

CARACTERIZACION ÓPTICA DE LAS LAGUNAS SAUCE GRANDE Y CHASICÓ (PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

V. Y. Bohn^(1,2), M. C. Piccolo^(1,2), G. M. E. Perillo^(1,3),
P. D. Pratolongo^(1,4) y C. F. Fornerón^(1,2)

1. CONICET - Instituto Argentino de Oceanografía (IADO)
CC 804 B8000FWB Bahía Blanca, Argentina - Tel: (54-291) 486-1112/1519
Fax: (54-291) 486-1112/1519
2. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS)
12 de octubre y San Juan. 4º Piso. 8000 Bahía Blanca, Argentina.
3. Departamento de Geología, UNS. San Juan 670. 1er. Piso. 8000 Bahía Blanca, Argentina
4. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, UNS. San Juan 670. 2º Piso. 8000. Bahía Blanca, Argentina
vbohn@criba.edu.ar

ABSTRACT. The aim of this work was to evaluate the optical characteristics and the physical and chemical parameters in order to determine zones in the Sauce Grande and Chasicó shallow lakes (Buenos Aires province). A portable spectroradiometer was used to obtain the reflectance spectra. The measurements were done in February, 2010. The chlorophyll-*a* values were obtained in laboratory from surface-derived water samples. A multiparameter probe was used to obtain the *in situ* parameters. Water transparency was estimated using a Secchi disc. As a result from the statistical analysis by the spectral signature from water, 3 zones were obtained in every lake. In Chasicó lake, the zone 1 represented the center-south area in the lake; the zone 2 was coincident with the NW in the lake whereas the zone 3 was related to the Chasicó river mouth. In Sauce Grande shallow lake, the subzones represented: the NNE area in the lake (zone 1); E and SE of the water body (zone 2) and the Sauce Grande river mouth (zone 3). The maximum depth in the Chasicó lake was 9 m whereas in Sauce Grande shallow lake was 1,50 m. As a consequence, the reflectance values in the Sauce Grande shallow pond surpassed the 8% and in the Chasicó lake the reflectance values did not surpass the 6%. Even though both water bodies are shallow, the effect from the bottom was more evident in the Sauce Grande lake than in Chasicó lake.

KEYWORDS: optical zones, chlorophyll-*a*, turbidity, lakes.

PALABRAS CLAVE: zonas ópticas, clorofila *a*, turbidez, lagos.

INTRODUCCIÓN

El agua pura, sin partículas en suspensión o materia disuelta coloreada, absorbe o transmite la mayor parte de la radiación visible y prácticamente toda la radiación en longitudes de onda superiores a los 700 nm. Sin embargo, los cuerpos de agua naturales presentan

espectros de reflectancia propios, los que pueden ser medidos *in situ* con un espectroradiómetro. La variabilidad en la reflectividad del agua dentro de este rango de longitudes de onda depende de la profundidad, el contenido de materiales disueltos y en suspensión (clorofila, arcillas, nutrientes) y la rugosidad de la superficie (Sobrinó *et al.*, 2000).

Estas variaciones, han demostrado su utilidad para determinar concentraciones de sedimentos orgánicos e inorgánicos en agua (Castillo *et al.*, 2005), como así también para detectar cambios ecológicos en lagos, ríos y estuarios (Gons, 1999).

En Argentina se han realizado numerosos estudios en relación a la caracterización de lagunas y lagos sobre la base de parámetros físicos, químicos y biológicos, así como también acerca de la variación de sus aguas desde los estados “turbios” a “claros” (Quirós *et al.*, 2002; Quirós, 2005) y entre diferentes estados de eutrofia (Diovisalvi *et al.*, 2010). Sin embargo, la gran parte de esos trabajos apuntan a estudiar el parámetro de interés de manera discreta (según puntos de muestreo) y no de manera global.

El presente estudio tiene como motivación explorar la posibilidad de utilizar los espectros de reflectancia en la caracterización de las masas de agua. El objetivo particular de este trabajo fue detectar zonas en el interior de las lagunas Chasicó y Sauce Grande (provincia de Buenos Aires) sobre la base de sus características ópticas y analizar su potencial como indicadores de propiedades físico-químicas del agua superficial.

Área de estudio

La laguna Chasicó se localiza en la región semiárida del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, en el área deprimida de la vertiente suroeste del Sistema orográfico de Ventania (Fig. 1). Es un sistema cerrado que recibe las aguas del arroyo homónimo y de sus afluentes.

