durante el período geológico conocido como Plioceno, hace unos dos millones de años atrás, comenzó en esta zona una intensa actividad volcánica que dio origen a la caldera Copahue-Caviahue, de forma elíptica y con ejes de aproximadamente 15 por 20 kilómetros de extensión. Es decir que toda el área era un gigantesco volcán y los abruptos paredones rocosos que hoy se pueden observar rodeando la zona (ver Figura 1), constituían sus límites. Posteriormente, el centro efusivo del volcán se fue desplazando hacia el oeste, ubicándose en la actualidad en el cerro Copahue, único volcán activo de la Argentina (el término *copahue* significa, en lengua mapuche, «lugar de azufre»). Ya durante el Pleistoceno tardío, hace alrededor de 30.000 años, la acción de los glaciares modificó el relieve en un proceso que se extendió hasta hace unos 12.000 años atrás, erosionando las formas volcánicas y dando lugar a la formación de rasgos glaciarios típicos como valles, cubetas, morenas y planicies de depositación (ver también: *Desde la Patagonia, difundiendo saberes*, vol. 6, Nº 9, 2009).

Características físicas del lago

El lago tiene forma de herradura y se ubica dentro de la antigua caldera volcánica, ocupando una superficie de más de nueve kilómetros cuadrados. Presenta dos cubetas, denominadas Norte y Sur, unidas por una angostura de poca profundidad (ver Figura 2).

En la cubeta Norte del lago se encuentra la mayor profundidad (95 m), mientras que la cubeta Sur es un poco menos profunda (73 m). Se ha estimado que el volumen de agua del lago se renueva una vez cada tres años y medio. Durante el invierno y a pesar de la altura y las intensas nevadas en la zona (ver Figura 3),

Palabras clave: lago ácido, ambiente extremo, organismos exclusivos, Patagonia

Gustavo D. Baffico ^(1,2)

Dr. en Biología, Univ. Nac. del Comahue, Argentina.
gbaffico@crub.uncoma.edu.ar

Mónica M. Díaz ^(1,2)

Dra. en Ciencias Biológicas, Univ. de Buenos Aires, Argentina.
mdiaz@crub.uncoma.edu.ar

Pedro F. Temporetti ^(1,2)

Dr. en Biología, Univ. Nac. del Comahue, Argentina.
ptempore@crub.uncoma.edu.ar

S. Guadalupe Beamud ^(1,2)

Dra. en Biología, Univ. Nac. del Comahue, Argentina.
gbeamud@crub.uncoma.edu.ar

Fernando L. Pedrozo ^(1,2)

Dr. en Ciencias Biológicas, Univ. de Buenos Aires, Argentina.
fpedrozo@crub.uncoma.edu.ar

(1) Cjo. Nac. de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) – Inst. de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), Argentina.

(2) Ctro. Reg. Univ. Bariloche, Univ. Nac. del Comahue, Argentina.

Recibido: 19/06/2010. Aceptado: 01/02/2010.



Foto: G. Baffico

Figura 1: Vista de Villa Caviahue y el lago. Los cerros del fondo son los paredones de la antigua caldera Copahue-Caviahue.

el lago no se congela y la temperatura del agua es de 6 °C desde la superficie al fondo.

Durante el verano, debido al aumento de la radiación solar y a la acción del viento, la temperatura del agua alcanza en la superficie los 16-17 °C, mientras que permanece entre los 6-8 °C en el fondo. La alimentación del lago se realiza por el aporte de agua que recibe de varios arroyos y de dos ríos principales: el río Agrio (cuyas nacientes se encuentran cerca del cráter del volcán Copahue) y el río Dulce. Por su parte, desagua a través del río Agrio Inferior, uno de los tributarios del río Neuquén.

Cuestiones de química

La acidez del agua es la característica distintiva del lago Caviahue y lo hace un **cuerpo de agua único** en Argentina. El pH de sus aguas se encuentra cerca-

no a 3, valor similar al ácido de las baterías de los automóviles o al jugo de limón. Estos valores de pH no son los típicos de otros lagos de la región y del país, los que comúnmente se conocen como de «agua dulce» y en general se encuentran dentro del rango de pH 6-8. Los muestreos que realizamos en la zona desde el año 1998 indican que la acidez del lago se modificó levemente como consecuencia de la erupción del volcán Copahue en julio del año 2000. A partir de ese momento, el lago aumentó progresivamente sus valores de pH, variando desde 2,2 en la etapa previa a la erupción, al actual valor de 3. A pesar de esta variación, el lago continúa siendo muy ácido.

