

Clasificación de cuerpos de agua de una zona templada (Argentina): criterios geomorfológicos, climáticos y morfométricos

Vanesa Yael Bohn*

Abstract

The Argentinean Pampean region is located in a template climate between 31°38' and 38°50' South and between 64° and 56°40' West. The aim of this work was to classify the water bodies of the study area based on satellite data, edaphic, geomorphologic, morphometric and climatic criteria. The number of water bodies and area were obtained from the processing of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), satellite product of MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) and the spatial data integration in a Geographic Information System (GIS).

As a result, a number of 268 shallow lakes and 2 reservoirs were detected with a water covered area larger than 1200km². The largest covered areas as well as the highest density of water bodies were observed in the west of the region, in coincidence with the geomorphologic units of continental plain and lakes depression. The smallest density of water cover was detected in zones of the valleys, mountains, paleochannels and littoral plain. As a result of the clustering method application, 4 groups of water bodies were defined: continental plain water bodies, closed basins shallow lakes, shallow lakes with tectonic origin and the lakes related with eolic processes.

Key words: *Shallow Lakes, Satellite Data, Geomorphology, Classification.*

Resumen

La región Pampeana Argentina se desarrolla en un clima templado entre los 31°38' y los 38°50' Lat. Sur y los 64° y 56°40' Long. Oeste. El objetivo de este trabajo fue clasificar los cuerpos de agua del área de estudio sobre la base de datos satelitales,

* Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (UNS), 12 de Octubre y San Juan, 4° piso, 8000 Bahía Blanca, Argentina, correo electrónico: vbohn@criba.edu.ar

edáficos, geomorfológicos, morfométricos y climáticos. El número y área de los cuerpos de agua fue obtenido a partir del procesamiento digital del producto NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), del satélite MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) e integración de datos espaciales en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Como resultado, se contabilizaron 268 lagunas y 2 reservorios, con un área cubierta por agua superior a los 1,200km². La mayor cobertura así como también la mayor densidad de cuerpos de agua se observó fundamentalmente en el sector oeste de la región, en coincidencia con las unidades geomorfológicas de llanura continental y depresiones lacunares. La menor densidad de cobertura de agua se detectó en los sectores de valle, sierras, paleocauces y llanura litoral marina. Tras la aplicación del método de agrupamiento de cluster se definieron 4 grupos de cuerpos de agua: cuerpos de agua de planicie continental, lagunas de cuencas endorreicas, lagunas de origen tectónico y el grupo de lagunas relacionadas con lineaciones eólicas.

Palabras clave: *lagunas, datos satelitales, geomorfología, clasificación.*

Introducción

Las llanuras son un escenario de suma fragilidad ante eventos extremos que tengan como consecuencia el déficit o el excedente hídrico de la región. En este último caso, la incapacidad del relieve de evacuar volúmenes importantes de agua conduce a la ocurrencia de anegamientos (Montico, 2004). En las llanuras argentinas, el relieve escasamente ondulado y la cantidad e intensidad de las lluvias son los principales responsables de las frecuentes inundaciones a las que está sujeta la región (Vásquez *et al.*, 2003).

El gran número de lagunas presentes en el área de estudio y la dinámica temporal que presentan confirman la necesidad de utilizar imágenes provenientes de sensores remotos como herramientas de seguimiento de dichos sistemas. El uso de imágenes satelitales es un complemento fundamental para el estudio de la dinámica espacial de los cuerpos de agua. Específicamente en la región pampeana argentina el número elevado de lagunas y la dificultad de acceso a ellas validan la necesidad de contar con herramientas alternativas que permitan la sistematización de los datos obtenidos. La aplicación de estos métodos (Dukatz *et al.*, 2005) en lagunas del centro de la provincia de Buenos Aires (partido de Laprida) permitió un análisis de permanencia de los cuerpos de agua cuya superficie se mantuvo superior a las 10ha durante el periodo considerado.

Las condiciones ecológicas de las lagunas pampeanas han sido estudiadas mediante métodos tradicionales de evaluación de calidad de aguas (Ringuelet, 1967; Gabellone *et al.*, 2000; Quirós *et al.*, 2005; Cepeda *et al.*, 2010), dinámica estacional de características físicas (Torremorel *et al.*, 2007), caracterización del fitoplancton (Andrade *et al.*, 2007) y zooplancton (Claps, *et al.*, 2004; Garibotti, 2007) así

como también mediante las técnicas que involucran información proveniente de sensores remotos y modelos específicos de calidad de aguas (Gelmi *et al.*, 2004; Geraldi *et al.*, 2007).