El drenaje de las sierras se encauza a través de un conjunto de pequeños cur-

sos que desaguan en el arroyo Chasicó. Su sistema de recarga se produce por la aportación directa de las precipitaciones, a través del proceso de infiltración de las aguas subterráneas y por el aporte de los escurrimientos superficiales de una amplia cuenca de recepción de 3764 km² (Bonorino, 1991) que descarga y encuentra su nivel de base sobre la depresión lagunar que se extiende sobre la cota de -20 msnm (Fig. 1). En la actualidad su desarrollo espacial es de aproximadamente 50 km².

La laguna Sauce Grande se localiza en el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Es un cuerpo de agua originado por el embalse natural del agua de esorrentía condicionado por la presencia de la barrera medanosa austral (Isla *et al.*, 2001) (Fig. 1). Pertenece a la cuenca del río Sauce Grande, de 3027 km². La laguna, típicamente pampeana, tiene forma de cubeta ovoide elongada en sentido Este-Oeste y presenta una superficie de 23 km². Su profundidad varía entre 0,60 m y 1,80 m, mientras que la profundidad media alcanza 1,40 m. En este cuerpo de agua se desarrollan numerosas actividades recreativas, siendo uno de los principales atractivos la pesca deportiva de pejerrey (Fornerón *et al.*, 2011).

El clima de la región en la que se encuentran ambas lagunas es templado, con veranos e inviernos bien definidos y primaveras y otoños moderados. Los valores medios mensuales de temperatura oscilan entre los 14 y los 20 °C. Las precipitaciones son irregulares, de tipo frontal y otorgan un carácter subhúmedo al clima con valores anuales que oscilan entre 600 y 700 mm (Campo *et al.*, 2004).

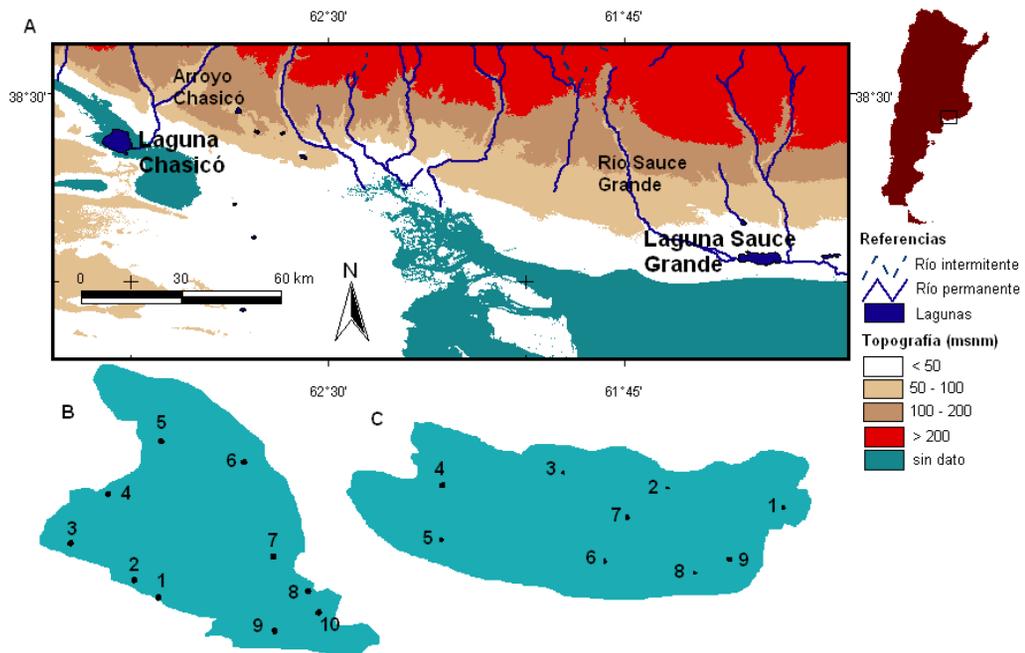


Figura 1. Localización de las lagunas estudiadas en la provincia de Buenos Aires (Argentina) (A) y sitios de muestreo en Chasicó (B) y Sauce Grande (C). Las figuras B y C no se muestran en escala.

