

IMPACTOS DE EVENTOS SECOS Y LLUVIOSOS SOBRE CUERPOS DE AGUA PERIURBANOS SUBTROPICALES: APORTE AL ORDENAMIENTO DEL ESPACIO URBANO DE CORRIENTES (ARGENTINA)

FÉLIX IGNACIO CONTRERAS¹

FEDERICO FERRELLI²

MARÍA CINTIA PICCOLO³

RESUMEN – El conocimiento de la respuesta hidrológica de las lagunas urbanas subtropicales ante distintos eventos de sequías o inundaciones es esencial para orientar las políticas de ordenamiento del espacio urbano de manera sustentable. La provincia de Corrientes (Argentina) presenta un paisaje caracterizado por numerosas lagunas subtropicales en las que en sus márgenes se construyen estructuras urbanas. En este contexto, el estudio de la variabilidad pluviométrica, junto con sus efectos sobre estos cuerpos de agua es crucial para generar un sistema de alerta temprana con la finalidad de reducir los riesgos de inundación. Por ello, el objetivo de este estudio fue analizar la variabilidad pluviométrica de Corrientes y los cambios morfométricos de las lagunas y charcas subtropicales ante eventos extremos de sequías, inundaciones y eventos pluviométricos normales. Para ello, se analizaron series históricas de precipitación para el período 1962-2018, proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional (Argentina). Utilizando métodos de la normal, de quintiles y el Índice Estandarizado de Precipitación se estudiaron los eventos secos, húmedos y normales. Posteriormente, con el análisis de imágenes satelitales *Landsat* y de *Google Earth* se estudió la evolución de las áreas construidas, durante eventos secos y su impacto ante eventos lluviosos. Los resultados demostraron que estos cuerpos de agua periurbanos presentan una rela-

Recibido: fevereiro 2020. Aceite: maio 2020.

¹ Investigador Asistente, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL), Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) – CONICET, Auxiliar Docente, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste. Ruta 5, km 2,5, CP: 3400 Corrientes, Argentina. E-mail: ignaciocontreras@conicet.gov.ar

² Investigador Asistente, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS) - CONICET, Auxiliar Docente, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. E-mail: fferrelli@criba.edu.ar

³ Investigadora Superior, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS) - CONICET, Profesora Emérita, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. E-mail: ofpiccol@criba.edu.ar

ción con los eventos pluviométricos y responden inmediatamente a la variabilidad climática local, exponiendo los frentes de avance de la ciudad en áreas periurbanas a ocupar espacios correspondientes a lagunas. Las mismas pueden reducir su tamaño e incluso secarse, aun cuando se presenten años extremos de inundación.

Palabras clave: Sequía e inundaciones; eventos extremos; lagunas periurbanas; cambios morfométricos; lagunas subtropicales.

RESUMO – IMPACTOS DE EVENTOS SECOS E CHUVOSOS NOS CORPOS DE ÁGUA PERIURBANOS SUBTROPICAIS: CONTRIBUIÇÃO PARA O ORDENAMENTO DA ÁREA URBANA DE CORRIENTES (ARGENTINA). O conhecimento da resposta hidrológica de lagoas urbanas subtropicais a diferentes eventos de seca ou inundação é essencial para orientar as políticas sustentáveis de gestão do espaço urbano. A província de Corrientes (Argentina) apresenta uma paisagem caracterizada pela localização de inúmeras lagoas subtropicais nas margens das quais se constroem estruturas urbanas. Neste contexto, o estudo da variabilidade das chuvas, juntamente com os seus efeitos sobre esses corpos de água, é crucial para gerar um sistema de alerta precoce, a fim de reduzir os riscos de inundação. Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade das chuvas de Corrientes e as mudanças morfométricas das lagoas e charcos subtropicais em caso de eventos extremos de seca, inundações e eventos normais de chuva. Para isso, foram analisadas séries históricas de precipitação para o período de 1962 a 2018, fornecidas pelo Serviço Nacional de Meteorologia (Argentina), e foram aplicados os métodos normal, quintil e Índice de Precipitação Padronizado para analisar eventos secos, húmidos e normais. Posteriormente, com a análise das imagens de satélite *Landsat* e *Google Earth*, foi estudada a evolução das áreas construídas durante eventos secos e seu impacto em eventos chuvosos. Os resultados mostraram que esses corpos de água periurbanos apresentaram uma estreita relação com os eventos pluviométricos, respondendo imediatamente à variabilidade climática local e expondo as frentes da cidade em áreas periurbanas a ocupar espaços correspondentes a lagoas. As mesmas podem reduzir o seu tamanho ou secar, mesmo em anos extremos de inundação.