La mayoría de las lagunas pampeanas son de origen natural, por lo que las características geomorfológicas, hidrológicas y climáticas influyen directamente en su localización y distribución. El panorama general de las condiciones naturales de la región de estudio permitió su delimitación en unidades homogéneas (González Uriarte, 2002) definidas como geoambientes y teniendo en cuenta aspectos geológicos, de relieve, clima, circulación de las aguas, materiales de suelo y subsuelo. En la región se reconoce la existencia de ríos, arroyos, canalizaciones y cuerpos lagunares intermitentes y de distintos tamaños. Una de las geoformas más importantes en lo que respecta al desarrollo de lagunas es la denominada planicie Interserrana (González Uriarte, 2002) o también llamada llanura continental (INTA, 1989).

El objetivo de trabajo fue clasificar los cuerpos de agua presentes en la región pampeana (Argentina) sobre la base de datos satelitales, edáficos, geomorfológicos, morfométricos y climáticos.

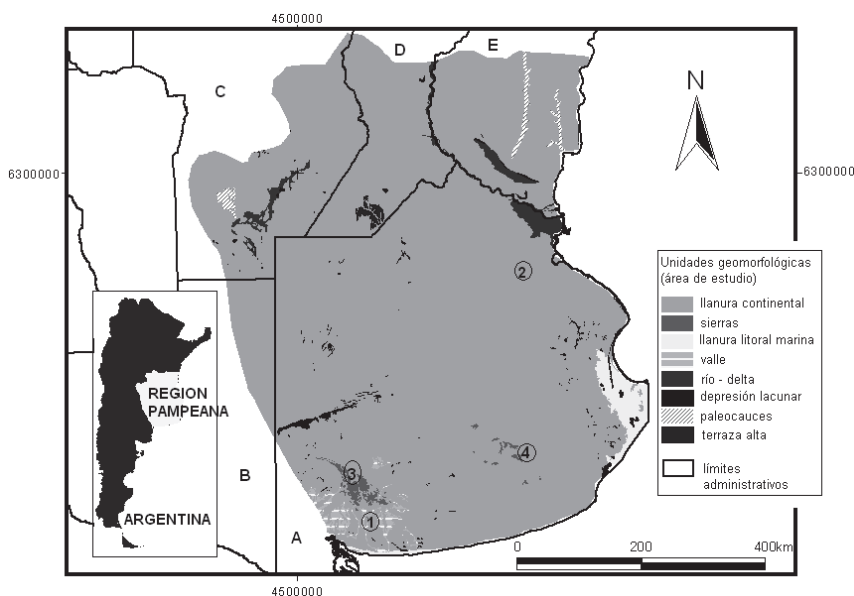


Figura 1. Localización y unidades geomorfológicas (INTA, 1989, 2010) del área de estudio. Se indican los únicos reservorios del área: 1) Dique Paso de las Piedras y 2) Ing. Roggero. Los sistemas serranos de Ventania (3) y Tandilia (4) se desarrollan al Sur del área de estudio. La región pampeana Argentina incluye territorios pertenecientes a las provincias de Buenos Aires (A), La Pampa (B), Córdoba (C), Santa Fe (D) y Entre Ríos (E).

Área de estudio

La región pampeana (Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, 1999) incluye sectores de las provincias de Buenos Aires —excepto su extremo sur—, noreste de La Pampa y sur de Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos (Figura 1). La llanura pampeana tiene su origen en el relleno sedimentario de la gran fosa de hundimiento tectónico que se extiende hacia el Norte. La suavidad del relieve es interrumpida hacia el sur de la región por las Sierras de Tandil y de la Ventana (Figura 1), con alturas de 500 y 1,200msnm, respectivamente. El clima es templado-húmedo a subhúmedo, con veranos cálidos. Las precipitaciones, distribuidas durante el año, varían entre 600mm (SO) y 1100mm (NE). Las temperaturas medias anuales varían de 15°C en el sur a 18°C en el norte. La red hidrográfica es escasa, a excepción de los ríos de las áreas onduladas del norte y al sur de las sierras. En el Oeste se destaca un extenso sistema de lagunas (Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, 1999).

