

APLICACIÓN DEL “ÍNDICE DE CAMBIO” A LAS VARIACIONES MORFOMÉTRICAS DE LAS LAGUNAS DE LOMADAS ARENOSAS. EL CASO DE BELLA VISTA (CORRIENTES, ARGENTINA)

Félix Ignacio Contreras

Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CONICET - UNNE)
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - Universidad Nacional del Nordeste
figcontreras@hotmail.com

Aldo Raúl Paira

Instituto Nacional de Limnología (CONICET – Universidad Nacional del Litoral)
alpaira@santafe-conicet.gov.ar

[FECHA ENTREGA 26/10/2016 - FECHA APROBADO 17/11/2016]

1. RESUMEN

La región de lomadas arenosas de la provincia de Corrientes (Argentina) se caracteriza por la presencia de un gran número de lagunas cuya permanencia de sus aguas depende exclusivamente de las precipitaciones locales. Al ser cuerpos de agua someros, poseen una rápida respuesta morfométrica durante los períodos húmedos y secos, los cuales se alternan cada dos años. En este sentido, se propone el empleo del índice de cambio, el cual es un promedio del cociente entre las variables de los años a comparar. El objetivo de este trabajo es clasificar a las lagunas en función de sus variaciones morfométricas con la llegada del período húmedo. Para ello se calcularon el perímetro, la superficie,

el desarrollo de línea de costa, longitud máxima, ancho máximo, cociente de elasticidad y el índice de cambio durante los años 2012 (año seco) y 2013 (año húmedo). Los resultados demostraron que el 24% de las lagunas se secan por completo y al reaparecer adoptan formas circulares. El índice de cambio ha permitido discriminar a las lagunas en tres grupos principales: sin cambios, cambios moderados y cambios significativos. Este último grupo es de gran interés, ya que contiene a las lagunas que se segmentan en pequeñas lagunas aisladas en períodos secos.

Palabras clave: Lagunas – Cambios temporales – Morfometría – Morfología.

2. ABSTRAC

The region of sandy hills of the province of Corrientes (Argentina) is characterized by the presence of a large number of shallow lakes whose permanence of the water depends entirely on local rainfall. As shallow water bodies, have a quick response morphometric during wet and dry periods, which alternate every two years. In this regard, the use of the index change, which is an average of the ratio of the variables to compare the years proposed. The aim of this study is to classify ponds according to their morphometric changes with the arrival of the wet period. For this, the perimeter surface, the waterfront development, maximum length, maxi-

mum width, ratio of elasticity and the rate of change in 2012 (dry year) and 2013 (wet year) were calculated. The results showed that 24% of the shallow lakes dry up completely and reappear adopt circular shapes. The rate of change has allowed discriminating against gaps in three main groups: Unchanged, moderate changes and significant changes. This last group is of great interest because it contains loopholes that are segmented into small isolated ponds in dry periods.

Keywords: Shallow lakes – Temporary changes – Morphometry – Morphology

3. INTRODUCCIÓN

Las grandes llanuras chaco-pampeanas cubren extensas superficies con amplia sedimentación continental. Esta región tiene pendientes muy suaves y actividad neotectónica significativa, donde la sucesión entre pe-

ríodos húmedos y secos han generado una geomorfología con un importante desarrollo de humedales y lagos poco profundos o someros (Iriondo, 1984).

Se utiliza el término lago somero o “shallow lake”

para hacer referencia a las lagunas que, según Bécares et al., (2004: 2) "ocupan una posición intermedia en el gradiente entre un lago y un humedal. En los lagos el ambiente pelágico predomina sobre el ambiente litoral porque el fitoplancton es el productor primario del lago, mientras que en los humedales el ambiente litoral (la vegetación acuática) domina la producción primaria". Sin embargo Bohn et al., (2011) considera que los lagos someros se caracterizan por una profundidad media cercana a 1,2 m profundidades máximas que varían entre 3 y 5 m, las cuales se correlacionan con las lagunas de lomadas arenosas de la provincia de Corrientes.

Para Fernández Aláez et al., (2004), el funcionamiento de los lagos someros está controlado, además de la disponibilidad de nutrientes y el estado trófico, por la cantidad y periodicidad del agua que, al ser poco profundos los niveles del agua fluctúan de forma natural intra e interanualmente, dependiendo en gran parte de las condiciones climáticas de la región y de las actividades humanas (Blindow 1992, Gafny & Gasith 1999, Beklioglu et al., 2001). Las fluctuaciones en el nivel del agua tienen un efecto decisivo sobre la estructura, funcionamiento y manejo de estos sistemas acuáticos, y afectan a sus valores de conservación (Fernández Aláez et al., 2004).

