

# **Biodiversidad en las aguas del Iberá**

Alicia Susana Guadalupe Poi

COMPILADORA

Juan José Neiff - Andrés Cózar Cabañas - Bárbara Úbeda Sánchez  
Sylvina Lorena Casco - Santa Margarita Frutos  
Luciana Irene Gallardo - Romina Patricia Carnevali

AMBIENTES

● CIENCIA Y TÉCNICA

# Capítulo 1

## El agua de los esteros, lagunas y ríos

Alicia Susana Guadalupe Poi  
Juan José Neiff  
Sylvina Lorena Casco  
Bárbara Úbeda Sánchez  
Andrés Cózar Cabañas

### **1. INTRODUCCIÓN. ¿DÓNDE Y CÓMO ESTUDIAMOS LAS AGUAS DEL IBERÁ?**

Para estudiar las características de las aguas del Iberá, es necesario diferenciar entre ambientes de aguas quietas –lagunas y esteros–, donde los cambios ocurren en sentido vertical debido a la estratificación del agua en capas, y ambientes de aguas corrientes –lóticos–, en los cuales la circulación propicia la mezcla del agua.

Las mediciones se realizaron, entre febrero de 2007 y septiembre de 2009, en las lagunas Iberá, Luna, Galarza, Itatí y Paraná, en diferentes áreas de esteros, en los canales Miriñay e Isirí, y en la naciente del río Corriente (Figura 1). Años más tarde, en abril y noviembre de 2013, se adicionaron dos mediciones que corresponden a fechas posteriores a lluvias intensas que acumularon 451 mm y 283 mm, respectivamente, en 15 días.

El estudio comprendió el análisis de las alturas del nivel del agua en la laguna Iberá y de los registros de lluvia caída en Colonia Carlos Pellegrini –datos proporcionados por el personal de Guardaparques de la Reserva. En el laboratorio de química del Cecoal, se hizo la medición de la concentración de iones para la determinación de la salinidad por espectrofotometría de absorción atómica; la de nitritos, nitratos, amonio, fósforo total y fosfatos, por colorimetría; y la concentración de clorofila *a* fue medida por el método fluorométrico. Previamente, se concentraron las algas en suspensión –colectadas en botellas de 500 ml de agua– utilizando filtros de fibra de vidrio GF/C de 1,2 µm y la clorofila extraída, con acetona al 96%.

### **2. ASPECTOS DEL CLIMA Y LA TOPOGRAFÍA DEL IBERÁ**

Los Esteros del Iberá (Figura 2) están situados entre los 28° 36' 00" de latitud Sur y los 57° 49' 00" de latitud Oeste. El clima de esta zona es subtropical húmedo o termal, con temperaturas promedio entre 14-15 °C y 20-22 °C. Los inviernos son suaves con temperaturas mínimas absolutas que descienden a -2 °C, y veranos calurosos que llegan a 44 °C. Estas variaciones estacionales, como las diarias, indican que la amplitud térmica es

marcada. Las heladas son poco frecuentes en un ciclo anual y puede haber años en los cuales no se registran (Carnevali, 1994). Esto tiene una marcada influencia en la diversidad de la biota porque la superficie del agua no se congela, lo que permite la permanencia de numerosas especies vegetales y animales, aun en el invierno.

Las lluvias sobre el Iberá varían entre 1200 y 1700 mm anuales, y la estación seca se registra en invierno (Ferrati, Canziani y Ruiz Moreno, 2003). Durante años muy lluviosos o con sequías prolongadas, las precipitaciones tienen desvíos importantes respecto de estos valores promedio que son calculados a escala regional sobre largos períodos de tiempo. Es lo que ocurrió durante el evento El Niño-Oscilación del Sur (Enos) de 1997, cuando la lluvia anual llegó a 2800 mm, mientras que, durante el período seco, comprendido entre 1998 y 2009, hubo registros de solo 1083 mm anuales, según los datos de la Estación Experimental Agropecuaria del Inta Mercedes.

La humedad relativa del ambiente es de 70 a 75% y es aún mayor en el área de los esteros (Neiff y Neiff, 2013). Los días calmos son muy frecuentes, y el viento sopla con baja intensidad a una velocidad media comprendida entre 10 y 15 km/h. Han ocurrido tormentas con vientos de más de 100 km/h, aunque con muy baja frecuencia.

En cuanto a la topografía actual del Iberá, se explica por las fallas del subsuelo que han generado, en superficie, una depresión asimétrica (Orfeo y Neiff, 2008), más hundida y marcada hacia el sector oriental y muy suave en el sector occidental, donde se forman extensos bañados. Las grandes lagunas –Galarza, Luna e Iberá– (Figura 1) tienen forma subredondeada, con una superficie entre 15 y 86 km<sup>2</sup>, y se localizan en el sector más profundo de la depresión.

La falla Ituzaingó-La Paz, que divide a la provincia de Corrientes en dos grandes bloques, coincide con el límite Este de los Esteros del Iberá, y el borde elevado del bloque oriental es, a su vez, la divisoria de aguas en el territorio provincial. La similar inclinación de ambos bloques determina que el río Corriente reciba la mayor parte del agua superficial que sale de los esteros y la transporte hacia la margen izquierda del río Paraná.

En su recorrido de 247 km, el río Corriente atraviesa un paisaje plano con una pendiente menor a 20 cm/km. Por este motivo, los meandros (Figura 3) caracterizan el diseño de su cauce y el agua circula con variable velocidad.

La escasa pendiente media del Iberá determina flujos locales en diferentes direcciones entre lagunas y esteros, desplazamientos que dependen de la magnitud de las lluvias y del estado hidrológico del sistema. Lo más frecuente es que el agua de lluvia escurra por movimiento laminar –en capas horizontales que se mueven superficialmente– desde las lagunas a los esteros y, durante el período más pluvioso, desde los esteros perimetrales a las grandes lagunas.

Para analizar estos cambios que se producen en las lagunas a nivel del ecosistema, es preciso conocer también los esteros, porque constituyen lo que se podría llamar “dos caras de una misma moneda”. En efecto, en la circulación horizontal del agua, los esteros tienen una función muy importante porque retienen el agua de lluvia, almacenan el carbono y reducen la evapotranspiración. En este proceso, se pueden distinguir tres momentos:



**Figura 1.** Ambientes de los Esteros del Iberá

1. El agua proveniente de las lluvias locales se infiltra por gravedad.
2. Los suelos orgánicos del estero (*Histosoles*), por tener menor densidad que el agua, se despegan del suelo mineral subiendo hasta la superficie; fase en la que aún predomina el escurrimiento del agua sobre la superficie del estero.
3. Con el aumento de la columna de agua, la circulación se produce predominantemente por debajo del suelo orgánico, sobre el fondo, desde o hacia los canales –como por ejemplo el Miriñay, Horquilla y el Yacaré– y, en menor grado, en forma laminar en la superficie del estero.

La circulación vertical del agua hacia la atmósfera por la evaporación y evapotranspiración es muy importante, porque la gran extensión de agua de los Esteros del Iberá ejerce un efecto sobre el ciclo del agua a nivel local.