Metodología

Se analizaron y procesaron 23 imágenes satelitales durante el año 2009, correspondientes al producto Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (índice de vegetación) del satélite Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). La resolución espacial de este producto es de 250m. Las imágenes fueron elegidas por la amplia superficie de cobertura de cada escena (10° x 10°) y su alta resolución temporal (15 días). Este último aspecto resulta apropiado para el estudio de sistemas que poseen gran dinamismo temporal, como es el caso de las lagunas pampeanas. Las imágenes fueron reproyectadas mediante la herramienta Modis Reprojection Tool (MRT) al sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator, WGS84 para su utilización en el estudio multitemporal y la incorporación de los datos a un Sistema de Información Geográfica (SIG). El área correspondiente a cada uno de los cuerpos de agua fue obtenida de las imágenes satelitales mediante el método de clasificación supervisada (Método del paralelepípedo) del software Envi 4.7. Se realizó la unión de los polígonos de cada cuerpo de agua, a lo largo del periodo de estudio, para la obtención de la máxima cobertura durante el año 2009.

La distribución espacial de las lagunas fue evaluada en relación a algunos aspectos de su morfometría, edáficos, geomorfológicos y climáticos de la región. En relación a la primera de ellas se analizaron el Desarrollo de Línea de Costa (DLC) (1) y el área (km²). El parámetro de DLC depende del detalle de la cartografía y por esta razón los valores obtenidos en mapas de distintas escalas podrían diferir de unas a otras. A partir de este cálculo, se diferenciaron las formas de las lagunas (Hutchinson, 1957): circular, elíptica, subrectangular elongada o dendrítica (repre-

senta los valles inundados donde los lagos no se profundizan por la presencia de obras hidráulicas en sus extremos inferiores). A medida que el DLC presenta valores mayores a 5, la forma de la laguna es alargada.

El DLC es una medida de la regularidad del contorno de la laguna, su mayor o menor semejanza al círculo. En líneas generales a igualdad de las demás condiciones, a mayor desarrollo de línea de costa, mayor productividad biológica manifiestan los cuerpos de agua

$$DLC = P / [2 \cdot (\pi \cdot S)^{1/2}] \quad (1)$$

donde P es el perímetro y S el área del cuerpo de agua considerado. Este parámetro define (Tell, 2007) el grado de contacto con tierra firme, la magnitud del terreno colonizable con hidrófitas arraigadas, sumergidas o no, la diversificación de los ambientes bénticos, la existencia de áreas con estrecho contacto entre las capas productora y desintegradora. Por otro lado, las costas altamente irregulares favorecen el intercambio térmico agua-tierra, incrementan las posibilidades de aporte de material exógeno a la laguna y brindan mayores posibilidades de existencia de ambientes protegidos del viento y oleaje.

Ambos parámetros (DLC y área) fueron obtenidos mediante funciones SIG. La delimitación y características de las unidades geomorfológicas y rasgos edáficos (limitación principal de los suelos y drenaje) fueron extraídos del Mapa de Suelos de la República Argentina (INTA, 2010) (E: 1:500,000). Las unidades geomorfológicas incluidas en el área de estudio fueron: llanura continental, sierras, llanura litoral marina, valles, río-delta, depresión lacunar, paleocauces y terraza alta (Figura 1). Los datos de elevación topográfica fueron obtenidos del Modelo de Elevación Digital del Terreno (DEM) SRTM 90m (USGS, 2004). El tiempo de permanencia del agua, las isohietas correspondientes a datos normales de precipitación, el tipo de cuerpo de agua (laguna o embalse) y su denominación fueron definidos de acuerdo a los criterios del Atlas de Recursos hídricos de la Nación (SRHN, 2002). La cartografía fue realizada en el SIG Arc View 3.2.

Para la clasificación de las lagunas sobre la base de diversos criterios (geomorfológicos, climáticos, edáficos y morfométricos) se aplicó un análisis de agrupamiento (cluster). El cálculo de similitud entre cada par posible de unidades operacionales se realizó mediante el índice de Rogers and Tanimoto y el método de aglomeración de enlace medio.

La jerarquización de los datos se realizó mediante un dendograma. Los grupos se interpretaron mediante el análisis de los centroides de grupo (valores medios de los objetos que contiene el grupo en cada una de las variables) y de la descripción generalizada de las lagunas integrantes de cada uno de ellos.

Resultados

Como resultado del procesamiento de las imágenes satelitales se obtuvo que la máxima cobertura de agua durante el periodo estudiado alcanzó los 1,227.84km², con un valor medio de 4.19 km² (±14.63). Dicha cifra representó el 0.29 % de la totalidad del área de estudio.