MATERIALES Y MÉTODOS

La reflectancia (R) de la superficie del agua en las lagunas Sauce Grande y Chasicó fue medida con un espectroradiómetro de campo manual Ocean Optics Inc^a USB2000 (Resolución espectral 0,7–1,0 nm) en el rango 300–1700, aunque sólo fue considerado el rango 450–750 nm. Las mediciones se realizaron durante el mes de febrero de 2010 entre las 10:00 y las 12:00 horas, en condiciones de escasa nubosidad. Las lagunas fueron divididas en 10 (Chasicó) y 9 (Sauce Grande) sitios de muestreo, localizados mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) (Fig. 1). La calibración de cada una de las mediciones fue realizada usando una superficie de máxima reflectancia (blanco) y una superficie de mínima reflectancia (negro). La máxima reflectancia se determinó mediante el uso de una superficie

estándar de reflectancia difusa (Ocean Optics WS-1) y la mínima reflectancia se obtuvo mediante el cierre de la entrada de luz a la fibra óptica. Las mediciones de reflectancia fueron realizadas 2 veces en forma secuencial y posteriormente promediadas para cada punto de muestreo. El sensor se colocó a una distancia de 0,50 m aproximadamente de la superficie. Los valores de reflectancia para cada rango del espectro fueron obtenidos mediante la conexión del espectroradiómetro y el software SpectraSuite.

Las muestras de agua destinadas a la determinación de concentraciones de clorofila "a" fueron obtenidas mediante el uso de una botella van Dorn, a nivel superficial (20 cm). Las mismas fueron analizadas en laboratorio de acuerdo al método espectrofotométrico APHA (1998). La medición de los parámetros pH, conductividad eléctrica (CE, mS/cm),

oxígeno disuelto (mg/l), temperatura del agua (°C), turbidez (NTU) y salinidad se realizó *in situ* mediante una sonda multiparamétrica Horiba U-10. La transparencia del agua fue estimada mediante la lectura de un disco de Secchi (DS), para ser utilizada posteriormente en la validación de los espectros obtenidos mediante el espectroradiómetro. El estado trófico de las lagunas fue determinado sobre la base de los contenidos de clorofila “a” en superficie (Carlson, 1977).

Para la zonificación de las lagunas se realizó un análisis de agrupamiento (cluster) de los sitios en función de los valores de reflectancia para las distintas longitudes de onda dentro del rango considerado (1 nm de resolución espectral). Se utilizó el índice de similitud de correlación de Pearson y el método de aglomeración de enlace medio. Este análisis se realizó con el programa XLSTAT2008 (versión de prueba; Addinsoft, New York, USA) y la cartografía se efectuó mediante la incorporación de las variables en un Sistema de Información Geográfica (SIG). El área de las lagunas fue obtenida a partir del procesamiento (clasificación supervisada) de imágenes satelitales Landsat 5 (226/087 y 227/087), correspondientes a la fecha de muestreo. Las imágenes fueron corregidas geométrica y atmosféricamente (Song *et al.* 2001) en el software Envi 4.7.

RESULTADOS

Parámetros físicoquímicos del agua superficial de las lagunas

Laguna Chasicó.- La temperatura del agua varió de 22,4 a 24,2 °C entre sitios de muestreo (Tabla 1). La conductividad eléctrica (CE) presentó valores mínimos (sitio 8) y máximos (sitio 3) de 30,40 y

40,50 mS/cm, respectivamente. Sobre la base de los contenidos de sales, la laguna Chasicó fue considerada polihalina (~25 g/l) (Ringuelet, 1972).

La distribución de la clorofila “a” fue homogénea entre los sitios e indicó el estado mesotrófico de las aguas. La concentración máxima se produjo en el sector noroeste de la laguna mientras que la concentración mínima fue detectada hacia el norte, en el sitio 5 (Fig. 2). En cuanto a la profundidad de la laguna, los sitios 3 y 4 (NO de la laguna) fueron los más profundos ($Z > 8$ m) mientras que los sitios más someros fueron el 1, 8 y 9 (SE de la laguna) (Figs. 1 y 2).

Laguna Sauce Grande.- La temperatura del agua superficial en los sitios de muestreo fue de 21,2 – 22,3 °C (Tabla 1). La CE media fue de 6,99 mS/cm ($\pm 0,11$) con máximos de 7,09 mS/cm (sitio 7) y mínimos de 6,74 mS/cm (sitio 5) (oligo-halina). La laguna presentó escasa profundidad con máximos de 1,20 m (sitio 7) y mínimos de 0,70 m (sitio 5).

La distribución de la clorofila “a” entre sitios de muestreo fue homogénea (Fig. 2). Las concentraciones medias de clorofila “a” alcanzaron los 129,87 mg/m³ ($\pm 28,62$) y determinaron el estado eutrófico de la laguna.