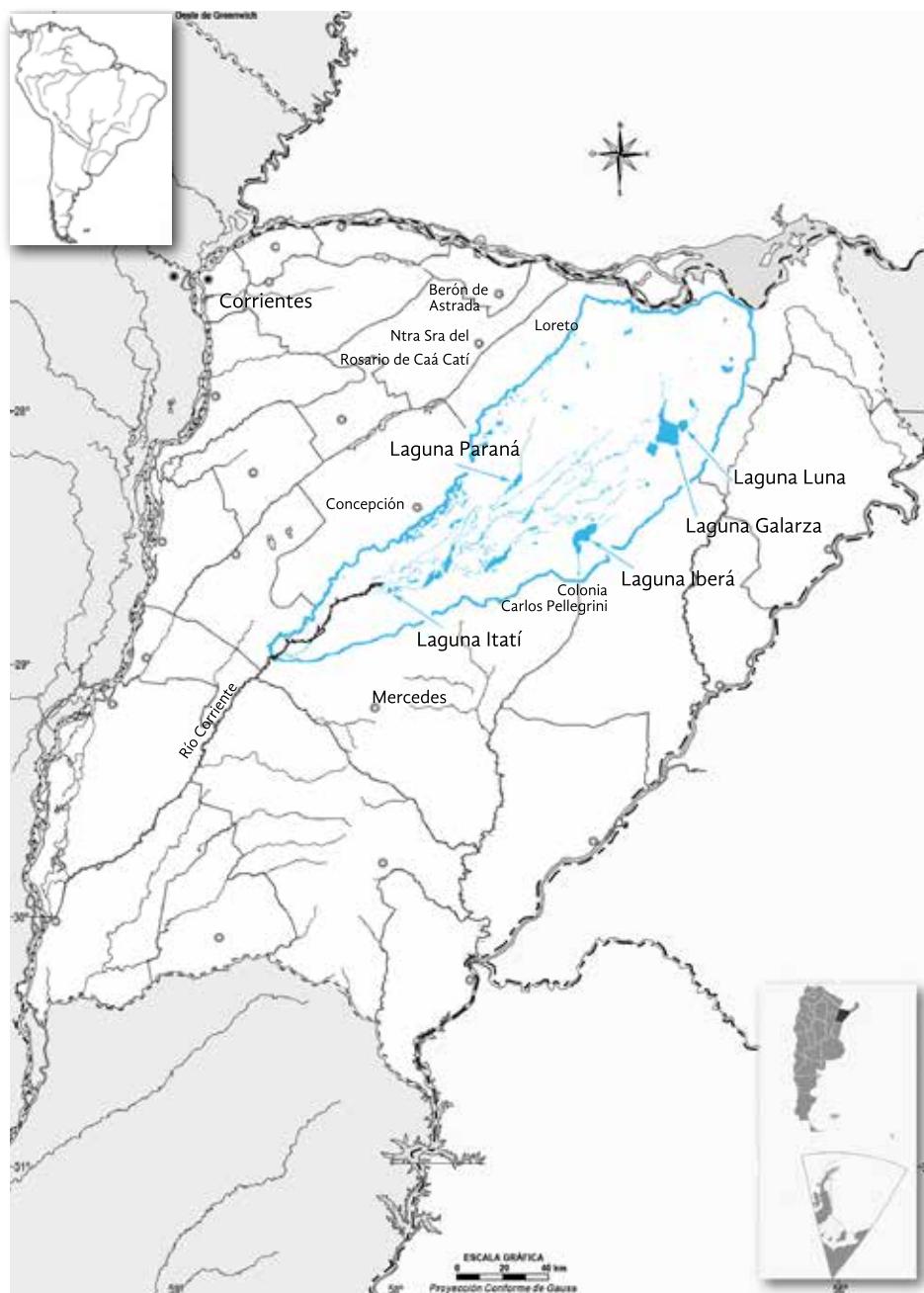
### **3. CARACTERIZACIÓN DEL IBERÁ: ¿PUEDE CONSIDERARSE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA?**

Una cuenca articula ambientes acuáticos de aguas quietas, como lagos o lagunas, con cursos de agua que, al ser vistos desde un satélite, adquieren la configuración semejante a la de un árbol. Las raíces de este *árbol* se corresponderían con la cuenca de captación, formada por ríos y arroyos de primero o de segundo orden, que termina reuniéndose en un curso mayor a manera de *tronco* del árbol que, en esta comparación, se corresponde con la cuenca de descarga y que, al menos en una cuenca típica, termina en un delta –*ramas del árbol*– donde el curso se bifurca en varios distributarios. El agua escurre con una dirección y un sentido determinados, desde las partes altas del paisaje hasta las zonas topográficamente más bajas, llegando a un río, o al mar, que representa el nivel cero o de equilibrio. La cuenca típica es, quizás, la menos común, puesto que hay tantos tipos de cuencas como sistemas hidrográficos.

Si bien es cierto que el Iberá posee lagunas, esteros, bañados, arroyos, ríos y otros elementos propios de una cuenca, estructural y funcionalmente no responde a la tipología de una cuenca hidrográfica, porque los flujos de agua no tienen dirección y sentido único en forma permanente. Más bien, responde a la tipología de los sistemas denominados *equipotenciales*, en los cuales los flujos se dan en distintos sentidos (desde los esteros a las lagunas y en forma inversa), según la cantidad y distribución de las lluvias, generándose variados flujos horizontales y verticales de agua. Es de vital importancia tener en cuenta estos movimientos para conocer la distribución de los organismos acuáticos en suspensión y, en el caso de producirse un evento de contaminación, para detectar la procedencia del contaminante.

### **4. LA CAPACIDAD DE AMORTIGUACIÓN DEL HUMEDAL**

Para comprender mejor la variación del clima local y la respuesta del humedal a las fluctuaciones en el nivel del agua, es necesario analizar una serie de tiempo de por lo



**Figura 2.** Ubicación de los Esteros del Iberá. Mapa: Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina, modificado por Belén Quiñonez.



**Figura 3.** Meandros en las nacientes del río Corriente, en el escenario de sequía (septiembre de 2009). Foto: Edwin Harvey.