La gran acidez del lago se debe al agua aportada por el río Agrio, el cual, debido a nacer en el volcán Copahue (ver Figura 4), cuenta con características aún más extremas.

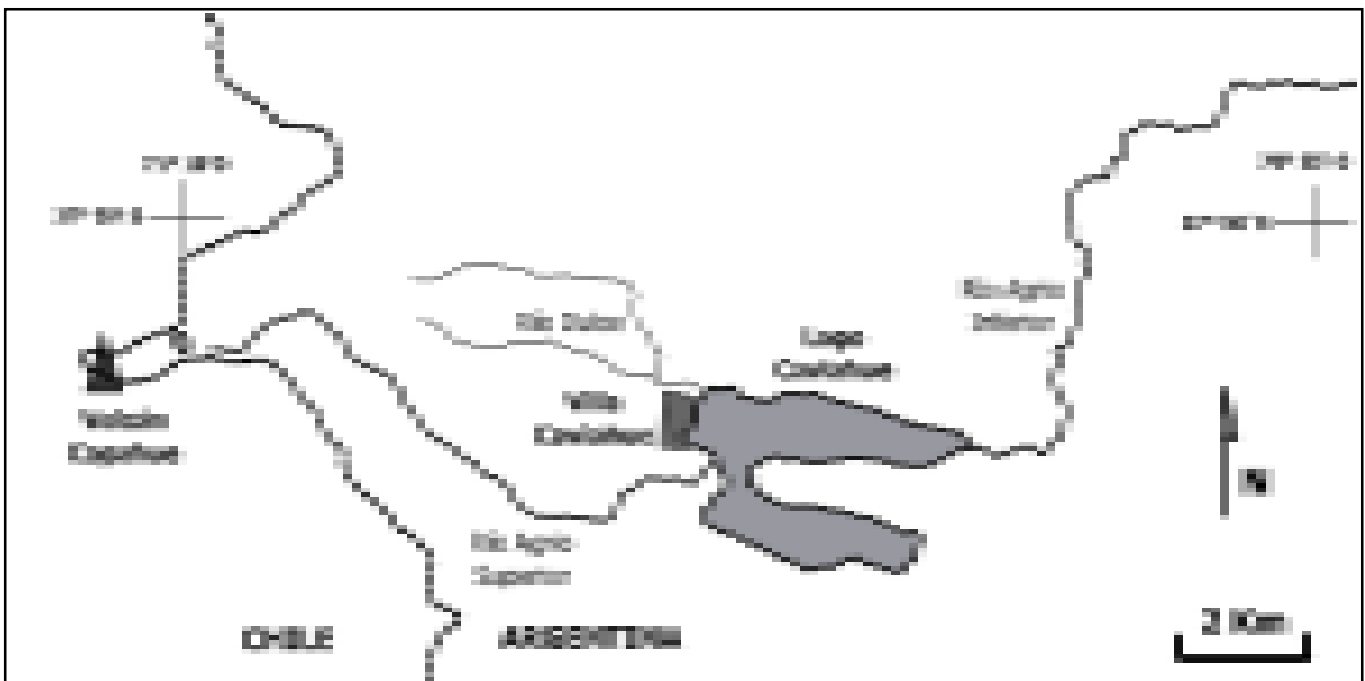


Figura 2: Croquis de localización del lago Caviahue.

Foto: S. Cooke



Figura 3: Vista del lago en invierno.