Zonificación del área de las lagunas según propiedades ópticas

Laguna Chasicó.- Como resultado del análisis de cluster se definieron 3 grupos de sitios dentro de la laguna: un único grupo nuclea a la mayoría de los sitios, que presentan características espectrales relativamente homogéneas (zona 1), mientras que los sitios 5 y 8 presentan poca semejanza entre sí y con el resto de los sitios, por lo que se los considera

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del agua superficial y profundidad de las lagunas Sauce Grande y Chasicó en febrero de 2010.

| | Laguna | | | | | |
|------------------------------------|--------------|--------|----------|---------|-------|----------|
| | Sauce Grande | | | Chasicó | | |
| | Mín. | Máx. | promedio | Mín. | Máx. | promedio |
| Temperatura del agua (°C) | 21,20 | 22,30 | 21,77 | 22,40 | 24,20 | 23,5 |
| CE (mS/cm) | 6,74 | 7,09 | 6,99 | 30,40 | 40,50 | 38,6 |
| pH | 8,71 | 8,85 | 8,75 | 8,63 | 8,72 | 8,7 |
| Oxígeno disuelto (mg/l) | 7,39 | 8,38 | 7,88 | 4,50 | 7,38 | 5,9 |
| Profundidad (m) | 0,70 | 1,20 | 1,01 | 0,50 | 9,00 | 4,76 |
| Disco Secchi (m) | 0,08 | 0,10 | 0,08 | 0,30 | 1,10 | 0,83 |
| Clorofila "a" (mg/m ³) | 87,54 | 166,91 | 129,87 | 5,92 | 14,65 | 9,83 |

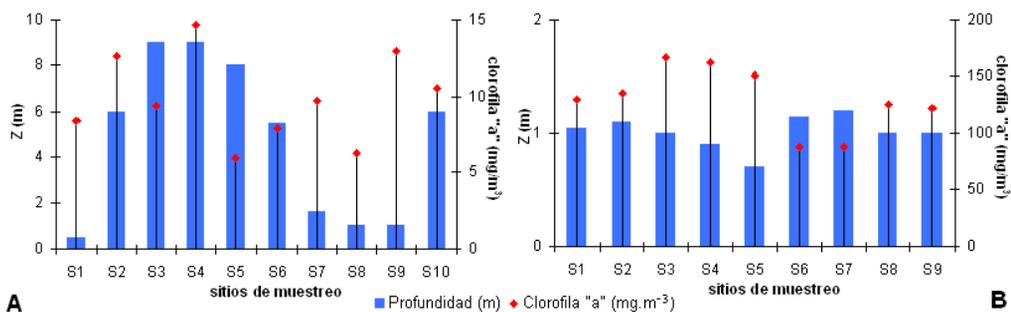


Figura 2. La concentración promedio de clorofila "a" en la laguna Chasicó (A) fue de 9,83 mg/m³ ($\pm 2,88$) mientras que en la laguna Sauce Grande (B) el valor medio fue de 129,87 mg/m³ ($\pm 28,62$).

como representativos de zonas diferentes dentro de la laguna (zonas 2 y 3, respectivamente) (Figs. 3a y b).

El espectro de la zona 1 mostró valores medios de reflectancia de 4,64 % ($\pm 0,98$) con máximos de 5-6 % en el rango de longitud de onda de 550-600 nm (verde) (Fig. 4a). La curva espectral correspondiente a esta zona, en sus valores medios, se relaciona con altos contenidos de clorofila y sedimentos. Sin embargo, no es posible determinar la contribución de cada uno de ellos en los valores de reflectancia.

El sitio 1 presentó los valores de reflectancia más altos en relación a los demás sitios incluidos en la zona 1. Ello responde a que se trata del sitio más somero (SO de la laguna, muelle) al igual que los sitios 6 y 7 (ambos situados al E de la laguna) (Fig. 4b). Ambos presentaron escasa transparencia del agua (DS=0,90m). La respuesta espectral obtenida para todos los sitios de la zona 1 fueron similares: los valores de R ascendieron en las longitudes de onda cortas (azul-verde), alcanzaron los valores máximos en las longitudes de onda 550-620 nm (verde-amarillo) y

luego descendieron, lo cual es típico en aguas claras y profundas ($Z_{media} = 4,76 (\pm 3,34)$). Los sitios 3 y 4 presentaron los menores valores medios de reflectancia, lo cual podría relacionarse con mayores profundidades ($Z=9$ m).