"Los cambios temporales en la distribución y morfometría de los lagos someros a lo largo del tiempo están relacionados con el uso de la tierra en áreas donde la agricultura es la actividad económica más significativa, haciendo que la distribución de los lagos sea relevante para la planificación de actividades económicas en dichas regiones" (Bohn et al., 2011: 90).

La fluctuación en los niveles de un lago o laguna está en función de su balance hidrológico como fue demostrado recientemente por Gronewold et al., (2016) para establecer algunos cambios abruptos en grandes lagos. Algunas de ellas son más frecuentes en reservorios y lagos localizados en regiones donde los eventos de precipitaciones son estacionales y cuyo régimen es irregular (Geraldés & Boavida, 2005). Los eventos extremos y su influencia sobre el nivel de agua de los lagos constituye el objetivo de numerosos estudios a nivel mundial (Hofmann et al., 2008) a la vez que son considerados consecuencias significativas del cambio climático (Lehner et al., 2006; Adrian et al., 2009). En esta propuesta de trabajo, por tratarse de cuerpos de agua muy someros, las respuestas a los ciclos húmedos y secos pueden manifestarse como respuesta a fenómenos meteorológicos locales, variaciones interanuales, etc. (Contreras, 2016).

Según Brinson (2004), generalmente los inventarios de humedales proveen datos útiles sobre los tipos de humedades en la región de interés, su localización y extensión. Tal información sobre un recurso natural es una de las herramientas más importantes para el manejo. Sin embargo, las clases de humedales, ya sea por RAMSAR o la National Wetland Inventory, no fueron creadas inicialmente para relacionar los humedales con las funciones que ellos desempeñan.

La ventaja de una clasificación funcional o la habilidad para vincular las clasificaciones existentes con la función que cumplen, proveería inventarios con información adicional. La comprensión de la forma en que funcionan naturalmente los humedales puede ser de un gran valor en la demostración de cómo se vinculan con los bienes y servicios utilizados para la sociedad. Brinson (2004).

Sobre la región de Lomadas Arenosas, como lo destacan diversos autores (Popolizio (1984), Frengueilli (1924), Neiff (2003), Carnevalli (1994), entre otros), existe un gran número de lagunas someras tanto permanentes como temporarias, superando la cifra de 30 000 cuerpos de agua, según Contreras, (2016).

Estas lagunas, se caracterizan, según Neiff (2003), por sus formas redondeadas, con un diámetro entre 30 y 500 metros, una distribución más o menos regular, diferencias apreciables entre el área limnética y el área litoral donde generalmente está poblada por gramíneas acuáticas en la zona de contacto tierra/agua y por plantas sumergidas hasta una profundidad de 1 – 2 m, un espejo de agua visible, una profundidad que varía entre 1,5 – 4 m, aguas con tendencias neutras a ligeramente ácidas (pH 6 – 7,5), conductividad menor que 70 μ S.cm) y una buena disponibilidad de oxígeno, con valores superiores a 6,3 mg/L; es decir próximos al 75% de saturación.

Sin embargo, Contreras et al., (2014) destacó que la circularidad de las lagunas puede no estar relacionada al proceso que le dio origen, sino por el contrario, sería la respuesta de las mismas durante los períodos secos. En efecto, dicha situación podría incidir en los cambios morfológicos de manera similar a los procesos de redondeamiento observados por Paira & Drago (2006) en las lagunas del valle aluvial del río Paraná Medio, previas a extinguirse.

A su vez, en Contreras et al., (2014) concluye que, esas variaciones tanto morfológicas como morfométricas, son las transiciones propias de la dinámica geomorfológica de la región, lo que da la pauta de que se trata de un área con procesos activos y susceptible a cambios en cortos períodos de tiempo.

En este sentido, el Cociente de Elasticidad permite medir la amortiguación hídrica de agua de un cuerpo de agua que, como describe Neiff (2003), es un descriptor sintético de la fluctuación del nivel del agua en períodos de sequía-inundación, incluyendo el control de inundaciones debido a la acción retardadora del escurrimiento superficial. Este valor (o índice) es una componente de:

- Las características geomorfológicas del macrosistema
- La capacidad de almacenaje de agua en el suelo y subsuelo.
- La variabilidad meteorológica regional (lluvias/ET + infiltración).