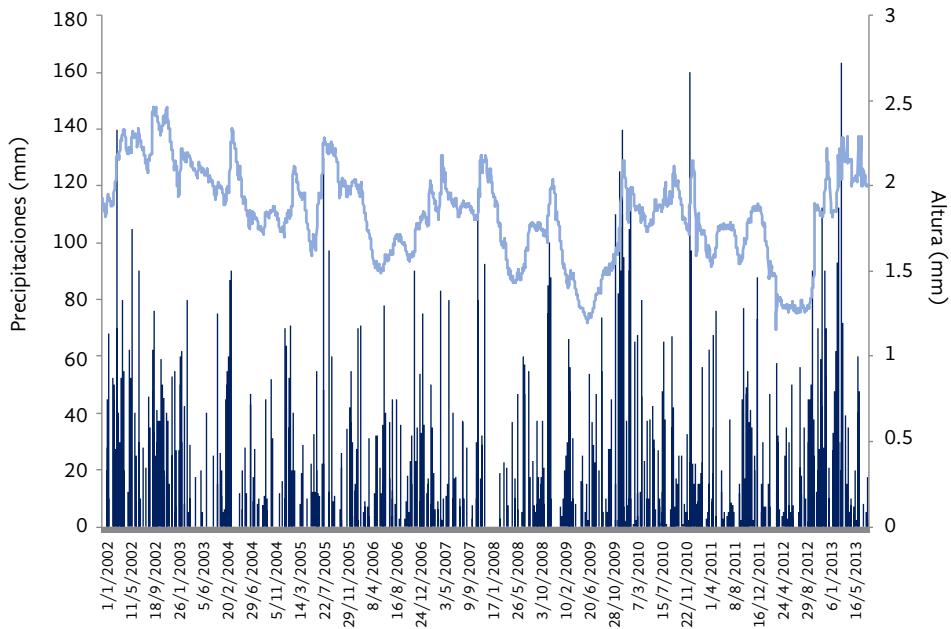
menos una década. La lluvia caída en Colonia Carlos Pellegrini, entre 2002 y 2013, según los registros tomados en la Reserva Natural Iberá, varió entre 887 mm anuales –en 2004– y 2339 mm –en 2002– (Figura 4).

Si bien cada año presenta sus particularidades, generalmente los meses más lluviosos son marzo, abril, octubre y noviembre y, solo en 2010 y 2011, los mayores registros se obtuvieron en diciembre. Entre marzo y comienzos de abril de 2013, las lluvias aportaron 825 mm, lo que representa casi el total anual de 2004 (Figuras 4 y 5). En 2009, las lluvias concentradas en noviembre alcanzaron el 35% de la media anual histórica.

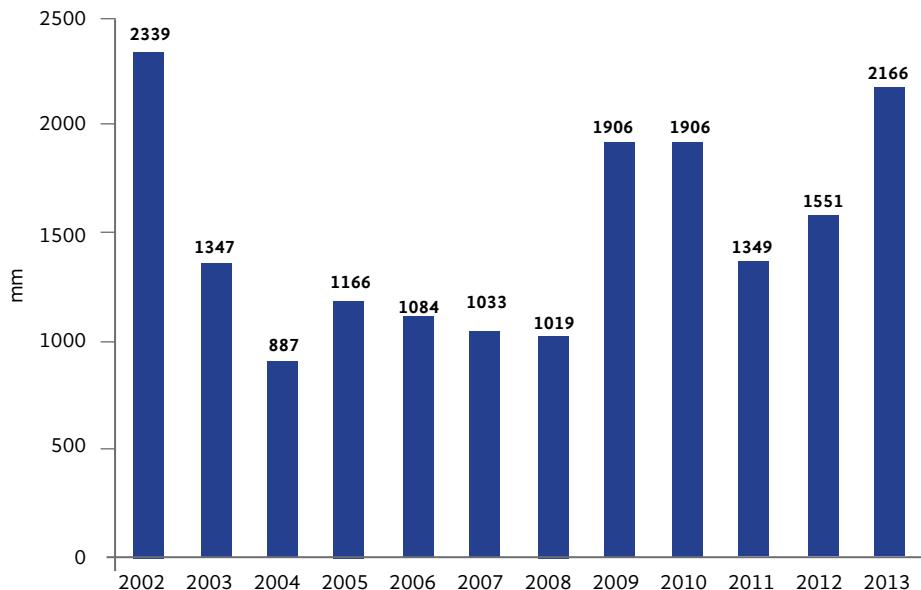
En la Figura 5 se aprecia una tendencia interanual de períodos más lluviosos que se alternan con períodos de varios años más secos. La variación de la intensidad entre ambas fases puede ser de 1:2 o de 1:3, según la longitud de la serie de tiempo considerada, y si bien no hay demasiada regularidad en la duración de las fases lluviosas y secas, generalmente se alternan cada 5 a 7 años.

Si se toman 2 años con distinta cantidad de precipitaciones, por ejemplo 2004 y 2013 (Figura 6), se aprecia que, con independencia de la cantidad de lluvias, la estacionalidad es marcada, con mayor concentración de precipitaciones desde mediados de octubre hasta finales de abril.

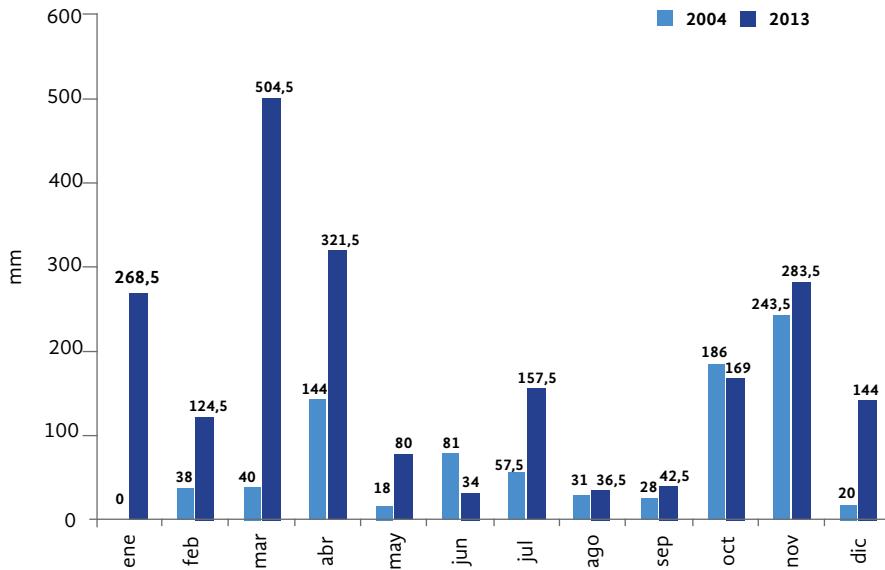
Otra característica interesante se relaciona con la respuesta del humedal ante lluvias de distinta torrencialidad (Figura 4). El nivel hidrométrico de la laguna Iberá tiene un incremento apreciable uno o dos días después de precipitaciones con monto diario de 120 mm o mayor. En cambio, son necesarias varias precipitaciones menores de 60 mm/día consecutivas para producir un incremento en el nivel del agua. Es preciso aclarar



**Figura 4.** Variaciones diarias de las precipitaciones en Colonia Carlos Pellegrini y de la altura hidrométrica de la laguna Iberá, desde enero de 2002 a diciembre de 2013.