La zona 2, representada por el sitio de muestreo 5, se caracteriza por bajos valores de reflectancia y una escasa variabilidad entre las longitudes de onda del espectro (reflectancia media = 5,41 %). Esto podría responder a que este sector es uno de los más profundos de la laguna ($Z=8$ m), con mayor transparencia de sus aguas ($DS=1,1$ m) y escasos contenidos de clorofila "a" ($5,92$ mg/m³) (Fig. 4b).

Las características ópticas del sitio 8 (zona 3) se relacionan con la presencia del arroyo Chasicó y, posiblemente con la influencia de su caudal en la laguna (Fig. 4b). Se trata de una zona somera

($Z=1$ m) en la que la respuesta reflectiva se incrementó en forma lineal en función de la longitud de onda. Los valores medios de reflectancia sobrepasaron el 9 %, lo cual se relacionó con la predominancia de sedimentos en suspensión. La lectura del DS en esta zona fue de 0,3 m (Tabla 1) y la velocidad del viento de 6 km/h.

Laguna Sauce Grande.- Se definieron 3 zonas: la zona 1, representó el sector NNE de la laguna (sitio 2); la zona 2 fue coincidente con los sitios 1, 6, 7, 8 y 9 (E y SE de la laguna) y la zona 3, representada por los sitios 3, 4 y 5 (O de la laguna) (Fig. 5). Los valores de reflectancia en la zona 1 mostraron escasa variación en el espectro con valores medios de 21,24 % ($\pm 2,01$) (Fig. 6a). La mayor R se detectó en el rango de 550-600 nm. El viento en este sector fue de 20 km/h, lo cual

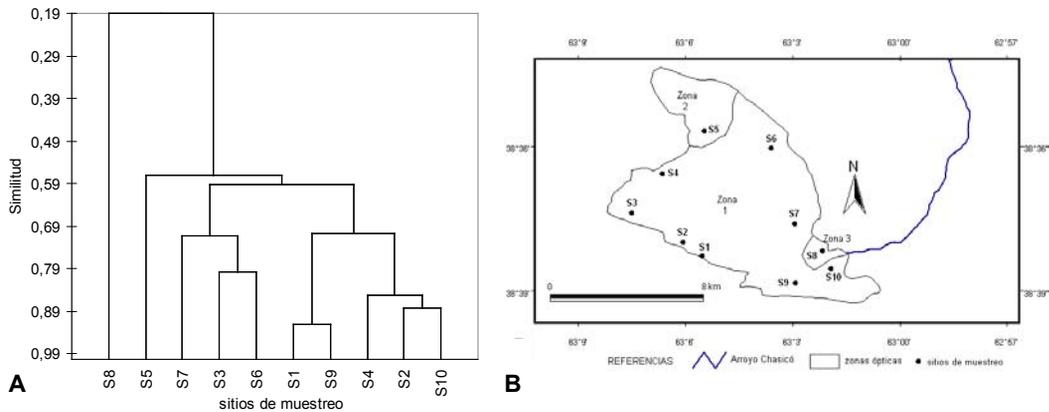


Figura 3. Análisis de agrupamiento (cluster) para los sitios de muestreo (A) y zonificación en la laguna Chasicó (B) sobre la base de sus características ópticas.

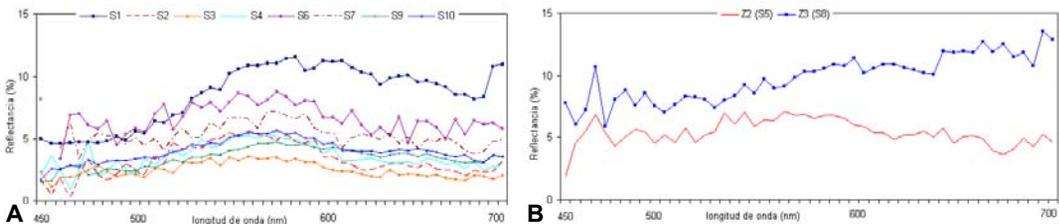


Figura 4. Espectros de reflectancia correspondientes a las zonas 1 (A), 2 y 3 (B). Laguna Chasicó (febrero de 2010).

contribuyó a la presencia de sedimentos en suspensión. La curva espectral de esta zona de la laguna fue similar a la reflectancia típica de aguas turbias (Zuñiga, 2004). En relación a las concentraciones de clorofila "a", esta zona fue caracterizada como mesotrófica (136 mg/m^3).