La elasticidad del sistema permite explicar en gran medida la distribución y abundancia de las poblaciones, el almacenamiento y movilidad de los nutrientes, las

condiciones de óxido-reducción, la prevalencia de fenómenos de acumulación o de degradación de la materia

orgánica y -en general- informan sobre los flujos bio-geoquímicos que se operan en los humedales (Tabla 1).

Sistema	Área (*)	Área (+)	Cociente de elasticidad
Chaco Oriental	42	3.4	12.35
Pantanal (Mato Grosso)	131	11	11.90
Paraná	38	5	7.6
Iberá	12	7.8	1.54

Tabla 1: (*) Área máxima en km² x 10³ (+) Área mínima en km² x 10³
Fuente: Neiff (2003).

Sin embargo, Contreras et al. (2014), establecieron que las lagunas de las lomadas arenosas pueden adquirir diversas formas sin importar el tamaño de las mismas. Con lo cual, para poder determinar cuáles son las respuestas morfométricas que poseen las lagunas de lomadas arenosas en cortos períodos de tiempo como respuesta a los períodos húmedos y secos de la región;

fue necesario incorporar un mayor número de variables morfométricas que complementen al cociente de elasticidad. En este sentido, se propone obtener un cociente entre los valores promedios obtenidos de la Longitud máxima, el Ancho Máximo, el Perímetro y la Superficie de los años trabajados. A dicho resultado lo denominamos Índice de Cambio.

4. DATOS Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este trabajo, en primer lugar se ha delimitado un área de 115 km² del departamento Bella Vista (Corrientes), del cual se poseen imágenes de alta resolución provistas por Google Earth. Se ha optado por no trabajar con imágenes LANDSAT, debido a que las mismas poseen una resolución muy baja para el nivel de detalle que se precisa para delimitar la cubeta. Según Odriozola y Contreras (2016), la digitalización de las lagunas de lomadas arenosas de la provincia de Corrientes mediante el uso de imágenes LANDSAT, da como resultado cuerpos de agua rectilíneos y en consecuencia, por ejemplo, valores del desarrollo de la línea de costa más elevados. La delimitación del área se llevó a cabo teniendo en cuenta la disponibilidad de una estación meteorológica cercana y de la disponibilidad de imágenes en un año húmedo y en un año seco respectivamente.

Además de la disponibilidad de información meteorológica y de imágenes satelitales, el área de estudio fue seleccionada debido a la presencia de actividad agrícola asociadas a plantaciones de cítricos y hortalizas. De encontrar diferencias en las variaciones morfométricas de las lagunas entre las áreas sin intervención antrópica con aquellas que si las tuviese, se podría inferir cuál es la incidencia de dicha actividad sobre las dinámicas naturales de estos cuerpos de agua.

En un paso siguiente se han digitalizado la totalidad de lagunas ubicadas en el área seleccionada en ambos años, teniendo en cuenta la porción limnética de cada laguna. En este sentido y a modo de establecer futuras comparaciones entre los parámetros morfométricos de las lagunas, se han utilizado imágenes correspondientes al día 15/05/2012 (dentro de un período seco) y del 27/10/2013 (dentro de un período húmedo). Posterior-

mente, se procedió a calcular las siguientes variables morfométricas en ambas fechas mencionadas:

- Longitud Máxima (LM): Es la distancia, en línea recta, entre los dos puntos más distantes de las orillas de las lagunas. Esta distancia representa la longitud máxima de agua continua de la superficie de la laguna con la cual puede interactuar el viento.
- Ancho Máxima (AM): Corresponde a la distancia máxima entre las orillas de la laguna, en un ángulo recto con la línea de longitud máxima. La Anchura Media es igual al área dividida por la longitud máxima.
- Perímetro (P): Es la línea de intersección de la tierra con el agua.
- Superficie (S)
- Desarrollo de la Línea de Costa (D_L): Es el cociente entre el perímetro del lago y la superficie que se obtiene a través de la siguiente fórmula. $D_L = P/2 \cdot \sqrt{(A \cdot \pi)}$. Posteriormente se clasificarán a los cuerpos de agua según sus formas.
- Índice de cambio: Es el cociente entre los valores promedios de LM, AM, P y S del año húmedo y los valores del año seco. Sin cambios = 1, cambios moderados¹ = 1.1 a 1.9 y cambios significativos² = +2.