**Figura 5.** Precipitación anual en Colonia Carlos Pellegrini, entre 2002 y 2013.



**Figura 6.** Precipitación mensual en Colonia Carlos Pellegrini, en condiciones extremas, durante un año de bajos aportes (2004) y en uno de lluvias torrenciales (2013).

que, en cada ciclo de lluvias, la curva hidrométrica de la laguna Iberá (Figura 4) no es simétrica, porque el descenso del nivel del agua es mucho más gradual que el incremento que se produce con el comienzo de la precipitación. En otras palabras, el agua desciende lentamente debido a la escasa pendiente del terreno y a la rugosidad natural del estero, dada por la vegetación palustre, donde predomina el escurrimiento laminar del agua superficial. Es por esto que la diferencia entre los niveles hidrométricos extremos de la laguna Iberá, 120 cm en mayo de 2009 y 229 cm en mayo de 2013, es de solo 109 cm en el período 2002-2013. Si la misma relación de extremos hidrométricos para la laguna Iberá se busca en la serie comprendida entre 1929 y 2013, la diferencia entre el máximo y el mínimo sigue siendo baja –189 cm– a pesar de que las lluvias variaron entre 890 mm y 2780 mm en los años extremos de la serie.

## 5. PARTICULARIDADES DE LAS AGUAS DEL IBERÁ

### 5.1. La temperatura del agua, sus efectos sobre el ecosistema

La temperatura del agua condiciona la vida de un ecosistema al influir en la velocidad de algunos procesos como la producción primaria, la descomposición de la materia orgánica y la solubilidad de los gases, en especial del oxígeno.

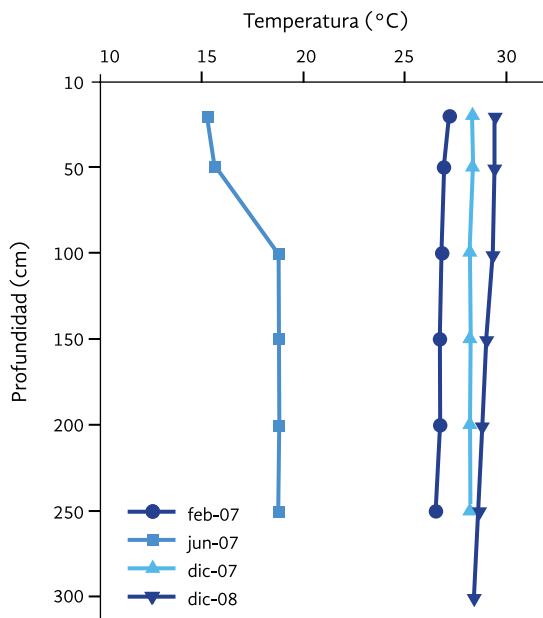
Un incremento de la temperatura en 10 °C duplica o triplica la velocidad de las reacciones –Regla de Van't Hoff–, lo que revela que la actividad de los organismos, por ejemplo, su respiración y diferentes reacciones químicas, como la oxidación de la materia orgánica, se aceleran en los ambientes tropicales y subtropicales respecto de los ambientes localizados en regiones de clima templado-frío.

Por estar bajo la influencia del clima subtropical, no se registran en el Iberá temperaturas extremas que pudieran limitar o retardar los principales procesos biológicos. Durante los muestreos realizados en el período 2006-2009, la temperatura del agua en los esteros (Tabla 1) varió entre 8,6 °C –junio de 2007– y 33 °C –diciembre de 2007. Las lagunas y cursos de agua corriente tuvieron, en muestreos simultáneos, rangos más estrechos de variación (Tablas 1 y 2). La amplitud térmica diaria y anual de la temperatura del agua es

**Tabla 1.** Promedio y rango de variación de las principales variables utilizadas para describir las condiciones físicas y químicas del agua de los esteros, canales y del río Corriente, entre febrero de 2007 y septiembre de 2009. La información de los esteros corresponde al promedio de los datos tomados en zonas donde el agua circula entre esteros, como el valetón de la laguna Galarza, la estación Horquilla y Laurel Ti, los esteros de la laguna Iberá, el arroyo Carambola (cercano a la laguna Paraná) y el arroyo Yacaré, en proximidades de la laguna Galarza.

	ESTEROS	CANAL ISIRÍ	CANAL MIRIÑAY	RÍO CORRIENTE
Temperatura (°C)	22,77 ± 8,44 8,6-33	22,24 ± 6,96 11-30,8	22,01 ± 5,060 16,2-29,4	20,82 ± 7,38 11,8-28,6
Oxígeno disuelto (mg/l)	3,76 ± 2,41 0,23-8,42	7,88 ± 0,86 7,04-9,62	2,11 ± 1,97 0,42-5,9	7,21 ± 3,18 5,4-8,17
pH	5,84 ± 0,61 4,7-7,01	6,27 ± 0,70 5,36-7,25	5,68 ± 0,41 5-6,12	6,28 ± 0,63 5,39-7,34
Conductividad (µS/cm)	21,05 ± 12,83 7-66	15,8 ± 11,2 7-35	24,2 ± 5,7 15-35	121,6 ± 145,7 36-414
Transparencia (m)	1,04 ± 0,57 0,17-1,8	0,51 ± 0,33 0,32-1,17	0,77 ± 0,22 0,57-1,22	1,86 ± 0,97 0,8-3,12
Fósforo total (µg/l)	43,96 ± 57,63 10-250	39,51 ± 29,42 10-100	29,51 ± 11,22 12,8-38,8	25,47 ± 7,38 16-28
Nitrógeno total (µg/l)	152,59 ± 178,51 10-780	79,17 ± 81,45 nd-175	50 ± 56,65 5-160	45,4 ± 7,38 nd-137
Clorofila a (µg/l)	14,07 ± 11,25 nd-45	7,08 ± 4,005 nd-15	7 ± 2,44 nd-10	5 ± 0 nd-5

### Laguna Iberá. Estación Sur

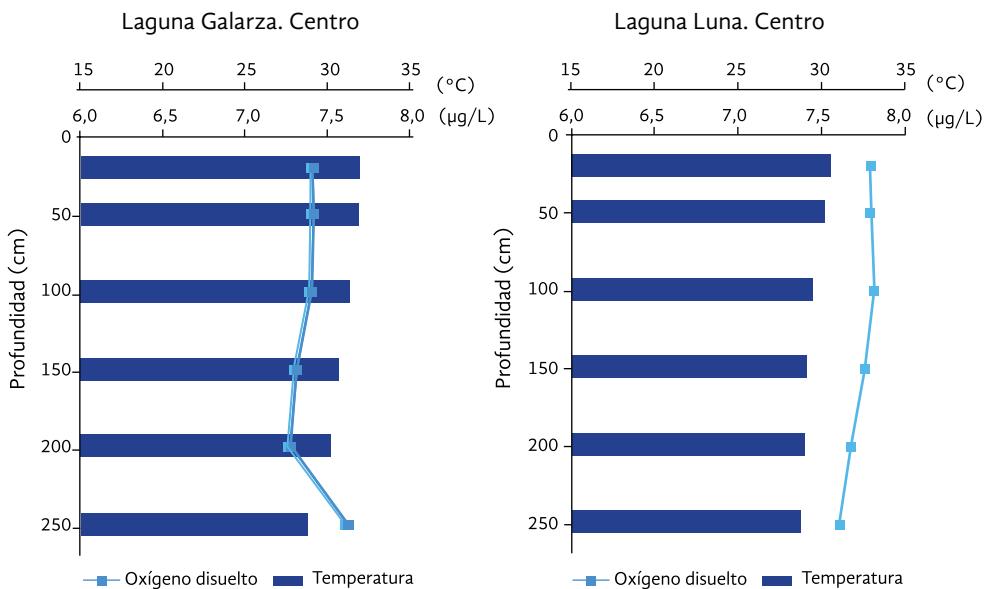


**Figura 7.** Perfil vertical de la tempertura del agua en la laguna Iberá registrado en distintas épocas del año

siempre muy inferior a la amplitud térmica de la temperatura del aire. Esto se debe a la inercia calórica del agua, por lo que se requiere mucha energía –una caloría– para elevar un grado la temperatura, en el intervalo de 14,5 °C a 15,5 °C y a la presión de una atmósfera.