La zona 2 incluyó los sitios de muestreo 1, 6, 7, 8 y 9 (sector E-SE de la laguna). Se trata de un sector básico desde el punto de vista de su pH ($\sim 8,70$). Las aguas presentaron escasa transparencia debido a las concentraciones de clorofila "a" y sedimentos en suspensión (turbidez). Las mismas fueron de 110 mg/m^3 (cuerpo de agua eutrófico) y 600 NTU, respectivamente. En el espectro, dicha característica se reflejó en el aumento de la reflectancia a partir de los 680 nm (Fig. 6a).

Ambas zonas (Fig. 6) presentaron los mayores valores de reflectancia en las lon-

gitudes de onda correspondientes al rango 550-570 nm mientras que la mayor absorción se obtuvo en el rango de los 450-490 nm. Para estos sitios, se obtuvo una correlación negativa entre la reflectancia del agua (en el espectro 450-500 nm) y los contenidos de clorofila "a" ($R^2=0,95$).

Los sitios 3, 4 y 5 integraron la zona 3 de la laguna Sauce Grande, en el sector N-NO de la misma (Fig. 6a). La temperatura media de este sector fue de $\sim 22^\circ \text{C}$. De acuerdo a los valores registrados para CE y clorofila "a" este sector de la laguna fue caracterizado como oligohalino y eutrófico, respectivamente. La transparencia del agua fue escasa ($DS < 0,1 \text{ m}$) como consecuencia de la afluencia del caudal del río Sauce Grande.

El espectro de esta región fue homogéneo entre sitios de muestreo, con valores medios de reflectancia de 8,80 %

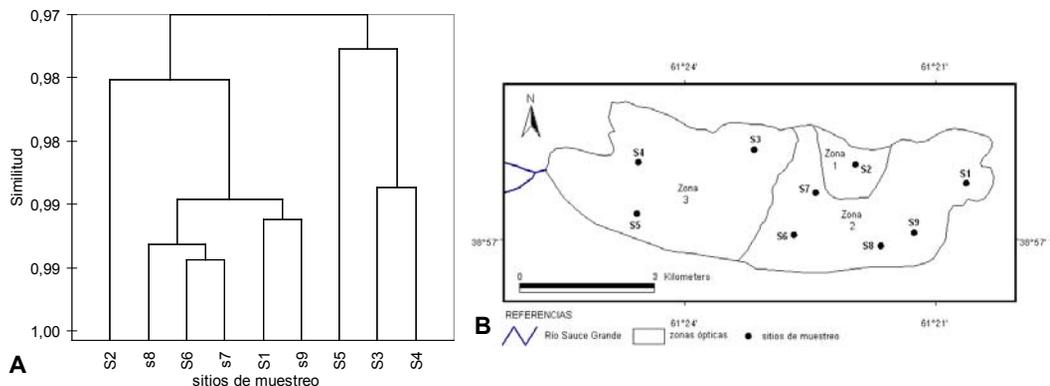


Figura 5. Análisis de agrupamiento (cluster) para los sitios de muestreo (A) y zonificación en la laguna Sauce Grande (B) sobre la base de sus características ópticas.

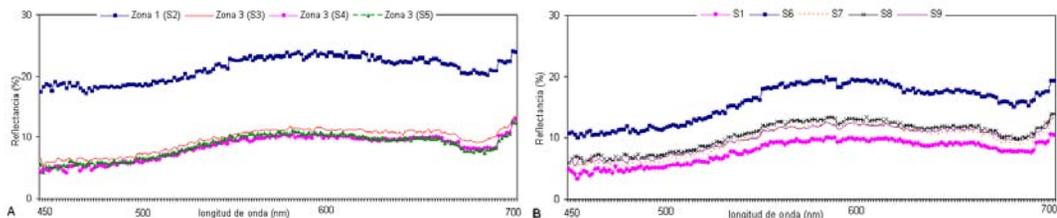


Figura 6. Espectros de reflectancia correspondientes a las zonas 1, 3 (A) y 2 (B). Laguna Sauce Grande (febrero de 2010).