Palavras-chave: Secas e inundações; eventos extremos; lagoas periurbanas; alterações morfométricas; lagoas subtropicais.

ABSTRACT – THE IMPACT OF DRY AND WET EVENTS ON SUBTROPICAL PERI-URBAN SHALLOW LAKES: A CONTRIBUTION TO URBAN PLANNING OF CORRIENTES CITY (ARGENTINA). Knowing the hydrological response of subtropical urban shallow lakes subjected to drought or flood events is essential to guide sustainable urban space management policies. The province of Corrientes (Argentina) presents a landscape characterized by numerous subtropical shallow lakes in which urban structures are built on its edges. In this context, the study of rainfall variability and its effects on these water bodies is crucial to generate an early warning system to reduce the risk of flood. In this sense, this study aims to analyse the rainfall variability of Corrientes as well as the morphometric changes in the shallow lakes and ponds during normal rainfall events and extreme events such as floods and droughts. Meteorological data from the period 1962-2018 were analysed applying normal, quintiles methods and a standardized precipitation index. Dry and wet events were identified and subsequently, satellite images were studied to measure the building area. Results demonstrate that the peri-urban shallow lakes have a relationship with the pluviometrical events and they vary immediately in line with local climate condi-

tions, exposing the areas of these lakes to be replaced by urban buildings. These water bodies change their size and even dry out, although there are extreme events of flooding.

Keywords: Drought and floods; extreme events; peri-urban shallow lakes; morphometric changes; shallow subtropical lakes.

RÉSUMÉ – IMPACTS DES ÉVÉNEMENTS SECS ET PLUVIEUX SUR LES CORPS D'EAU PÉRIURBAINS SUBTROPICAUX: CONTRIBUTION À L'AMENAGEMENT DE L'AIRES URBAINE DES CORRIENTES (ARGENTINE). La connaissance de la réponse hydrologique des lacs urbains subtropicaux aux différents épisodes de sécheresse ou d'inondation est essentielle pour guider de manière durable les politiques de gestion de l'espace urbain. La province de Corrientes (Argentine) présente un paysage caractérisé par l'emplacement de nombreuses lagunes subtropicales dans lesquelles les rivages sont construits. Dans ce contexte, l'étude de la variabilité des précipitations, ainsi que de ses effets sur ces masses d'eau, est essentiel pour générer un système d'alerte précoce afin de réduire les risques d'inondation. Par conséquent, l'objectif de cette étude était d'analyser la variabilité des précipitations à Corrientes et les changements morphométriques des lagunes et des étangs subtropicaux en cas de sécheresse extrême, d'inondation et de pluie normale. Pour cela, des séries historiques de précipitations ont été analysées pour la période 1962-2018, fournies par le Service Météorologique National (Argentine). La loi normale, les quintiles et l'index Normalisé de Précipitations ont été appliqués pour analyser les événements secs, humides et normaux. Par la suite, avec l'analyse des images satellites *Landsat* et *Google Earth*, l'évolution des zones bâties a été étudiée lors des événements secs, ainsi que leur impact sur les événements pluvieux. Les résultats ont montré que ces masses d'eau périurbaines présentaient une relation étroite avec les événements pluvieux, répondant immédiatement à la variabilité climatique locale et exposant les fronts de la ville dans les zones périurbaines à occuper des espaces correspondant à des lagunes qui peuvent réduire leur taille ou bien peuvent sécher, même dans les années extrêmes d'inondation.