En las regiones templadas-frías con lagos muy profundos e inviernos rigurosos, las capas superficiales se calientan en el verano en tanto que, a mayor profundidad, el agua permanece fría. En un perfil vertical, estos estratos pueden permanecer meses o años porque el agua cálida es más ligera –menos densa que el agua fría a temperaturas por encima de 4 °C–. En la laguna Iberá, las diferencias entre la superficie y el fondo son apenas perceptibles durante el verano, mientras que en invierno son más acentuadas (Figura 7). En el área central de las lagunas Galarza y Luna (Figuras 8 y 9) se registraron diferencias de dos grados en cada perfil vertical, en diciembre de 2007. En los lagos tropicales y subtropicales –que presentan escasa profundidad– existe poca variación en el perfil vertical de la temperatura y, en algunos de ellos, el viento facilita la mezcla del agua.

Sin embargo, en las áreas con densas praderas de plantas sumergidas de la laguna Iberá se apreciaron diferencias en la temperatura entre la superficie y el fondo de hasta 4 °C, dependiendo de la hora del muestreo (Figura 9). Esto es debido a que la vegetación reduce la circulación horizontal y vertical del agua e interfiere con la penetración de la luz.



**Figura 8.** Perfil vertical de temperatura (barras horizontales) y oxígeno disuelto (cuadrados) registrados en la laguna Galarza, en verano (diciembre 2007).

**Figura 9.** Perfil vertical de temperatura (barras horizontales) y oxígeno disuelto (cuadrados) registrados en la laguna Luna, en verano (diciembre 2007).

## 5.2. El oxígeno en las aguas del Iberá

El aire contiene 21% de oxígeno y la cantidad que se solubiliza en el agua está regulada fundamentalmente por la temperatura. La solubilidad disminuye cuando aumenta la temperatura, y esta relación inversa permite generalizar que el agua fría puede absorber más gas disuelto que el agua cálida<sup>1</sup> (Wetzel, 1981).

Las plantas acuáticas vasculares y las algas liberan oxígeno al agua durante el proceso de la fotosíntesis, mientras que el consumo es debido a la respiración, la descomposición de la materia orgánica y otras reacciones químicas (Esteves, 2011).

En general, el agua de las grandes lagunas como Iberá, Luna y Galarza presentó buenas condiciones de oxígeno para la vida acuática. Los valores promedio estuvieron próximos a la saturación, que es el máximo valor de oxígeno que se puede disolver en el agua a la temperatura en el momento de la medición (Tabla 2). Los registros se tomaron

1. La concentración del oxígeno disuelto en el medio líquido se mide con un oxímetro polarográfico y se expresa en miligramos por litro de agua (mg/l).

entre las 10 y las 14, horario en el cual las algas y las plantas sumergidas liberan al agua el oxígeno producto de la fotosíntesis. Sin embargo, en primavera y verano de 2007, en algunos sectores de las lagunas Iberá y Luna, se registraron ocasionalmente valores inferiores a 3 mg/l (Tabla 2), debido al ingreso del agua de los esteros perimetrales, a través del canal Miriñay y del canal Caenguá, respectivamente.

En las lagunas Itatí y Paraná, la concentración de oxígeno promedio fue menor respecto de las grandes lagunas (Tabla 2). Los perfiles verticales indicaron escasas diferencias entre la superficie y el fondo (Figuras 7, 8 y 9) en el área central de las lagunas. Por el contrario, en las zonas con vegetación sumergida, el oxígeno disuelto disminuyó después de los 50 cm de profundidad (Figura 10).

En los esteros, donde la circulación del agua es escasa y la concentración de materia orgánica es alta, se registraron muy bajas concentraciones de oxígeno. El valor promedio más frecuente estuvo cercano a los 3 mg/l, aunque existieron registros puntuales aún inferiores (Tabla 1). Estos valores bajos se deben, principalmente, al consumo del oxígeno disuelto en el agua durante el proceso de descomposición de la materia orgánica.

Los cursos de agua, como el río Corriente y el canal Isirí, presentaron muy buena circulación del agua y moderada velocidad de la corriente; por lo tanto, los valores de oxígeno promedio fueron superiores a 7 mg/l y los mínimos absolutos, superiores a 5,4 mg/l (Tabla 1). El canal Miriñay, que atraviesa los esteros perimetrales de la laguna Iberá, tuvo 2,11 mg/l de oxígeno disuelto en promedio (Tabla 1).

### **5.3. Oscuras y transparentes: el color de las aguas del Iberá**

El agua que proviene de los esteros es de color castaño oscuro porque contiene ácidos húmicos producto de la descomposición de la materia orgánica, con alto contenido en lignina proveniente de las plantas palustres. A pesar de su color, el agua del Iberá es transparente. Un plato blanco sumergido con una cuerda (disco de Secchi) puede dejar de verse a más de 1 m de profundidad. Durante el período 2007-2009, la transparencia del agua fue muy variable, con los valores más altos para el río Corriente y las lagunas Paraná e Itatí respecto de las grandes lagunas (Tablas 1 y 2). En las áreas de esteros, la medida promedio del disco de Secchi fue cercana a 1 m.

### **5.4. Aguas ácidas y con pocas sales**

La presencia de ácidos húmicos tiene influencia en la acidez del agua, que se mide indirectamente por el valor del pH. La respiración de los organismos heterotróficos –que utilizan la materia orgánica sintetizada por otros organismos– produce dióxido de carbono, lo que también influye en la acidez del agua, indicada por la disminución del pH. Por este motivo, el agua es más ácida en los esteros que en las lagunas con un valor promedio de 5,84 (Tabla 1) para el período 2007 y 2009 (Tabla 1). En cambio, el pH promedio de las lagunas del Iberá estuvo más cerca del punto neutro (7 unidades, Tabla 2), aunque cuando el agua circuló desde los esteros a las lagunas se registraron valores más bajos.

Los datos de pH corresponden a mediciones tomadas en horario diurno, entre las 10 y las 14, con un peachímetro digital. En las áreas vegetadas y con abundancia de algas

**Tabla 2.** Promedio y rango de variación de las principales variables utilizadas para describir las condiciones físicas y químicas del agua de las lagunas del sistema Iberá, entre febrero de 2007 y septiembre de 2009. Los datos de la laguna Iberá corresponden al promedio de tres estaciones de muestreo (Sur, Piedraplén y Norte) y los de la laguna Galarza, al promedio de las estaciones Centro y Manga.