En relación al porcentaje de cobertura según rangos de área (Figura 2) se obtuvo que el 38% corresponde al área ocupada por lagunas cuya extensión es mayor a los 100km². El 27.82% y el 28.38% correspondieron a lagunas y reservorios cuyas extensiones areales se encuentran en el rango de 10-100 y 1-10km², respectivamente. Por último, el menor porcentaje de cobertura (5.77%) fue representado por lagunas cuya área fue menor a 1km².

La mayor cobertura de agua según unidades geomorfológicas fue detectada en la unidad “depresión lacunar” y “valles” con 22.29% y 0.97%, respectivamente. Las unidades de “sierras” y “paleocauces” no registraron presencia de cuerpos de agua durante el período estudiado (Figuras 1 y 3).

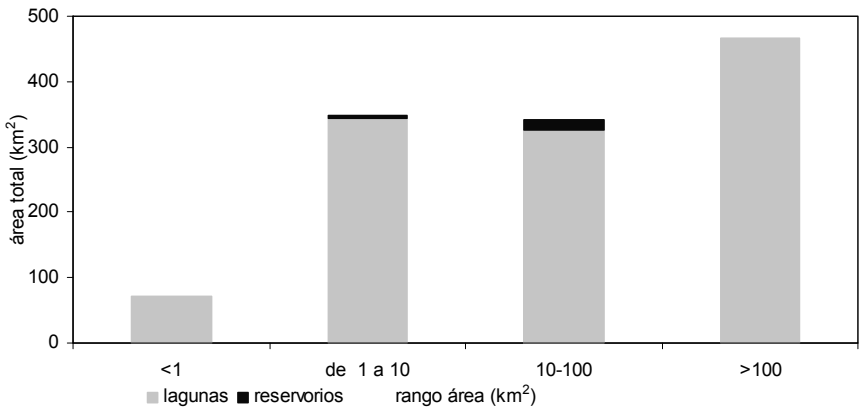


Figura 2. Área ocupada por lagunas y reservorios según rango de extensión areal (km²) en la región pampeana (Argentina).

En cuanto al número de cuerpos de agua, se contabilizaron 268 lagunas y 2 reservorios. El porcentaje más elevado fue hallado en la región de “llanuras continentales” (163 cuerpos de agua: 162 lagunas y 1 reservorio). Los cuerpos de agua de esta región fueron predominantemente intermitentes, de extensiones areales menores a 1 km² y en condiciones de suelos bien drenados. La segunda unidad geomorfológica en cuanto a número de cuerpos de agua fue la denominada “depresión lacunar”, con 77 lagunas. Las restantes unidades presentaron el desarrollo de un número inferior a 15 cuerpos de agua (Figura 4).

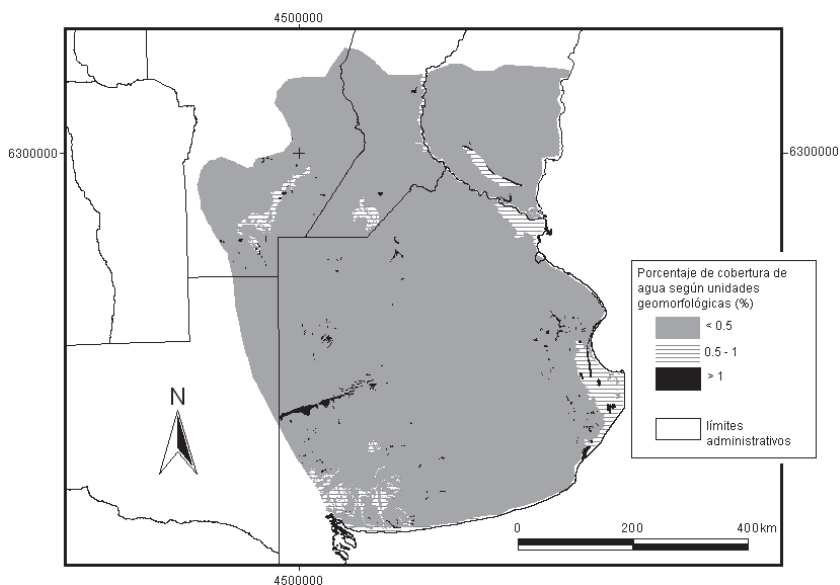


Figura 3. Porcentaje (%) de cobertura de agua según unidades geomorfológicas en la región pampeana (Argentina).