Mot clés: Sécheresse et inondations; événements extrêmes; lagunes périurbaines; changements morphométriques; lagunes subtropicales.

I. INTRODUCCIÓN

Los lagos y lagunas adquieren relevancia ecológica, limnológica y económica, debido a su productividad, al ser utilizados como soporte de actividades humanas tales como el turismo, la recreación y la pesca y como receptores naturales de agua (González-Dávila, Ventura-Houle, De la Garza-Requena, & Heyer-Rodríguez, 2019). A pesar de su importancia como centinelas del cambio climático, las lagunas costeras y lagos urbanos y periurbano son a menudo contaminados, producto de su localización geográfica (Specchiulli *et al.*, 2010). Sus fluctuaciones espacio-temporales, se utilizan en la generación de modelos predictivos de futuros escenarios de cambio global, relacionados con la disponibilidad de agua. En este sentido, el desafío actual del ordenamiento territorial es el de lograr una gobernanza del agua funcional e integral, que implique el acceso de futuras generaciones a este recurso, garantizando su consumo. En la actualidad, la gestión y estudios del agua se

ha convertido en un desafío para las sociedades del mundo por dos razones. Por un lado, por el desafío que plantea la variabilidad climática y sus efectos sobre los ecosistemas lacustres. Por el otro, por la necesidad de satisfacer la demanda hídrica de la población. Ante el aumento poblacional constante, se plantean nuevos desafíos para la gestión del territorio que están orientados principalmente a un manejo sustentable de los recursos naturales, destinados a la protección de los ecosistemas marinos y terrestres (Moreiras & Ibor, 2018).

Los sistemas acuáticos son muy sensibles a las variaciones ambientales. Entre ellos, se destacan el clima, la tectónica de placas, las variaciones en la cubierta vegetal y en los sedimentos en suspensión, entre otros. Todas las fluctuaciones que se generen en estos cuerpos de agua, a través del tiempo, quedan asentados en el sedimento, afectando sus características físico-químicas. Esto ocasiona consecuentes procesos de eutrofización y modificaciones morfométricas (Costamagna, Halac, Ruiz, & Piovano, 2019). De todos estos cambios los más rápidos se relacionan con la variabilidad pluviométrica, dado que impactan directamente sobre los cuerpos de agua, principalmente en aquellos de carácter somero (Ferrelli & Aliaga, 2016).

La variabilidad de la precipitación, tanto estacional como anual, tiene un rol importante en el desarrollo físico, químico, biológico y morfométrico de los lagos subtropicales. En estas regiones, el número y el tamaño de las lagunas está determinado por la precipitación, la escorrentía y la evapotranspiración (Bezerra *et al.*, 2019).

En la Argentina hay un número significativo de lagos y lagunas que, en general, son de escasa profundidad. En el noreste del país, localizado en la zona de climas subtropicales, las lagunas se caracterizan por ser principalmente microcubetas de menos de 0,01ha de extensión, aunque en menor medida, se desarrollan lagunas pequeñas de hasta 10ha (Contreras & Contreras, 2017). Particularmente, en la provincia de Corrientes, se emplaza un número significativo de lagunas y charcas que tienen una rápida respuesta morfométrica ante eventos pluviométricos extremos (Contreras & Paira, 2016). Gran parte de ellas, se localizan en las márgenes de centros poblados. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar los impactos de la variabilidad pluviométrica sobre las lagunas periurbanas que forman parte del paisaje de la ciudad de Corrientes. Este conocimiento es fundamental para diseñar un plan de manejo sustentable del territorio ante la evidencia de que, en años muy lluviosos, las lagunas tienden a desbordarse generando el anegamiento e inundaciones de grandes centros poblados.