	IBERÁ	GALARZA	LUNA	PARANÁ E ITATÍ
Temperatura (°C)	$21,39 \pm 5,75$ 13,5-29,4	$23,27 \pm 6,39$ 12,4-32	$23,49 \pm 7,06$ 11,3-32,9	$22,74 \pm 7,06$ 11,3-30,2
Oxígeno disuelto (mg/l)	$7,84 \pm 1,36$ 2,31-8,99	$7,60 \pm 0,68$ 6,25-8,63	$6,42 \pm 2,95$ 0,35-10,41	$4,9 \pm 2,58$ 0,17-7,3
pH	$6,69 \pm 0,73$ 5,64-8,15	$6,43 \pm 0,57$ 5,4-7,42	$6,26 \pm 0,81$ 4,95-7,32	$6,41 \pm 0,73$ 5,34-7,4
Conductividad (µS/cm)	$19,71 \pm 9,27$ 6-57	$16,4 \pm 10,4$ 7-36	$14,19 \pm 6,32$ 9-28	$66,25 \pm 45,41$ 26-138
Transparencia (m)	$0,50 \pm 0,23$ 0,22-0,98	$0,76 \pm 0,33$ 0,295-1,32	$0,66 \pm 0,46$ 0,25-2	$1,54 \pm 0,65$ 0,68-2,5
Fósforo total (µg/l)	$25,17 \pm 9,78$ 12-49	$18,78 \pm 6,68$ 9,6-26	$28,4 \pm 13,96$ 10-62,5	$20,68 \pm 9,08$ 9,5-30
Nitrógeno total (µg/l)	$71,2 \pm 98,6$ nd-380	$68,1 \pm 94,4$ nd-270	$76,9 \pm 66,5$ nd-205	$71,83 \pm 73,35$ 5-145
Clorofila <i>a</i> (µg/l)	$14,3 \pm 12,2$ nd-45	$5,63 \pm 1,77$ nd-10	$7,23 \pm 5,96$ nd-25	$3,77 \pm 2,14$ nd-1,3

o de plantas sumergidas, los procesos de fotosíntesis y respiración pueden tener mucha influencia sobre el pH en un ciclo diario. Cuando el pH del agua es ácido, algunas especies de algas verdes de la familia Desmidaceae se ven favorecidas y tienen gran variedad de formas respecto de otras algas –como ha ocurrido en el plancton del Iberá– por su capacidad para utilizar el dióxido de carbono libre en el proceso de la fotosíntesis.

La salinidad del agua se mide, generalmente, de forma indirecta a través de la conductividad eléctrica, es decir, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica, que

es un indicador simple de la salinidad total<sup>2</sup>. En las grandes lagunas, como Iberá, Luna y Galarza, la conductividad fue más baja –entre 6 y 57  $\mu\text{S}/\text{cm}$ – que en las lagunas Itatí y Paraná (Tabla 2). En los esteros, el rango de variación también fue amplio, entre 7 y 66  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabla 1), lo que se relaciona con el efecto de dilución –menor salinidad después de las lluvias– y concentración durante el período de sequía prolongada. Los valores más elevados para el sistema –entre 36 y 414  $\mu\text{S}/\text{cm}$ – se registraron en el río Corriente (Tabla 1), el cual recibe agua del lavado de los terrenos perimetrales elevados, que tienen suelos salinos.

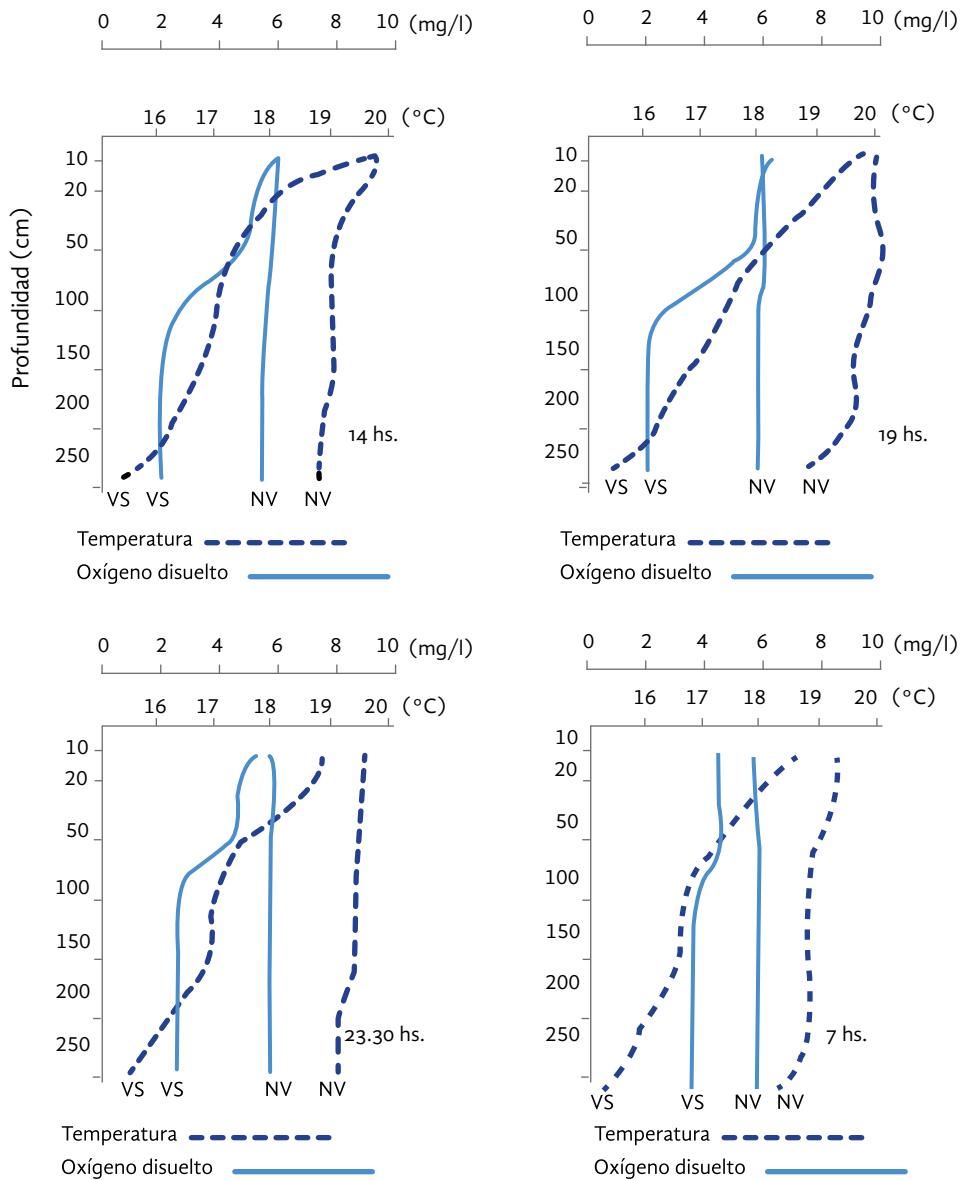
La salinidad total del agua puede estimarse por la suma de la concentración de cada uno de los 8 iones mayoritarios: cationes calcio, magnesio, sodio y potasio, y aniones bicarbonato, carbonato, sulfato y cloruro. Las aguas de las grandes lagunas se caracterizan por su baja salinidad, con valores que oscilaron entre 19,4 y 34,1 mg/l. En la mayoría de los muestreos realizados, las concentraciones de calcio fueron inferiores a 1 mg/l. Los registros mínimos de salinidad y conductividad de las aguas de las lagunas y esteros del Iberá se posicionan entre los más bajos a escala mundial.