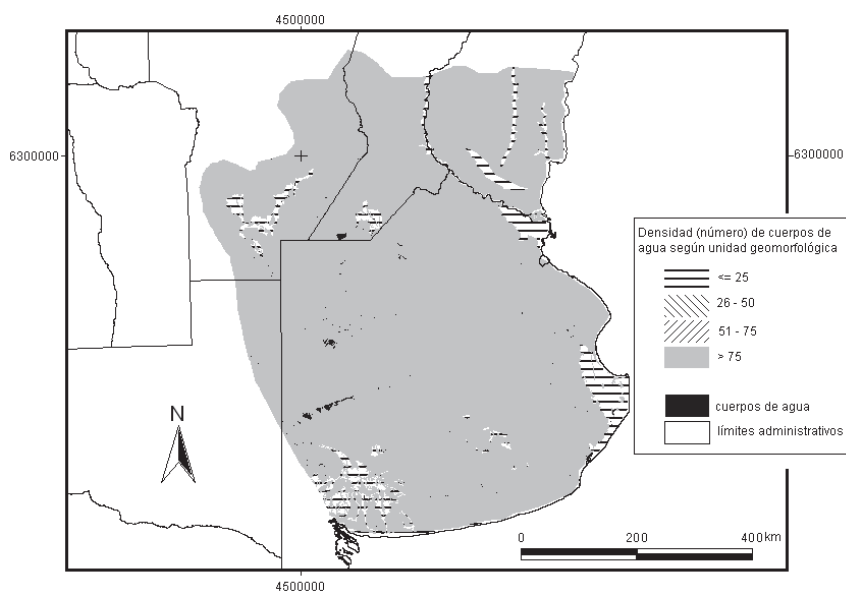


Figura 4. Densidad (número) de cuerpos de agua (lagunas y reservorios) según unidad geomorfológica.

En relación con la forma que presentaron las lagunas y reservorios del área de estudio se observó un predominio de formas elípticas y elongadas en las lagunas y reservorios de mayor extensión areal ($\text{área} > 75 \text{ km}^2$) mientras que los cuerpos de agua más pequeños ($\text{área} < 1 \text{ km}^2$) mostraron un predominio de formas circulares ($\text{DLC} < 2$) (Figura 5).

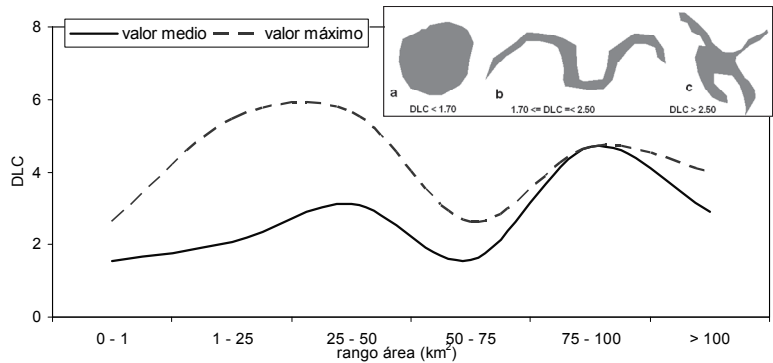


Figura 5. Valores de DLC según rangos de área (km^2) de lagunas y reservorios del área de estudio.

En cuanto a las diferencias halladas según unidades geomorfológicas se obtuvo un predominio de morfometría circular en la “llanura continental”, “llanura litoral marina” y de “terrazza alta”. Las formas elongadas y/o dendríticas fueron predominantes en las unidades de “valles”, “río-delta” y “depresión lacunar”. Esta última unidad geomorfológica incluyó 5 de los cuerpos de agua de mayores extensiones (Tabla 1) y de carácter permanente (ejemplo: lagunas Cochicó, Alsina, Del Monte, Epecuén) (Geraldí *et al.*, 2011) del área de estudio (Figura 7).