II. METODOLOGÍA Y ÁREA DE ESTUDIO

1. Área de estudio

La provincia de Corrientes está localizada en el noreste de la Argentina (fig. 1). Su paisaje corresponde al mega abanico aluvial del río Paraná, el cual se subdivide en áreas deprimidas conocidas localmente como esteros. Estos son paleocauces resultantes de la

divagación del río sobre el mega abanico. Por otra parte, las áreas interfluviales, en la actualidad actúan como lomadas de 5 y 30km de ancho y 100 a 250km de largo.

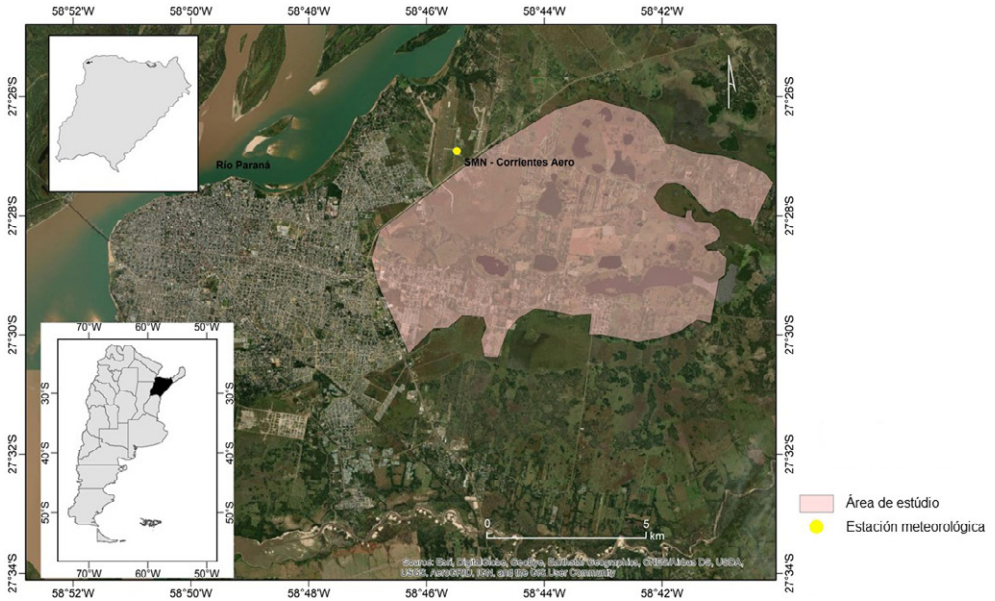


Fig. 1 – Área de estudio. Figura en color disponible en línea.

Fig. 1 – Study area. Colour figure available online.

El paisaje de lomadas arenosas se caracteriza por la presencia de pastizales y bosques de ribera que se ubican principalmente en los límites entre las lomadas y las áreas deprimidas. No obstante, la principal característica paisajística de las lomadas es la gran cantidad de pequeñas lagunas circulares. El paisaje de lomadas arenosas en la provincia de Corrientes (Argentina) poseen un total de 38 926 lagunas, con una densidad de 3 lagunas por km², las cuales representan un 20% del mismo (Contreras & Contreras, 2017). Al depender exclusivamente de las precipitaciones locales, estos cuerpos de agua son sumamente dinámicos y responden rápidamente a las condiciones meteorológicas locales de tal forma, que hasta un 25% de las mismas pueden llegar a secarse si los eventos extremos de sequía perduran varios años.