Se han discriminado aquellas lagunas que reaparecen en el año 2013, ya que al encontrarse completamente secas en la imagen del año 2012, no se puede establecer una comparación entre ambos años. Sin embargo se ha calculado el D_L de cada laguna para establecer la forma de reaparición.

Los datos de precipitación corresponden a la Estación Experimental Agropecuaria "Bella Vista" del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA),

1 No poseen diferencias significativas entre las variables morfométricas. Ocasionalmente se puede presentar uno o dos valores relativamente altos.

2 Presenta diferencias significativas entre dos o más de sus variables

ubicada a los -28.543 -58.987 y 70 msnm. La serie temporal se encuentra comprendida entre el 01/01/2006 y el 17/10/2013.

Los resultados son presentados en gráficos y tablas generados en Excel y cartografía temática confeccionada en ArcGIS 10.1.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El departamento de Bella Vista se ubica al Centro – Oeste de la provincia de Corrientes (Argentina), ubicado sobre el tramo inferior de una lomada arenosa, ubicada en la parte media del paleoabanico del río Paraná (Corrientes, Argentina) (Fig. 1).

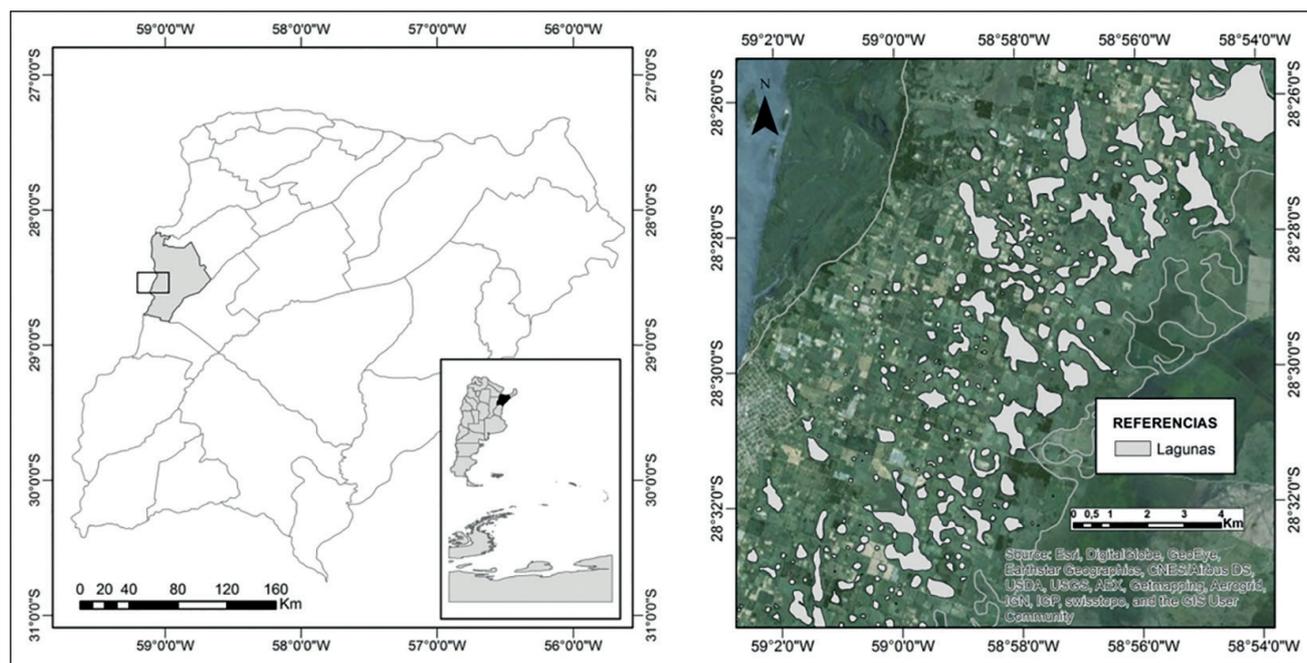


Figura 1: Localización del área de estudio. Location of study area.

Las precipitaciones anuales de este departamento rondan en los 1200 mm distribuidas a lo largo del año pero sus máximas se presentan en estaciones intermedias. Sin embargo, es posible apreciar ciclos húmedos y secos que duran, aproximadamente, entre 1 y 2 años.

Bella Vista posee dos lomadas arenosas separadas por una planicie anegable de grandes extensiones (Fig. 2), que albergan, según Contreras et al. (2014) 1001 lagunas, de las cuales el 73% son circulares, 12% subcirculares, 13% triangulares y 2% de irregulares según la clasificación de formas según Timms (1992). Sin embargo, en dicho trabajo se tiene en cuenta la máxima ocupación de la cubeta, sin importar la presencia de agua sobre la misma al momento de digitalizar el cuerpo de agua.