En sus nacientes, el río Agrio surge con un pH cercano a 1 y temperaturas de 80 °C, pero a lo largo de sus 13 kilómetros de recorrido se enfría y recibe el aporte de varios arroyos, por lo que llega al lago con un pH cercano a 2 y temperaturas comparables a otros ríos de montaña (en verano, 15-17 °C; en invierno, 4-5 °C). Debido a que el río nace en un volcán activo, posee una composición química especial constituida por una variada e importante cantidad de *iones* (como sulfatos, calcio, magnesio o potasio) y *metales pesados* (como cadmio, plomo o níquel). Como consecuencia de esta composición química, el agua tiene sabor ácido, de donde proviene el nombre que recibe el río. El lago, al estar alimentado por este río, presenta una composición química similar, lo que no permite que el agua sea potable para el consumo humano. Sin embargo, debido a esas mismas características químicas particulares, muchos especialistas sostienen que sus aguas tienen propiedades curativas en afecciones relacionadas con la piel y con las vías respiratorias. Por lo tanto, en la zona se desarrollaron centros de salud y baños termales (Centro de Balneoterapia en Termas de Copahue), los que constituyen una de las atracciones turísticas más importantes del lugar.

De la química a la biología

Las particularidades químicas del agua del lago, como lo son la gran acidez y las altas cantidades de iones y de metales pesados, hacen que sólo unos pocos seres vivos sean capaces de crecer y desarrollarse en este tipo de ambiente. Por tal razón, **las especies que encontramos presentan características especiales desde el punto de vista biológico**. Los muestreos que hemos realizado en este cuerpo de agua dieron como resultado la presencia de especies que sólo fueron encontradas en ambientes ácidos, así como también especies que posiblemente sean nuevas para la ciencia, debido a que no se han registrado en otros lugares con características similares.

El lago Caviahue ha sido considerado generalmente como un ambiente «sin vida», en base a haber sido comparado con otros lagos de la región patagónica, en los cuales es posible la pesca. Sin embargo, sus aguas están pobladas por numerosos organismos microscópicos (ver Figura 5).

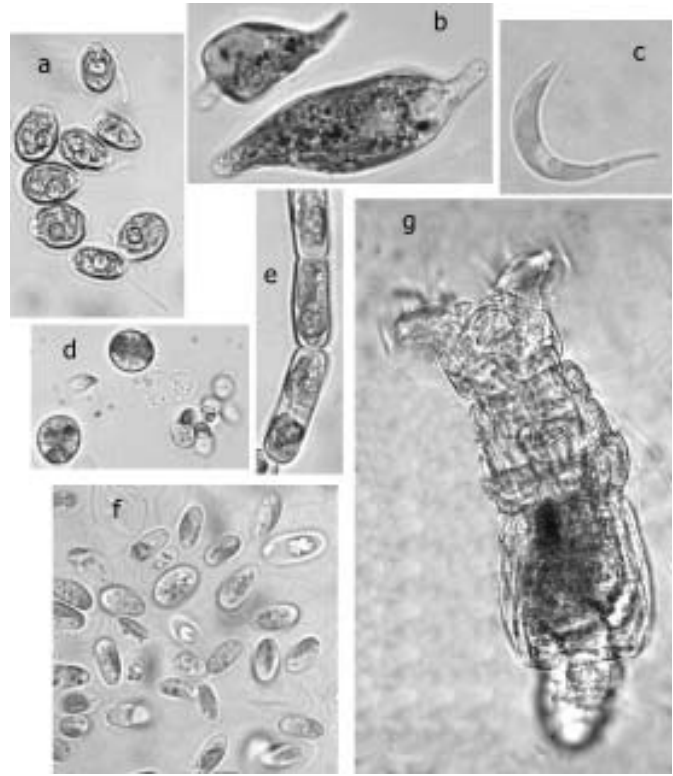
Su cadena alimenticia parece «pobre» ya que está constituida solamente por bacterias, unas pocas al-



Foto: G. Baffico

Figura 4: Río Agrio, volcán Copahue y bosque de araucarias.

Figura 5: Fotografías al microscopio de las algas (a-f) y el rotífero (g) que viven en el lago.
a) *Palmellopsis* sp., 0,008 mm de largo;
b) *Euglena mutabilis*, 0,1 mm de largo;
c) *Keratococcus* sp., 0,003 mm de ancho;
d) *Watanabea* sp., 0,01 mm de diámetro;
e) *Klebsormidium* sp., 0,015 mm de largo;
f) *Watanabea* sp., 0,005 mm de largo;
g) rotífero (*Phylodina* sp.), 0,5 mm de largo.