En el área de estudio, se registran anualmente 1400mm, los cuales pueden variar normalmente entre 1200 y 1500, en ciclos que duran alrededor de dos años y está muy afectada por el fenómeno El Niño – Oscilación del Sur (ENSO). A partir del año 2015 y de manera consecutiva por tres años se han manifestado fenómeno de El Niño. En el año 2016 durante tres años consecutivos se han registrado precipitaciones que han superado los 2000mm anuales, 600mm más de lo normal. En este contexto, el área periurbana de la ciudad de Corrientes, que en este caso cumple el rol de estudio de caso, es el ejemplo más

representativo de todos los ejidos urbanos ubicados en las lomadas arenosas del paleoaluvial del río Paraná, que integra no solo territorio argentino, sino además el sudoeste de la República del Paraguay.

La importancia de este sector, se plasma en la ocupación de nuevos espacios que, si bien prima un paisaje rural, lentamente se va transformando en uno urbano, al margen de no tener todos los servicios propios de un área netamente urbana (Contreras & Fantín, 2015). En este sentido, obras como redes de agua potable, cloacales o desagües pluviales no se encuentran presentes, aumentando la vulnerabilidad de una población cuyas viviendas fueron construidas en eventos extremos secos y, por lo tanto, la manifestación de un evento extremo de inundación los expone a pérdidas materiales y deterioro de la salud ambiental.

2. Metodología

2.1. Análisis de datos

Se recabó información con una frecuencia diaria, mensual y estacional de precipitaciones para la estación meteorológica de Corrientes, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (SMN, Argentina) (fig. 1). Inicialmente, se realizó un test de calidad y homogeneidad de la información meteorológica. Para ello, se tabularon los datos para identificar los períodos sin datos, las inconsistencias y los errores, siguiendo la metodología propuesta por Zhou, Aizen, y Aizen (2018). En una segunda etapa, se verificó la calidad y homogeneidad de la información. La primera, se realizó con el software *RclimDex* (Zhang & Yang, 2013), mientras que la segunda con el paquete *RHTest4*, ambas utilizando el *Software R* (Wang, Chen, Wu, Feng, & Pu, 2010). Con ellos, se calculó además el porcentaje de información perdida y el número de valores atípicos. En este estudio estos fueron inferiores al 2 y al 0,3%, respectivamente.

2.2. Estudio de la variabilidad pluviométrica

Para conocer la variabilidad pluviométrica del área de estudio, se realizó una caracterización de los montos anuales, estacionales y mensuales. Por un lado, se realizó un análisis de las precipitaciones a escala anual. Para ello, se calcularon los métodos de Quintiles (Bolognesi, 1971) y de la Normal para caracterizar los años en secos, normales y húmedos (Ferrelli, Bohn, & Piccolo, 2012). Los quintiles se identificaron en Q1, Q2, Q3 y Q4 (cuadro I), considerando la siguiente formula:

$$Q_k = \frac{k_n}{5},$$

donde k es el orden del quintil (k = 1, 2, 3, 4) y n es el número de observaciones. La clasificación de los resultados se presenta en lo cuadro I.

Cuadro I – Clasificación pluviométrica según el método de quintiles.

Table I – Annual rainfall classification according to Quintile method.

Caracterización	Forma en la que se los clasifica
Año muy seco	$P < 1Q$
Año seco	$1Q \leq P < 2Q$
Año normal	$2Q \leq P < 3Q$
Año lluvioso	$3Q \leq P < 4Q$
Año muy lluvioso	$P \geq 4Q$

Fuente: Bolognesi (1971)