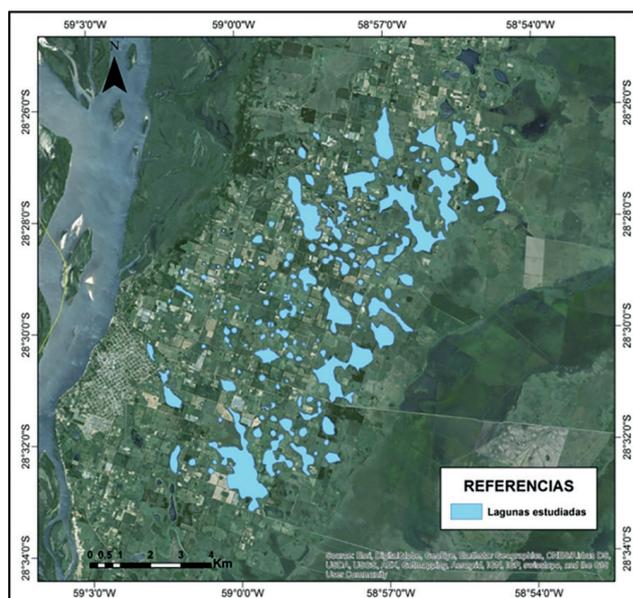


Figura 2: Distribución de lagunas. Shallow lakes distributions

6. DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Según datos del INTA, en Bella Vista precipitaron 900 mm en el año 2011 y 400 mm hasta el día 15/05/2012, fecha de captura de la imagen de Google Earth. Ese déficit de 300 mm respecto del promedio anual fue suficiente para que las lagunas comenzaran a secarse, ya que durante los años 2009 y 2010 se registraron precipitaciones anuales superiores a los 1300 mm. Sin embargo desde el día 15/05/2012 al 27/10/2013, fecha de captura de la imagen de Google Earth correspondiente al año húmedo, la precipitaciones superaron los 1400 mm.

En total se han digitalizado 117 lagunas correspondientes al año 2012 y 153 para el año 2013. Esta diferencia de 36 lagunas se debe a que en este último año han reaparecido cuerpos de agua, luego de precipitar 1400 mm desde el momento de la captura de la imagen correspondiente al 2012 hasta el momento de la captura de la imagen 2013. En este sentido, es preciso resaltar

La significativa disminución relativa de las lagunas circulares, con un leve aumento de las demás formas son los comportamientos propios de estos cuerpos de agua de áreas planas, ya que las formas triangulares e irregulares son formas que se encuentran asociadas a

que precipitaron 200 mm más de la media anual entre ambas fechas.

La tabla 2 muestra una comparación entre las formas obtenidas del cálculo de la DL para ambos años. Los respectivos porcentajes permiten demostrar cómo las lagunas van modificando su morfología de formas circulares a más complejas.

Formas	2012		2013	
	N	%	N	%
Circulares	101	71	102	65
Subcirculares	14	10	18	12
Triangulares	24	17	30	19
Irregulares	3	2	7	4

Tabla 2: Comparación entre las morfologías de las lagunas en los años 2012 y 2013.

procesos de inundación/anegamiento.

Pese a disminuir los valores relativos de las lagunas circulares en el año 2013, los valores absolutos se incrementaron, situación que se explica mediante la clasificación de las formas de reaparición de las lagunas (Fig. 3).

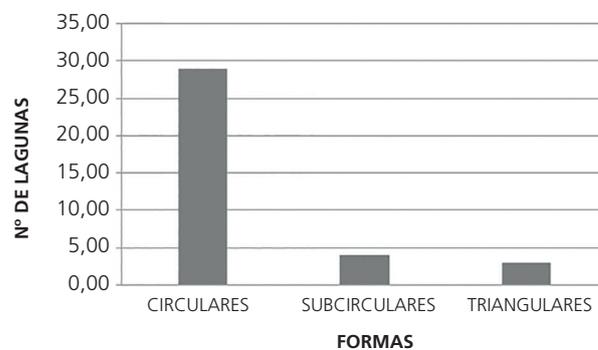


Figura 3. Características morfológicas de reaparición en las lagunas de Bella Vista (Corrientes, Argentina). The morphological characteristics of appearance in shallow lakes of Bella Vista (Corrientes, Argentina).