Tabla 1
Características generales para las 6 lagunas más extensas del área de estudio

Laguna	DLC	Área (km^2)	Elevación (msnm)	Tiempo de permanencia	Unidad geomorfológica
Cochicó	2.48	45.69	105	permanente	Depresión lacunar (DP)
Alsina	4.71	56.50	107	permanente	DP
Las Tunas	4.02	100.25	80	temporaria	DP
Grandes					
Del Monte	2.86	110.25	103	permanente	DP
Epecuén	2.62	114.81	96	permanente	DP
La Picasa	2.16	140.25	103	temporaria	DP
Valor medio	1.81	4.19	—	—	—

Como resultado del análisis de agrupamiento, los cuerpos de agua de la región pampeana fueron clasificados en 4 grupos (Figura 6). La mayor similitud fue calculada entre los grupos 3 y 4 debido a que los cuerpos pertenecientes a ambos mostraron grandes extensiones areales, formas predominantemente alargadas y coincidieron en desarrollarse en la unidad geomorfológica de depresión lacunar. El grupo 2 se asemejó a los anteriores grupos por similitudes en las extensiones areales de las lagunas y la geomorfología. El grupo más diferenciado fue el 1, dada la predominancia de cuerpos de agua de dimensiones menores a 1km^2 , formas circulares y desarrollo en la zona de llanura continental.

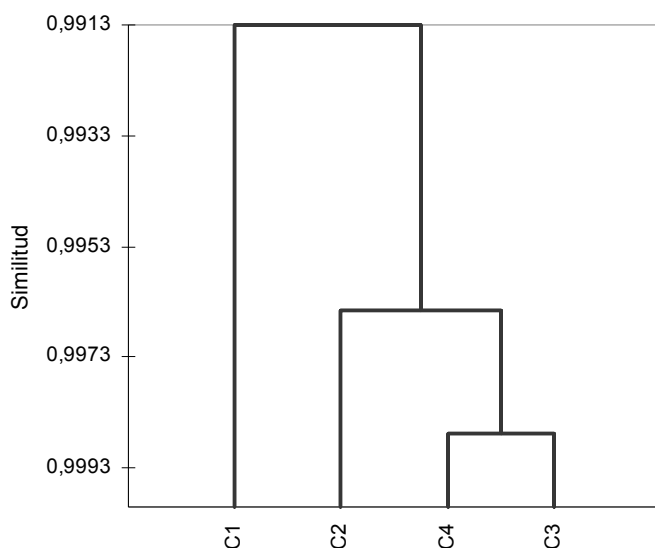


Figura 6. Dendrograma. Grado de similitud entre los grupos de cuerpos de agua.

A continuación, se detallan características de cada uno de los grupos obtenidos tras el análisis de agrupamiento (Figura 7):

1. *Grupo 1* (cuerpos de agua de planicie continental): conformado por 265 cuerpos de agua. En cuanto al parámetro morfométrico del área, el 58% y el 36% de los casos analizados presentaron un área $<1\text{km}^2$ y entre $1-10\text{km}^2$, respectivamente. El área media alcanzó los 2.25km^2 (± 4.16). En cuanto a las formas predominantes, el 52.65% fue circular ($\text{CLD} < 1.70$) mientras que el 37.50% y el 9.47% presentaron formas elongadas y dendríticas, respectivamente. Como consecuencia, el valor medio para la Longitud Máxima Total (LMT) de este grupo fue de 1.69km. El centroide de esta clase fue una laguna sin nombre, localizada en el sector de llanura continental y 800mm de precipitaciones anuales, con un área de 1.56km^2 , forma circular ($\text{CLD} = 1.69$) y LMT de 1.65km. Este grupo contiene los únicos dos lagos de origen artificial de la región.

2. *Grupo 2* (lagunas de cuencas endorreicas): los cuerpos de agua que integran este grupo ($n=3$) se caracterizan por su origen tectónico (Geraldí *et al.*, 2011; SRHN, 2002). El área media fue de 121.77km^2 y en los 3 casos considerados dicho parámetro fue mayor a 110km^2 . La forma predominante fue alargada (CLD medio=2.55) por lo que la LMT media fue de 17.88km. Los cuerpos de agua incluidos en este grupo pertenecieron a la formación geomorfológica de depresiones lacunares. El centroide fue representado por la laguna Epecuén (Figura 7) cuya área fue calculada en 114.81km^2 .
3. *Grupo 3* (lagunas de origen tectónico): este grupo está conformado por 3 lagunas profundas ($Z>6\text{m}$) (SRHN, 2002) pertenecientes a la cuenca endorreica de las Lagunas Encadenadas del Oeste (Geraldí *et al.*, 2011). La extensión areal en todos los casos fue superior a los 40km^2 por lo que, el área media fue de 47.77km^2 . La forma predominante fue alargada (CLD medio=3.11) por lo que la LMT media fue de 12km. El centroide de este grupo fue representado por la laguna Cochicó (Figura 7).