Por otro lado, se estudiaron los eventos secos y húmedos, aplicando el Índice Estandarizado de Precipitación (IEP). El mismo, es recomendado por Lincoln Declaration on Drought Indices (Hayes, Svoboda, & Widhalm, 2011) por ser el más adecuado para estudiar las sequías en América del Sur (Penalba & Rivera, 2016; Aliaga, Ferrelli, & Piccolo, 2017). El IEP ha sido ampliamente utilizado para el análisis de las sequías y la identificación de escenarios futuros en distintas escalas espacio-temporales en distintas partes del mundo, dado que estima los impactos de las actividades que dependen directamente de la precipitación, por ejemplo, la agricultura y para evaluar la disponibilidad de agua superficial (Strzepek, Yohe, Neumann, & Boehlert, 2010). De esta manera es un índice que calificado para evaluar los efectos de la alternancia de eventos secos y húmedos y sus efectos sobre la morfometría de las lagunas. Esto es así debido a que identifica diferentes tipos de sequías y eventos húmedos, comportándose como un excelente indicador para evaluar los impactos sobre los cuerpos de agua, la agricultura y la ganadería (McKee, Doesken, & Kleist, 1993; Edwards, McKee, Doesken, & Kleist, 1997).

El IEP se calculó con series de datos mensuales de precipitación acumulada. El mismo permitió evaluar los eventos de sequías e inundaciones de forma mensual, estacional y anual, favoreciendo la representación de los eventos de corta duración. La caracterización de estos eventos se realizó considerando las categorías que se presenta en el cuadro II. Finalmente, los eventos secos y húmedos más extremos del área de estudio se analizaron de acuerdo con: i) Frecuencia: identificada por el número de eventos; ii) Periodicidad: tiempo transcurrido entre un evento y la ocurrencia de otro, iii) Duración: extensión temporal en meses de un evento e iv) Intensidad: valor medio del IEP.

Cuadro II – Clasificación del índice estandarizado de precipitaciones.

Table II – Standard precipitation index classification.

Índice Estandarizado de Precipitación	
Extremadamente seco	< -2
Muy Seco	$< -1,5 < -2$
Seco	$< 1 < -1,5$
Normal	$1 < > -1$
Húmedo	$> 1 < 0,5$
Muy Húmedo	$> 1 < 2$
Extremadamente Húmedo	> 2

2.3. Análisis morfométrico de lagunas subtropicales

Una vez que se establecieron los períodos húmedos, normales y secos, se realizó un estudio de las variaciones morfométricas de 21 lagunas periurbanas para comprender la significativa variabilidad morfométrica de las lagunas (fig. 2). Para ello, se analizaron imágenes satelitales *Landsat 5 TM* y *Landsat 8 OLI*. Las mismas, se descargaron del sitio del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, www.glovis.usgs.gov).

Inicialmente, las imágenes fueron procesadas digitalmente. Esto se realizó aplicando una clasificación no supervisada del tipo *Interactive Self-Organizing Data Analysis Technique* (Algorithm) (ISODATA). Este método diferenció a los cuerpos de agua de la superficie terrestre según su característica radiativa. Para la delimitación de la laguna, en donde se presentaron terrenos húmedos y agua (ambos con baja reflectividad), se procedió a utilizar la técnica de *Masking de ENVI 4.3*. La misma se realizó indicando el rango de valores de los píxeles que correspondieron a la clase agua, dejando fuera los de terrenos húmedos. Esto permitió discriminar la cobertura del agua de los terrenos húmedos. Una vez elaborada, la máscara se aplicó sobre la imagen. Posteriormente, los resultados de las clasificaciones fueron exportados en formato vectorial para ser analizados en el Sistema de Información Geográfica *ArcGIS 10.1*.