Comparando las imágenes de los años 2012 y 2013, se ha detectado la reaparición de 36 lagunas, un valor muy significativo, considerando que representa el 24% de las lagunas estudiadas. Es decir 1 de cada 4 lagunas se seca por completo en años secos. Esto permite dar cuenta de la limitada capacidad de amortiguación hídrica que poseen estos cuerpos de agua, y a su vez explicar porqué en períodos húmedos o luego de lluvias intensas, grandes extensiones de tierra, que se encuentran próximas a las lagunas, quedan anegados.

Por otra parte, de esas 36 lagunas, el 81% de las lagunas reaparece con forma circular, el 11% como sub-circular y el restante 8% como triangular. Esto permite demostrar que las formas redondeadas son las adoptadas por las lagunas, no sólo en los instantes previos a

extinguirse, como lo destacan Contreras y Paira (2015), Contreras et al. (2014) y Paira & Drago (2006), sino que también al resurgir luego de abundantes precipitaciones.

Estos procesos de expansión y contracción circulares con el tiempo modelan la cubeta de tal forma, que enmascaran los procesos que le dieron origen a la misma. Un ejemplo de ello es la figura 4 donde se observa como un gran número de lagunas que en un pasado se encontraban encadenadas y que en la actualidad se van segmentando/aislando.



Figura 4. Distribución de lagunas encadenadas de Bella Vista (Corrientes, Argentina). Distribution of concatenated shallow lakes of Bella Vista (Corrientes, Argentina).

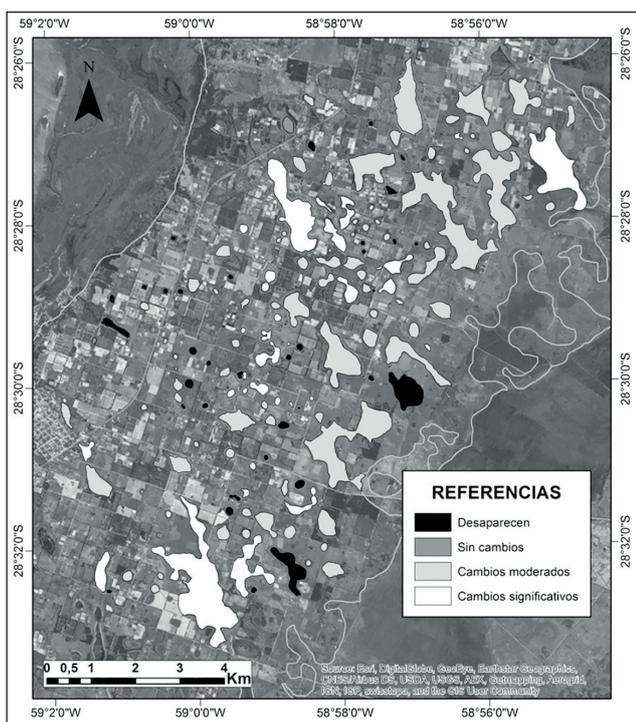


Figura 5: Clasificación de lagunas según el índice de cambio. Classification of shallow lakes according to the rate of change.

Según Contreras (2015), 18 lagunas han sufrido algún tipo de impacto desde el año 2002 al 2014 como consecuencia del crecimiento espacial de la ciudad de Corrientes (Capital de la provincia) en períodos secos. Este número no es menor, ya que si consideramos que el departamento Capital posee 114 lagunas que, sumadas las 33 que han desaparecido entre 1950 – 2012, esto nos da un total de 147, de las cuales 51 lagunas (35%) han sufrido algún tipo de impactos y 34 (23%) ha desaparecido. En dicho trabajo se distinguen cuatro tipos

Esta situación permite inferir que existió una mayor conexión entre ellas y en consecuencia, que la morfología de la cubeta que las contiene, responde a un pasado mucho más húmedo que el actual, ya que todavía poseen capacidad de carga, pese al haber precipitado 1400 mm en un lapso de un año y medio.

Por último, teniendo en cuenta su capacidad de amortiguación hídrica, se han clasificado a las lagunas según los valores de índice de cambio como se observa en la figura 5. Se puede decir que del total de 153 lagunas estudiadas, 80 sufrieron cambios moderados, 35 significativos, 2 han permanecido igual y 36 reaparecido. Si bien a primera vista pareciera que las lagunas con cambios significativos se encuentran ocupando la porción central de la lomada arenosa, no existe un patrón de distribución concreto. No obstante la intensiva actividad agrícola y forestal que rodea a las lagunas podrían estar afectando la cuenca respectiva de cada laguna, limitando, entre otras cosas, su capacidad de carga y en consecuencia reduciendo su capacidad de amortiguación hídrica.