Fotos: G. Baffico

gas microscópicas y un animal microscópico, denominado *rotífero*. No se encuentran peces, insectos, caracoles, almejas, cangrejos ni plantas acuáticas, típicos en otros ambientes acuáticos de la región. Sin embargo, estos pocos seres vivos, capaces de crecer y desarrollarse en condiciones ambientales adversas, **presentan adaptaciones únicas y exclusivas** que resultan de gran interés para los científicos.

La fisiología y el metabolismo de los seres vivos que habitan el lago Caviahue son diferentes de los de otros organismos, como consecuencia de vivir en un entorno con gran acidez. En tal sentido, las especies que se encuentran en este tipo de ambiente debieron desarrollar formas de protección que les posibilitaran adaptarse a condiciones ambientales que para otros seres vivos resultarían intolerables. Por ejemplo, debieron desarrollar resistencia a la toxicidad de los metales pesados presentes en el agua, probablemente por la precipitación de estos metales en *organelas celulares* especializadas. Otros mecanismos de adaptación consistieron en desarrollar la posibilidad de producir enzimas capaces de funcionar en medio ácido o en desarrollar formas de aislamiento del medio externo que les permitieran realizar las reacciones bioquímicas internas a pH neutro. También debieron desarrollar

proteínas que no se degradaran por el bajo pH, entre otros recursos. Resulta entonces importante el estudio de estos organismos y su ambiente, en parte por la posible aplicación en procesos biotecnológicos (como ser la obtención de enzimas especiales para uso industrial), así como también en la investigación del origen de la vida en nuestro planeta, ya que algunos científicos piensan que cuando se originó la vida en la Tierra las condiciones ambientales eran ácidas.

Los efectos de las erupciones volcánicas

Por situarse en las proximidades de un volcán activo, el lago se ve afectado directamente por los eventos eruptivos del volcán Copahue, cuya última gran erupción ocurrió en julio del año 2000. En ese momento, las cenizas volcánicas emanadas se depositaron en el lago y en su trayecto hacia el fondo arrastraron componentes del plancton (bacterias, algas y animales microscópicos) disminuyendo el ingreso de luz al lago. Al finalizar los efectos eruptivos y luego de unos meses, las especies del plancton se recuperaron y quedó en el sedimento del fondo un depósito de ceniza y plancton que marca un registro en la



Foto: G. Baffico

Figura 6: Villa Caviahue, bosques de araucarias y volcán Copahue (al fondo) vistos desde el lago.

Origen de la vida

Si bien hay diversas teorías y explicaciones respecto del origen de la vida, una opinión extendida en el ámbito científico establece que la vida evolucionó de la materia inerte, en algún momento hace 3.500 a 4.000 millones de años atrás. Las condiciones de la tierra en ese momento eran muy diferentes a las actuales (por ejemplo, no había una atmósfera con oxígeno como la que conocemos), posibilitando la formación de compuestos orgánicos a partir de procesos inorgánicos. Experimentos realizados en laboratorio evidenciaron la formación de macromoléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas simples. La acumulación de moléculas orgánicas, en lo que se llama «caldo de cultivo

primitivo», habría permitido que surgiera la primera forma de vida, muy simple y diferente de todo lo que conocemos actualmente. Para la aparición de esta forma de vida se plantean diversas combinaciones de condiciones ambientales, que habrían posibilitado que ello ocurriera. Una de las condiciones que se hipotetizan es la de un ambiente **ácido** y con alta temperatura, similar a lo que se observa actualmente en las surgentes hidrotermales oceánicas submarinas de la corteza continental o en las zonas de surgentes de aguas termales producto de la actividad volcánica (por ejemplo, géiseres y fumarolas).



*Ciencia, Tecnología e Innovación al servicio de todos,
desde la Patagonia Argentina*



INIBIOMA



Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente

Convenios de Asistencia Técnica Institucional - Convenios de I+D+i - Estudios de Impacto Ambiental
Parques y Polos Tecnológicos - Servicios Tecnológicos de Alto Nivel - Investigadores y Becarios en Empresas

Quintral 1250 - San Carlos de Bariloche - Río Negro - Argentina - Tel. 02944 433040
www.comahue-conicet.gob.ar



Glosario

Cubeta: depresión del terreno ocupada por aguas permanentes o temporales y que constituye una cuenca cerrada.

Cuenca: territorio cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar.