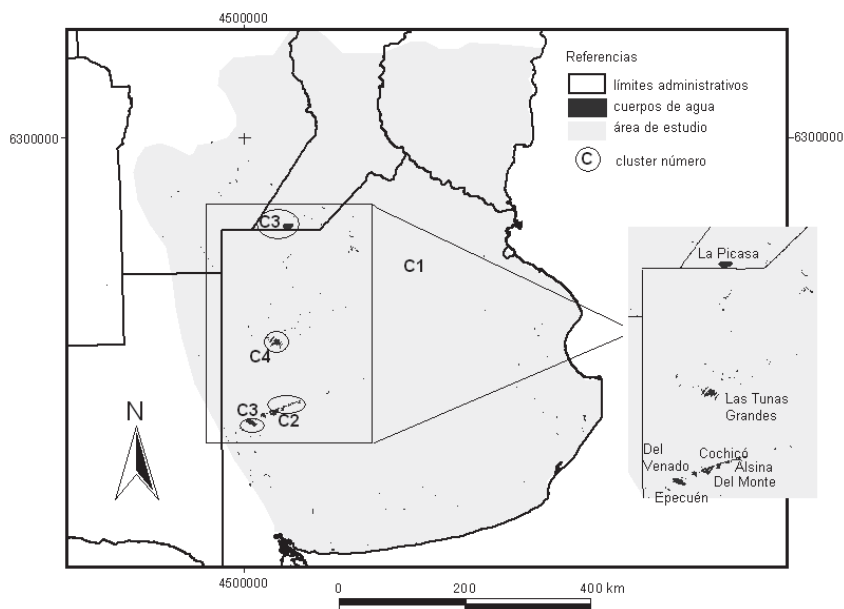


Figura 7. Distribución espacial de los grupos de cuerpos de agua obtenidos sobre la base de aspectos edáficos, geomorfológicos, climáticos y morfométricos.

4. *Grupo 4* (lagunas relacionadas con lineaciones eólicas): sólo un cuerpo de agua conforma este grupo. Se trata de la laguna Las Tunas Grandes (Figura 7), cuyo origen se halla influenciado por la presencia de lineamientos eólicos (Isla *et al.*,

2003). El área y la LMT calculada para este cuerpo de agua alcanzó los 100.25km² y los 8.91km, respectivamente. En cuanto a su forma, el cuerpo de agua se presentó irregular (CLD>4).

Conclusiones

El relevamiento y obtención de información referida a lagunas y reservorios presentes en la región pampeana argentina constituye un aporte relevante teniendo en cuenta que las principales actividades económicas y productivas del sector son la agricultura y la ganadería. En la mayoría de los casos, los cuerpos de agua cuya área es menor a 1km², representan cuerpos de agua intermitentes que favorecen a la salinización de suelos altamente productivos. Es por ello, que el conocimiento de su distribución espacial es un dato de interés para productores agrícolas. Por otro lado, como resultado del análisis integral de los cuerpos de agua presentes en la región surgió que el área total cubierta por agua alcanzó el 0.29% del total del área. Ello representa 1,227km² distribuidos en 270 cuerpos de agua. La mayor cobertura así como también la mayor densidad de cuerpos de agua se observó fundamentalmente en el sector oeste de la región, en coincidencia con las unidades geomorfológicas de llanura continental y depresiones lacunares. La menor densidad de cobertura de agua se detectó en los sectores de valle, sierras, paleocauces y llanura litoral marina. Como resultado del análisis de las formas predominantes de cuerpos de agua, se detectaron tres elementos condicionantes: la topografía (representada por la planicie, lo cual originó el predominio de cuerpos de agua circulares), la acción eólica (la cual favoreció la formación de cuerpos de agua alargados, posicionados paralelamente entre sí) y el origen tectónico (lo cual influyó en la formación de lagunas profundas y alargadas, alineadas entre sí).

Estos resultados son relevantes a escala regional y podrían jugar un rol importante en el manejo de ecosistemas naturales y recursos hídricos. Por último, se espera aplicar la misma metodología a periodos de tiempo diferentes, con el objetivo de detectar las diferencias producidas a nivel multitemporal.