### 5.5. Los nutrientes en las aguas del Iberá

Los nutrientes esenciales para plantas y animales son el nitrógeno y el fósforo. El nitrógeno, expresado como la suma de las formas inorgánicas (amonio, nitrato y nitrito), tuvo concentraciones promedio inferiores a 77  $\mu\text{g}/\text{l}$  en las lagunas (Tabla 2) y cercanas a 179  $\mu\text{g}/\text{l}$  en los esteros (Tabla 1). Un caso especial fue la laguna Iberá que, en diciembre de 2007, tuvo altas concentraciones de nitrógeno en las tres estaciones de muestreo, con un máximo de 380  $\mu\text{g}/\text{l}$ . En cambio, la concentración de fósforo total fue generalmente menor a 30  $\mu\text{g}/\text{l}$  en las lagunas y a 44  $\mu\text{g}/\text{l}$  en los esteros, como valor promedio (Tablas 1 y 2). La concentración de clorofila *a* (Tablas 1 y 2), como indicadora de la biomasa de las algas que se desarrollan en suspensión en el agua, varió entre no detectable y menor a 25  $\mu\text{g}/\text{l}$ , con excepción de la laguna Iberá, donde se registraron concentraciones de hasta 45  $\mu\text{g}/\text{l}$ . En la laguna Iberá, a su vez, se observó una proliferación rápida y excesiva de una especie de alga verde-azulada –*Cylindrospermopsis raciborskii*– que invade aguas cálidas. La aparición de un súbito incremento de la biomasa de algas, frecuentemente, se asocia a la fertilización artificial de las aguas, proceso denominado eutrofización.

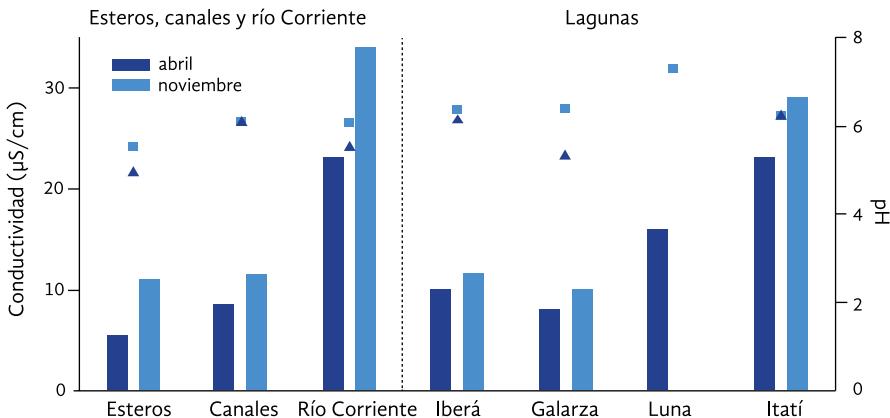
De acuerdo con los valores límite fijados por la normativa internacional de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Ryding y Rast, 1992; Tundisi y Matsumura, 2008), la laguna Iberá puede ser categorizada como eutrófica si atendemos a la concentración promedio y máxima de clorofila *a* registradas en el período de sequía prolongada. Al prestar atención al contenido promedio de fósforo total en el agua, se observa que se encuentra en el límite entre mesotrofia y eutrofia. Esto indica una tendencia de la laguna Iberá al incremento de nutrientes, lo cual determina un aumento de la biomasa de algas, que no fue registrada en otras grandes lagunas como Galarza y Luna.

2. El valor de conductividad representa el contenido de electrolitos y se mide en microsiemens ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) con un conductímetro digital.



VS: vegetación sumergida. NV: no vegetada.

**Figura 10.** Perfiles verticales diarios de temperatura y oxígeno disuelto en el agua, en la laguna Iberá, en áreas no vegetadas y en áreas con vegetación sumergida.

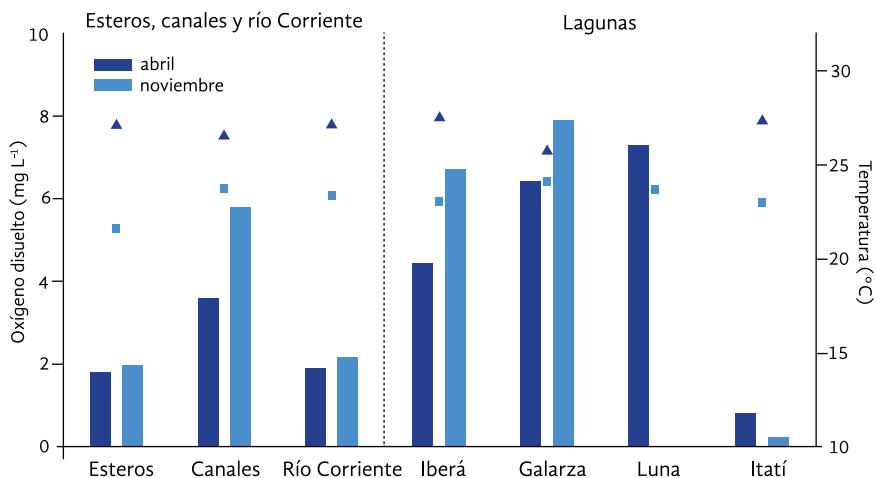


**Figura 11.** Variaciones promedio de la conductividad eléctrica (barras verticales,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y el pH (triángulos y cuadrados) registradas en los esteros, canales y en el río Corriente (izquierda), y en lagunas del Iberá (derecha), durante otoño y primavera de 2013.

Tras episodios de lluvias torrenciales concentrados en un corto período de tiempo, como las registradas en abril y noviembre de 2013, se detectaron importantes cambios en las condiciones físico-químicas del agua. La circulación desde las áreas de esteros a las lagunas por los canales determinó que el agua fuera ácida en todo el sistema, incluyendo las grandes lagunas y el río Corriente, como se aprecia en la Figura 11. La conductividad eléctrica fue muy baja en las grandes lagunas –Iberá, Luna y Galarza–, y en los esteros y canales con valores comprendidos entre 8 y 16  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 11). La laguna Itatí y el río Corriente presentaron en ambos muestreos valores muy semejantes de conductividad, así como en las restantes variables físico-químicas del agua.