El conocimiento sobre la distribución y las respuestas morfométricas de las lagunas de las lomadas arenosas de la provincia de Corrientes, son sumamente significativas considerando que sobre estos espacios, relativamente elevados, se asientan las principales localidades, rutas y actividades económicas como la ganadería, agricultura y forestación. Con lo cual, no solo brindan una descripción de los procesos naturales que se desarrollan en el paisaje, sino que permiten generar herramientas de prevención y control de las actividades del hombre, y así disminuir los impactos ambientales de su accionar, como también prevenirlo de potenciales riesgos ambientales (Fig. 6).



Figura 6: Vivienda construida dentro de una laguna (Santa Ana, Corrientes, Argentina). Marzo de 2014. House built in a shallow lakes (Santa Ana, Corrientes, Argentina). March 2014.

de impactos sobre las lagunas: Construcción de calles, construcción de casas, relleno parcial de la cubeta y desaparición total de lagunas. En algunos casos, cuando la laguna es de gran porte, pueden observarse impactos combinados.

Sobre el área de estudio no se ha observado el impacto del crecimiento espacial del ejido urbano en los años estudiados, pero si se ha detectado el trazado de caminos rurales en siete lagunas. No obstante, es la actividad agrícola la que predomina en el lugar que, como

lo destaca Bohn et al. (2011), la agricultura genera repercusiones directas sobre los cuerpos de agua someros, en lo que respecta a la cantidad y distribución de los mismos. Sin embargo, a esta situación se le incorpora la reducción de las cuencas de captación, la remoción del suelo que genera la colmatación de las lagunas y por otra parte a la incorporación de fertilizantes y pesticidas que inciden directamente en la calidad del agua, poniendo riesgo el ecosistema que en ellas se inserta.

7. CONCLUSIONES

El estudio temporal de los cambios morfométricos de las lagunas del departamento Bella Vista (Corrientes) ha permitido demostrar que estos cuerpos de agua someros poseen una rápida respuesta a los períodos húmedos y secos de la región, ya que la misma se manifiestan de un año al otro.

En este sentido, se pudo establecer que el 24% de las lagunas estudiadas reaparecen en un lapso de un año, luego de manifestarse precipitaciones superiores a la media anual.

La implementación del Índice de Cambio ha permitido establecer una clasificación de las lagunas en función de las respuestas morfométricas entre ambos años estudiados, complementando al cociente de elasticidad a la hora de conocer la amortiguación hídrica de cada cuerpo de agua. Este indicador morfométrico ha podido discriminar aquellas lagunas que se segmentan en períodos secos de las que sólo reducen su superficie, demostrando que resulta eficiente a la hora de realizar estudios de larga data.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó con financiamiento del proyecto B009-2014 de la Secretaría General de Ciencia y

Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste. Los autores agradecen las sugerencias realizadas por los evaluadores.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adrian, R., O'reilly, C., Zagarese, H., Baines, S., Hessen, D.O., Keller, W., Livingstone, D.M., Sommaruga, R., Straile, D., Van Donk, E., Weyhenmeyer, G.A. & Winder, M. (2009). *Lakes as sentinels of climate change*. *Limnol. Oceanogr.* 54. 2283–2297.
- Bécares, E.; Conty, A.; Rodríguez Villafañe, C. & Blanco, S. (2004). *Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos*. *Ecosistemas*. 17 (2). 2-12.
- Beklioglu, M.; Altinayar, G. & Tan, C.O. (2001), Octubre. *Role of water level fluctuations, nutrients and fish in determining the macrophyte-dominated clear water states in five Turkish shallow lakes*. Presentada en SHALLOW LAKE WETLANDS: ECOLOGY, EUTROPHICATION AND RESTORATION INTERNATIONAL WORKSHOP, Ankara, Turquía.
- Blindow, I. (1992). *Long and short-term dynamics of submerged macrophytes in two shallow eutrophic lakes*. *Freshwater Biology*. 28. 15 – 27.
- Brinson, M. (2004). *Conceptos y desafíos de la clasificación de humedales*. En: A. MALVÁREZ (Ed.) *Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina*, pp. 25 – 33. Buenos Aires: Ed.
- Bohn, V. Y.; Perillo, G. M. E. & Piccolo, M. C. (2011). *Distribution and morphometry of shallow lakes in a temperate zone (Buenos Aires Province, Argentina)*. *Limnética*. 30 (1). 89 – 102.
- Contreras, F. I. (2016), Mayo. *Distribución y dinámica natural de las lagunas de la región de lomadas arenosas de la provincia de Corrientes (Argentina)*. XI JORNADAS NACIONALES DE GEOGRAFÍA FÍSICA. San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina.
- Contreras, F. I. (2015). *El impacto ambiental del crecimiento espacial de la ciudad de Corrientes sobre lagunas periurbanas*. *Boletín Geográfico. UNComa*. 37. 29 – 42.
- Contreras F. I. & Paira A. R. 2015. *Comparación morfométrica entre lagunas de la planicie aluvial del río Paraná Medio y la Lomada Norte (Corrientes, Argentina)*. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*. 24 (1): 61-71.
- Contreras, F. I.; Ojeda, E. A. & Contreras, S. A. (2014). *Aplicación de la Línea de Costa en el estudio morfométrico de las lagunas de las lomadas arenosas de Corrientes, Argentina*. *Contribuciones Científicas GAEA*. 26. 65 – 78.
- Fernández Aláez, M.; Fernández Aláez, C.; García Criado, F. & Trigal Domínguez, C. (2004). *La influencia Del régimen hídrico sobre las comunidades de macrófitos de lagunas someras de la Depresión del Duero.* *Ecosistemas* 2004/2 Disponible: <http://www.aet.org/ecosistemas/042/investigacion6.htm>
- Frenquelli, J. 1924. *Apuntes geomorfológicos sobre el interior de la provincia de Corrientes*. Casa Coni. Argentina
- Gafny, S. & Gasith, A. (1999). *Spatially and temporally sporadic appearance of macrophytes in the littoral zone of lake Kinneret, Israel: taking advantage of a window of opportunity*. *Aquatic. Botany*. 62. 249-267.
- Geraldes, A.M. & Boavida, M.J.L. (2005). *Seasonal water level fluctuations: implications for reservoir limnology and management*. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*. 10. 59-69.
- Gronewold, A.D., Bruxer, J., Durnford, D., Smith, J.P., Clites, A.H., Segle-

- nieks, F., Gian, S., Hunter, T.S. & Fortin, F. (2016). *Hydrological drivers of record-setting water level rise on Earth's largest lake system*. *Water Resources Research*. 52. 4026–4042.
- Hofmann, H., Lorke, A. & Peeters, F. (2008). *Temporal scales of water level fluctuations in lakes and their ecological implications*. *Hydrobiologia*. 613. 85-96.
- Iriondo, M. (1984). *The Quaternary of northeastern Argentina*. En: Rabassa (Ed.) *J. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. Vol. 2. pp. 51–78.
- Lehner, B., Döll, P., Alcamo, J., Henrichs, T. & Kaspar, F. (2006). *Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis*. *Climatic Change*. 75. 273–299.
- Moss, B.; McGowan, S. & Carvahlo, L. (1994). *Determination of phytoplankton crops by top-down and bottom-up mechanisms in a group of English lakes, the West midland meres*. *Limnology and Oceanography*. 39. 1020-1029.
- Neiff, J.J. (2003). *Los Ambientes Acuáticos y Palustres del Iberá*. En: A. S. G. Poi de Neiff (Ed.) *Limnología del Iberá, aspectos físicos, químicos y biológicos de las aguas*. pp. 3-15 Corrientes, Argentina.
- Odriozola, M. P. & Contreras, F. I. (2016). *Distribución de las lagunas de la Lomada Norte basadas en una clasificación no supervisada de imágenes satelitales de Landsat 5 TM*. En: Contreras, F. I. & Odriozola, M. P. (Comp). *III Libro de la Junta de Geografía de la Provincia de Corrientes*. Pp. 23 – 32.
- Paira, A. & Drago, E. 2006. *Genetical, morphological and evolutionary relationships of the floodplain lakes in the Middle Paraná River hydrosystem*. *Zeitschrift für Geomorphologie*. 145. 207-228.
- Popolizio, E. (1984). *Importancia de la fotointerpretación Geomorfológica en las Obras de Ingeniería de las Llanuras*. *Geociencias*. 12. 26 – 28.
- Timms, B. (1992). *Lake Geomorphology*. Gleneagles Publishing. Australia.