Agradecimientos

La autora agradece al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), al Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur (UNS) y a los doctores M.C. Piccolo y G.M. Perillo. A la Universidad de Maryland, a la National Aeronautics and Space Administration (NASA), al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y a la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina. Los datos satelitales fueron cedidos por Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC), U.S. Geological Survey (USGS) y Earth Resources Observation and Science (EROS) Center (lpdaac.usgs.gov) y Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

Bibliografía

- Andrade, G.M., Ferrer, N., Bohn, V.Y. y Piccolo, M.C., “Estudio Preliminar del fitoplancton de la laguna Unamuno (Provincia de Buenos Aires)”, *XXXI Jornadas Argentinas de Botánica. Resumen publicado en el Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, vol. 42, 193 pp., Corrientes, Argentina, 2007.
- Cepeda, R., Colasurdo, V., Díaz, O., Ferrati, R., Grosman, F., Marinelli, C., Sanzano, P. y Canziani, G., “Elaboración de un índice de estado trófico adaptado a categorizar lagunas pampeanas”, *I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*, Azul, Argentina, 625-632 pp., 2010.
- Claps, M.C., Gabellone, N.A., Benitez, H., “Zooplankton biomass in an eutrophic shallow lake (Buenos Aires, Argentina): spatio temporal variations”, *Annls Limnol. Int. J. Limnol.*, vol. 40, 201-210 pp., 2004.
- Dukatz, F., Ferrati, R. y Canziani, G., “Clasificación de lagos someros pampeanos mediante imágenes Landsat TM”, *Biología Acuática*, vol. 22, 95-101 pp., 2005.
- Gabellone N.A., Solari L.C., Claps M.C., Mac Donagh M. E., Benitez H., Ardohain M. y Ruiz G., “Estado trófico de la laguna San Miguel del Monte (Ptdo. de San Miguel del Monte, Buenos Aires)”, *Diversidad y Ambiente*, vol. 1, 29-35 pp., Buenos Aires, 2000.
- Garibotti, E., “Estudio preliminar de la comunidad zooplanctónica en dos lagunas del sudoeste bonaerense en la primavera de 2006”, Tesina de grado, Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2007, 51 pp.
- Gelmi, M., Ferrati, R., Vornetti, A. y Castets, F., “Estimación de la Variación Temporal de la disponibilidad de agua en Sistemas Lacunares Pampeanos”, *III Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos (EMEAP 2003)*, Luján, 2004.
- Geraldi, A., Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E., “Aplicación de SIG para la estimación de calidad de agua de las lagunas Las Encadenadas del Oeste”, en: Rivas, R., Grisotto, A. y Sacido, M., *Teledetección: herramienta para la gestión sostenible. XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección*, Argentina, Mar del Plata, 2007, CD-ROM.
- , “El rol de las lagunas bonaerenses en el paisaje pampeano”, *Revista Ciencia Hoy*, vol. 21, 14-28 pp.
- González Uriarte, M., “Geoambientes del suroeste bonaerense”, Vaquero, M. (Comp.). *Territorio, Economía y Medio Ambiente en el Sudoeste Bonaerense*. Edi UNS. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2002.
- Hutchinson, G.E., *A treatise on limnology*, New York, J. Wiley, vol. I, 1957, 660 pp.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, *Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires*, Instituto de suelos, INTA, Buenos Aires, 1989, 525 pp.

- Isla, F.I., Ruiz, E., Márquez, J. y Urrutia, A., “Efectos ENSO en la transición entre el espinal y la pradera cultivada en la Diagonal Sudamericana, Argentina Central”, *Rev. C.and G.*, vol. 17, 63-74 pp., 2003.
- Montico, S., “El manejo del agua en el sector rural de la región pampeana argentina. Estudios sobre sociedad, naturaleza y desarrollo”, *Revista Theomai*, núm. Especial, Argentina, 2004.
- Quirós, R., Boveri, M.B., Petracchi, C.A., Rennella, M., Rosso, J.J., Sosnovsky, A. y Bernard von, H., “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, 2005.
- Ringuelet, R.A., Salibian, A., Claverie, E. y Ilhero, S., “Limnología química de las lagunas pampásicas (Provincia de Buenos Aires)”, *Physis*, tomo XXVII, núm. 74, 201-221 pp., Buenos Aires, 1967.
- Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, *Eco-regiones de la Argentina*, Buenos Aires, 1999, 42 pp.
- SSRH - Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, “Atlas digital de los recursos hídricos superficiales de la República Argentina”, 2002, CD-rom.
- Tell, H., “Apuntes de la cátedra Limnología”, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, 2007.
- Torremorel, A., Bustigorry, J., Escaray, R. y Zagarese, H., “Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables”, *Limnologica*, vol. 37, 100-108 pp., 2007.
- Vázquez, P. y Rojas, C., “Información de usos del suelo en el área de la EEA Cuenca del Salado”, Informe Técnico RIAP, 2003.