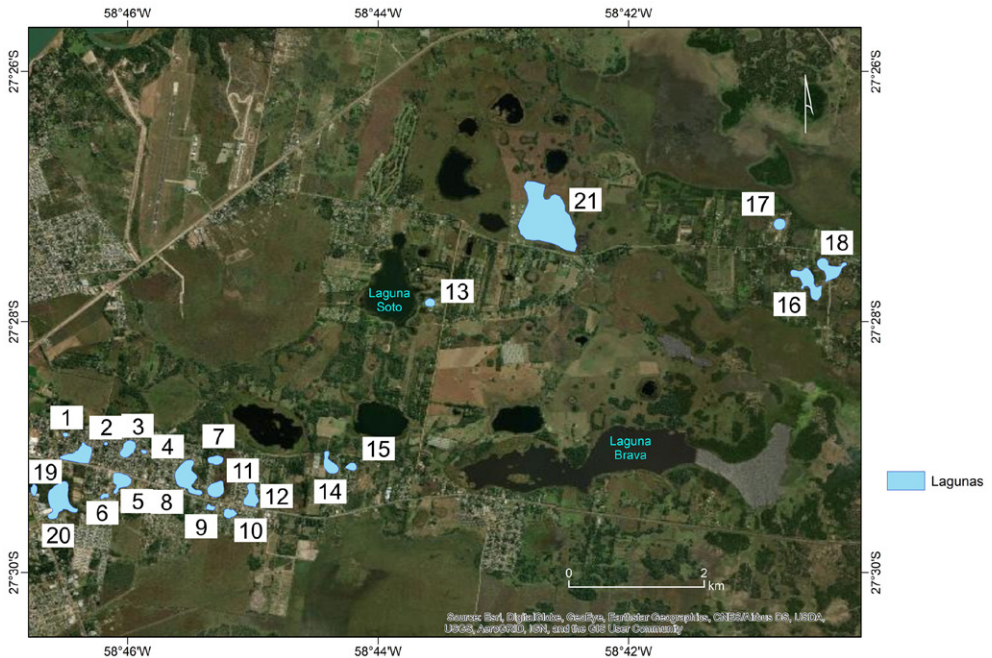


Fig. 2 – Distribución de lagunas analizadas morfométricamente. Figura en color disponible en línea.

Fig. 2 – Distribution of shallow lakes analyzed morphometrically. Colour figure available online.

Por otro lado, una vez que se procesaron las imágenes satelitales, se procedió a calcular los parámetros morfométricos definidos por Hutchinson (1957). Los mismos fueron los siguientes:

- a) Área (A). Extensión en ha del cuerpo de agua en los distintos eventos pluviométricos;
- b) Perímetro (P). Su cálculo fue necesario para obtener el índice de desarrollo de costa;
- c) Longitud Máxima Total (LMT). Es la longitud de la línea que conecta los puntos más extremos de los cuerpos de agua;
- d) Ancho medio (AM). Es la relación existente entre el área del cuerpo de agua con la LMT; e) Ancho máximo (AM). Es la longitud de la línea recta que es perpendicular al eje de la LMT;
- f) Desarrollo de línea de costa (D_v).

El mismo permite definir las formas de las lagunas según Hutchinson (1957), el cual fue readaptado para el paisaje estudio por Contreras y Contreras (2017), n: Circular (1,00 – 1,14), Subcircular (1,15 – 1,29), Triangular (1,3 – 1,99), Irregulares simples (2,00 – 2,99), Dendrítica (3,00 – 3,99) e Irregulares complejas superiores a 4. Esta nueva clasificación se realizó con base en la cantidad y grado de conexión entre lagunas.

2.4. Evaluación del crecimiento urbano sobre áreas inundables

Se estudió la expansión del área construida de la ciudad de Corrientes durante el período 2003-2017. El mismo incluye años normales, secos y húmedos y la finalidad de estudiarlo fue la de evaluar el crecimiento de la ciudad sobre áreas anegables e inundables. Para ello, se procesaron imágenes satelitales *Landsat 5 TM* y *8 OLI* (cuadro III). La expansión de la ciudad se estimó a partir de interpretación visual. Con las imágenes *Landsat 5 TM*, se realizó una combinación de colores RGB (*Red-Green-Blue*) 7-4-2, mientras que con las del *Landsat 8 OLI-TIRS*, la misma fue RGB 7-6-4. Estos falsos colores permitieron observar el área urbana de color magenta, haciendo que los espacios construidos tengan contraste con su entorno (Ferrelli, Bustos, Huamantínco Cisneros, & Piccolo, 2015). Como resultado, se calculó el área urbana construida sobre las lagunas y los resultados fueron corroborados con visita a campo.