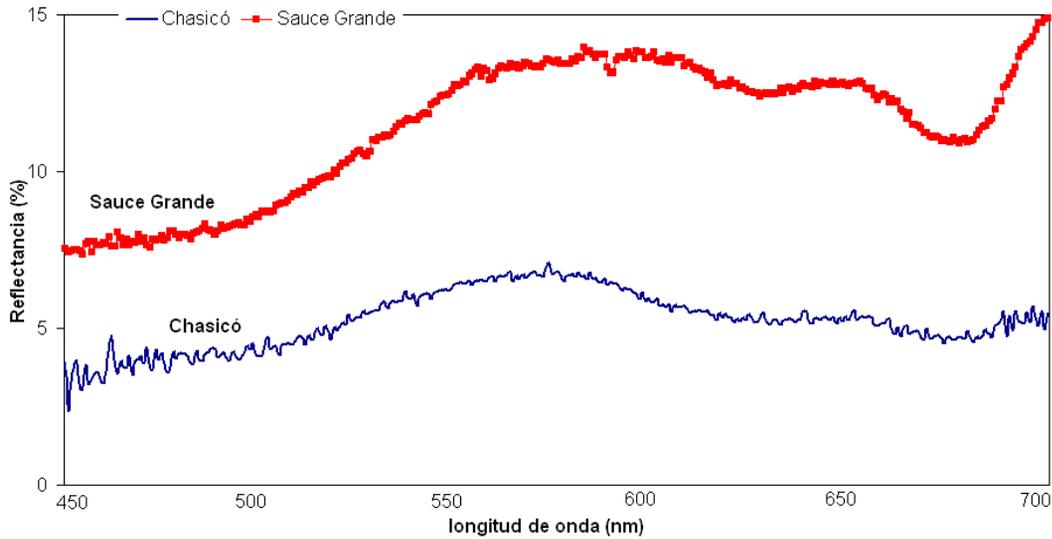


Figura 7. Espectros de reflectancia en ambas lagunas (valores medios entre sitios).

($\pm 1,96$ %). Los mayores valores de R se dieron a partir de los 680 nm, como respuesta a la turbidez elevada del sector (600 NTU).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El espectro obtenido para cada laguna, como promedio de la reflectancia entre sitios de muestreo, mostró mayores valores en el rango de 500-600 nm (verde) y 650-700 nm (naranja-rojo) en las lagunas Chasicó y Sauce Grande, respectivamente (Fig. 7). En el primero de los casos, la respuesta espectral se relacionó con la presencia de clorofila y escasa turbidez mientras que en la laguna Sauce Grande, la relación con el contenido de clorofila no fue tan clara, sugiriendo una mayor incidencia de las concentraciones de materia orgánica e inorgánica presentes como sólidos en suspensión. Si bien fue posible detectar la presencia tanto de clorofila como de sedimentos en suspensión (altamente reflectivos), la determinación de la contribución de cada uno de ellos al total

del valor de reflectancia es un procedimiento complejo (Mather, 2004).

La rugosidad de la superficie determina en gran medida la forma en que esta interactúa con la radiación. Si la superficie no presenta rugosidad, la radiación es reflejada en forma especular, con lo cual se obtiene escasa información si la medición no se realiza considerando el ángulo de incidencia de la luz (Zuñiga, 2004). La rugosidad de la superficie en los cuerpos de agua, provocada por acción del viento, también determinó la diferencia entre la reflectancia de ambas lagunas. En la laguna Sauce Grande, la velocidad del viento fue mayor a los 20 km/h mientras que en la laguna Chasicó no fue superior a los 6 km/h durante las mediciones. Ello produjo que, en el primero de los casos, la superficie presentara mayor rugosidad y, por lo tanto, mayor reflectancia difusa fácilmente detectada por el instrumento (Fig. 7). Por el contrario, en el caso de Chasicó, las aguas se comportaron como una superficie especular con valores bajos de reflectancia ($R < 7\%$).

La curva de reflectancia espectral característica del agua muestra una reducción general de la reflectancia con el aumento de la longitud de onda, por lo que dicho parámetro tiende a cero en aguas claras y profundas (Gutiérrez Pérez y Muñoz Nieto, 2006). La máxima profundidad hallada en la laguna Chasicó fue de 9 m mientras que en Sauce Grande fue de 1,20 m. Como consecuencia de ello, los valores de R hallados en ésta última fueron superiores al 8 % y para la laguna Chasicó fueron inferiores al 7 % (Fig. 7). Si bien ambos son cuerpos de agua someros, el efecto que ejerce el fondo sobre la reflectancia en aguas poco profundas fue mayormente evidenciado en la laguna Sauce Grande.