Iones: un ion es un átomo o una agrupación de átomos que por pérdida o ganancia de uno o más electrones adquiere carga eléctrica. Si pierde electrones, tiene carga positiva y se llama catión, mientras que si gana electrones, tiene carga negativa y se denomina anión. En soluciones acuosas, los iones representan los elementos que contiene el agua y definen sus propiedades. Por ejemplo, en las botellas de agua mineral de consumo se enuncia la «composición mineral» del agua y se listan los iones que se encuentran disueltos en la misma (calcio, magnesio, bicarbonatos, sulfatos, etc.).

pH: es la medida de la acidez o alcalinidad de una solución y se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno. La escala de pH va desde 0 a 14 en soluciones acuosas, siendo 7 el valor que se llama neutro, los valores menores se llaman ácidos mientras que los mayores básicos o alcalinos. Por ejemplo, el jugo de limón tiene pH 2,5; el vinagre tiene pH 3; la leche tiene pH 6,5; el agua pura tiene pH 7; el agua de mar tiene pH 8 y la lavandina (hipoclorito de sodio) tiene pH 12,5.

Organelas celulares: dentro de esta denominación se incluye una serie de grandes formaciones intracelulares, como las mitocondrias, el retículo endoplasmático o, incluso, el núcleo mismo; casi todos ellos representan, de alguna forma, estructuras en las que, o bien una membrana es la base, o al menos es componente principal de ellas. En el caso de algunas organelas se ha definido claramente su papel funcional dentro de la célula, mientras que en otras apenas se empieza a conocer su significado fisiológico.

historia geológica de la región. El estudio de este tipo de registros (paleolimnología) permite conocer los procesos que ocurrieron en el pasado y las consecuencias que tuvieron sobre los lagos.

¿Cómo impacta el desarrollo urbano en esta particular zona?

La pequeña localidad de Caviahue, de 600 habitantes permanentes, ubicada sobre la costa oeste del lago (ver Figura 6), aumenta su población durante los meses de invierno y verano, cuando arriban numerosos turistas al centro de esquí y a los baños termales de Copahue (aproximadamente, 14.500 visitantes por año). El incremento en el número de personas deman-

da mayor cantidad de recursos (agua potable, energía eléctrica, alojamiento) y produce mayor cantidad de desechos. Hace unos años, las descargas cloacales se volcaban directamente al lago sin tratamiento previo, lo que no era bueno para mantener sus condiciones originales únicas. En la actualidad, se están realizando obras tendientes al tratamiento de los desechos urbanos antes de su ingreso al lago, para lograr su conservación.

Cuidar el presente, preservar el futuro

Las características únicas del lago Caviahue, como consecuencia de su historia geológica y de su presente ácido, sumadas a la existencia de organismos exclusivos, hacen que su importancia como objeto de preservación aumente y tenga aún mayor sentido su inclusión dentro de un Área Protegida. La conservación del lago en su condición natural posibilitará que los futuros estudios que se realicen nos permitan obtener mayor cantidad de información sobre este particular cuerpo de agua y sobre los organismos que lo habitan. Los residentes de Caviahue y los turistas que los visitan son afortunados en vivir y ser custodios de un área natural de características únicas en el país y posiblemente en el mundo.

Lecturas sugeridas

- Pedrozo, F., Kelly, L., Díaz, M., Temporetti, P., Baffico, G., Kringel, R., Friese, K., Mages, M., Geller, W. y Woelfl, S. (2001). First results on water chemistry, algae and trophic status of an andean acidic lake system of volcanic origin in Patagonia (Lake Caviahue). *Hydrobiologia*, 452, pp. 129-137.
- Pedrozo, F., Geller, W., Beamud, G., Woelfl, S., Díaz, M., Whitton, B., Wenzel, M., Kringel, R., Schimmele, M., Baffico, G., Temporetti, P. y Mages, M. (2002). The acidic waters of the Copahue crater - Agrio River - Lake Caviahue system (Patagonia, Argentina). *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 28, pp. 112-113.
- Beamud, S. G., Díaz, M. M. y Pedrozo, F. L. (2007). Summer phytoplankton composition and nitrogen limitation of the deep, naturally-acidic (pH~2.2) Lake Caviahue, Patagonia, Argentina. *Limnologica*. 37, pp. 37-48.