Otra característica después de lluvias intensas fue la baja concentración de oxígeno disuelto (Figura 12) respecto de los registros que se presentan en la Tabla 2 para el período 2007-2009 y de los históricos (Poi de Neiff, 2003). Este hecho fue más notorio en las lagunas Iberá e Itatí, y en el río Corriente. En las nacientes de este curso de agua, el aumento del nivel del agua anegó zonas previamente secas donde, incluso, se realizaba cría de ganado y la descomposición de la materia orgánica generó el consumo del oxígeno, cuya concentración disminuyó a 1,89 y 2,14 mg/l. Concentraciones de esta magnitud son desfavorables para los peces que, a través de sus branquias, toman el oxígeno disuelto en el agua necesario para la respiración. A pesar de ello, no se observaron peces muertos, pero los pescadores debían descender varios kilómetros río abajo –donde las condiciones del oxígeno mejoraban– para su captura.

Existen pocos antecedentes que informen de valores tan bajos para ríos no afectados por la acción del hombre debido a que la circulación del agua promueve la difusión del oxígeno del aire y facilita su solubilidad, por lo que frecuentemente se citan valores



**Figura 12.** Variaciones promedio del oxígeno disuelto (barras verticales, mg/l) y de la temperatura del agua (triángulos y cuadrados) registradas en los esteros, canales y en el río Corriente (izquierda), y en lagunas del Iberá (derecha), durante otoño y primavera de 2013.

próximos a la saturación. En la literatura contemporánea se ha registrado anoxia, es decir, la desaparición del oxígeno en el agua, en el cauce principal del río Paraguay, en las cercanías de Corumbá, debido al aumento brusco del nivel del río Paraguay, en el Puerto de Ladario, lo que produjo la muerte de las plantas acuáticas de la zona litoral (Hamilton, Sippel, Calheiros y Melack, 1997) y el consumo de oxígeno durante la descomposición de la vegetación.

El Iberá nos permite conocer una situación única en las aguas superficiales de la Argentina y con pocos ejemplos en Sudamérica: el agua de las lluvias, casi pura, con escasos nutrientes, permite el crecimiento de una exuberante vegetación que produce una cantidad de materia orgánica semejante o superior a la que tienen los cultivos de tierra firme. Esta materia orgánica, que se descompone lentamente en los esteros, es transferida a las lagunas y finalmente al río Corriente, y condiciona las diferencias en las características del agua: cambia el color, la acidifica, consume el oxígeno disuelto en el agua y genera el desplazamiento de los peces al promediar el período de lluvias intensas. En períodos de pocas lluvias, el agua tiene menor circulación horizontal y cada parte de la geografía del Iberá (lagunas, esteros, arroyos) puede tener aguas diferentes. La cantidad de lluvias y el tiempo que el agua permanece en contacto con la materia orgánica en descomposición imponen una tipología diferente a las aguas, las cuales hace diez mil años eran semejantes a las del río Paraná.

## SÍNTESIS

El agua de los esteros es transparente, ácida y de color castaño oscuro; el oxígeno disuelto puede agotarse y su salinidad es variable. El agua de las lagunas también es transparente, tiene buenas condiciones de oxígeno disuelto, muy baja salinidad y bajo contenido de nutrientes esenciales. La escasa pendiente del Iberá determina flujos en diferentes direcciones entre lagunas y esteros, dependiendo de la magnitud de las precipitaciones y del estado hidrológico del sistema. Los cambios en las condiciones del agua están estrechamente vinculados a las lluvias locales. En el escenario caracterizado por sequías, se produce una disminución del volumen de los cuerpos de agua respecto del escenario de referencia. El efecto es más notorio en la laguna Iberá donde aumenta la concentración de nutrientes y la biomasa de algas, lo que no ocurre en las otras grandes lagunas del sistema.

Tanto en las lagunas como en el río Corriente, las lluvias torrenciales que ocurrieron después del prolongado período de sequía ocasionaron nuevos cambios – por efecto de dilución– disminuyendo la salinidad del agua. La circulación del agua desde las áreas de esteros a las lagunas a través de los canales determina que el agua sea ácida y con bajo contenido en nutrientes esenciales. Otra característica del agua después de lluvias intensas es la baja concentración de oxígeno disuelto respecto de los registros previos, fenómeno que se manifiesta –inclusive– en las nacientes del río Corriente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Carnevali, R. (1994). *Fitogeografía de la Provincia de Corrientes*. Corrientes: Inta Gobierno de Corrientes, p. 324.
- Esteves, F.A. (2011). *Fundamentos de Limnología*. Río de Janeiro: Editora Interciência/Finep, p. 575.
- González Bernáldez, F. (1981). *Ecología y Paisaje*. Madrid: Ed. Blume, p. 250.
- Ferrati, R., Canziani, G. y Ruiz Moreno, D. (2003). "Caracterización hidrometeorológica e hidrológica del Sistema Iberá". En Canziani, G., Rossi, C., Loiselle, S., Ferrati, R. (eds.) *El Manejo sustentable de Humedales del Mercosur* (pp. 83-101). Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Hamilton, S.K., Sippel, S.J., Calheiros, D. y Melack, J.M. (1997). "An anoxic event and other biogeochemical effects of the Pantanal wetland on the Paraguay River". *Limnology and Oceanography*, 42, 257-272.
- Neiff, J.J. (2001). "Diversity in some tropical wetland systems of South America". En Gopal, B., Junk, W.J. y Davis, J.A. (eds.) *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*, Vol. II (pp. 157-186). Holanda: Backhuys Publ. Leiden.
- Neiff, J.J. y Neiff, M. (2013). "Evaluación de los impactos del cambio climático sobre el ecosistema natural y la biodiversidad Esteros del Iberá (Argentina)". Serie *Medio Ambiente y Desarrollo*, 152, 1-59. Chile: Cepal - Naciones Unidas.
- Neiff, J.J. (2004). *El Iberá... en peligro?* Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina, p. 136.
- Neiff, J.J., Casco, S.L., Cózar Cabañas, A., Poi de Neiff, A. y Úbeda, B. (2011). "Vegetation diversity in a large Neotropical wetland during two different climatic scenarios". *Biodiversity & Conservation*, 20, 2007-2025.
- Orfeo, O. y Neiff, J.J. (2008). "Esteros del Iberá: un enorme laboratorio a cielo abierto. En Sitios de interés geológico de la República Argentina". *Anales* 46 (1), 415-425. Buenos Aires: Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Mineiro Argentino, ed. Csiga.
- Poi de Neiff, A. (ed.) (2003). *Limnología del Iberá. Aspectos físicos, químicos y biológicos de las aguas*. Corrientes: Eudene, p. 191.
- Ryding, S.O. y Rast, W. (1992). *El control de la eutrofización en lagos y pantanos*. Madrid: Ed. Pirámide/Unesco, p. 375.
- Tundisi, J.G. y Matsumura, T. (2008). *Limnología*. San Pablo: Oficina de textos, p. 631.
- Wetzel, R.G. (1981). *Limnología*. Barcelona: Ediciones Omega, p. 679.