En estudios anteriores, en los que los valores de reflectancia fueron obtenidos a partir de imágenes satelitales, no fue posible establecer una relación funcional precisa entre la respuesta espectral y la concentración de clorofila en aguas con altas concentraciones de sedimentos en suspensión (Bohn, 2009; Sváb *et al.*, 2005) En este trabajo, en cambio, los parámetros físicoquímicos del agua mostraron cierta relación con los espectros de reflectancia obtenidos *in situ* mediante el espectroradiómetro de campo a pesar de la variabilidad en la transparencia del agua entre sitios de muestreo y entre lagunas. Resultados de este tipo ponen de manifiesto el potencial de la caracterización espectral de los cuerpos de agua a través de sensores remotos y alientan el estudio de las relaciones entre propiedades ópticas y parámetros físicoquímicos.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue realizada mediante subsidios otorgados por el Consejo Nacional de Investigaciones

Científicas y Técnicas (CONICET), la Universidad Nacional del Sur (UNS) (Proyecto PICT *Estudio Integrado de lagunas pampeanas (Provincia de Buenos Aires)*). Los autores agradecen al Departamento de Geografía y Turismo (UNS) y al Sr. Ariel Rule (por el apoyo brindado durante el trabajo de campo).

BIBLIOGRAFÍA

- American Public Health Association - American Water Works Association - Water Environment Federation (APHA-AWWA-WEF). 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D. (Eds.). 20th Edition. American Public Health Association. Washington.
- Bohn, V.Y. 2009. Geomorfología e hidrografía de las lagunas del sur de la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina. 233 pp.
- Bonorino, A.G. 1991. Evaluación de la recarga de las Aguas Subterráneas en el Área de la Vertiente Occidental de las Sierras Australes. Provincia de Buenos Aires. Revista Asociación Geológica Argentina, XLVI (1-2):93-102.
- Campo, A., A. Capelli, y P. Diez. 2004. El clima del Sudoeste Bonaerense. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. 99 pp.
- Carlson, R. 1977. A Trophic State Index for Lakes. Limnology and Oceanography, 22: 361-369.
- Castillo, E., R. Ferrer, V. Bayarri y J. Viguri. 2005. Respuesta espectral del agua ante diferentes concentraciones

- de sedimentos orgánicos e inorgánicos en la Bahía de Santander. XI Congreso Nacional de Teledetección. Puerto de la Cruz, Tenerife. 21-23 de septiembre de 2005.
- Diovisalvi, N., G. Berasain, F. Unrein, D. Colautti, P. Fermani, M. E. Llames, A. M. Torremorell, L. Lagomarsino, G. Pérez, R. Escaray, J. Bustingorry, M. Ferraro y H. E. Zagarese.** 2010. Chascomús: estructura y funcionamiento de una laguna pampeana turbia. *Ecología Austral*, 20:89-221.
- Fornerón, C.F., M.C. Piccolo y M.E. Carbone.** 2011. Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande, Argentina. *Revista Huellas*, 14:11-30.
- Gons, H. J.** 1999. Optical teledetection of chlorophyll a in turbid inland Waters. *Environmental Sciences Technology*, 33:1127-1132.
- Gutiérrez Pérez, C. y A. L. Muñoz Nieto.** 2006. Teledetección: Nociones y Aplicaciones. Universidad de Salamanca. 356 pp.
- Mather, P. M.** 2004. Computer Processing of Remotely-Sensed Images. John Wiley & Sons Ltd. Inglaterra. 319 pp.
- Quirós, R., A.M. Rennella, M.A. Boveri, J.J. Rosso y A. Sosnovsky.** 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral*, 12:175-185.
- Quirós, R., M.B. Boveri, C.A. Petracchi, M. Rennella, J.J. Rosso, A. Sosnovsky y H. von Bernard.** 2005. Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas. Reunión de Eutrofización en América del Sur. Instituto Internacional de Ecología. Red Eutrosul, Brasil.
- Isla, F. I., L.C. Cortizo y H.A. Turno Orellano.** 2001. Dinámica y evolución de las barreras medanosas, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfología*, 2:73-83.
- Ringuelet, R. A.** 1972. Ecología y biocenología del hábitat lagunar o lago del tercer orden de la región neotropical templada (Pampasia Sudoriental de la Argentina). *Physis*, 82:55-76.
- Sobrino, J.A., N. Raissouni y N. Kerr.** 2000. Teledetección. Universidad de Valencia. 467 pp.
- Song, C., C.E. Woodcock, K.C. Seto, M.P. Lenney y S.A. Macomber.** 2001. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects?. *Remote Sensing of Environment*, 75:230-244.
- Sváb, E., A.N. Tyler, T. Preston, M. Présing y K.V. Balogh.** 2005. Characterizing the spectral reflectance of algae in lake waters with high suspended sediment concentrations. *International Journal of Remote Sensing*, 26 (5):919-928.
- Zuñiga, F.B.** 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología. Yucatán, México. 507 pp.