Cuadro III – Imágenes satelitales utilizadas para realizar el análisis morfométrico de las lagunas periurbanas (Período 2003-2017).

Table III – Satellite images analyzed to perform the morphometric analysis of periurban lakes (Period 2003-2017).

Satélite	Fecha	Tipo de evento
World Imagery	16/01/2003	Lluvioso
World Imagery	12/08/2005	Normal
World Imagery	08/03/2009	Seco
World Imagery	18/03/2017	Lluvioso
<i>Landsat 8 TM</i> 226/079	22/04/2017	Lluvioso
World Imagery	17/11/2017	Seco

III. CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Corrientes se caracteriza por concentrar las precipitaciones en verano, primavera y principios del otoño (octubre-abril), con montos mensuales superiores a los 100mm. El período comprendido entre mayo y septiembre corresponde al período seco, donde las precipitaciones mensuales oscilan entre 40 y 70mm (fig. 3).

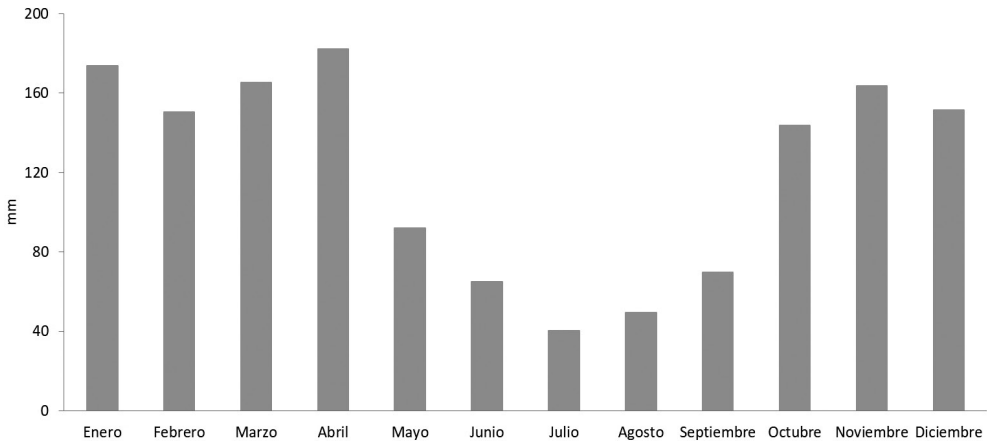


Fig. 3 – Distribución media mensual de Corrientes (1962-2018).

Fig. 3 – Monthly mean rainfall of Corrientes (1962-2018).

La precipitación media anual es de 1437mm. Se observó una gran variabilidad de las precipitaciones durante el período 1962-2018. El año con menor precipitación fue 2008 (891mm), con 545mm por debajo del valor medio. Los períodos más secos fueron 1974-1980 y 2008-2012. Por otro lado, el año más lluvioso fue 1986 con 2164mm anuales (+727mm). Los períodos lluviosos, se identificaron en 1981-1987, 1996-1998 y 2016-2018 (fig. 4).

Por otro lado, el método de Quintiles permitió establecer los años muy secos, secos, normales, lluviosos y muy lluviosos, resultando que los períodos secos son más extensos que los lluviosos. El período comprendido entre 1976 y 1980 corresponde al período más seco de toda la serie analizada con años muy secos, exceptuando 1979 que fue seco. Los períodos secos fueron más frecuentes desde 1962 hasta 1980, en donde su ocurrencia tuvo una duración aproximada de tres años. Posterior a 1980, los períodos secos fueron aislados y su duración fue en general de un año, exceptuando los eventos de 2004-2005 y 2011-2012 que duraron dos años. En contraposición, los períodos húmedos fueron aislados en el período 1962-1980, encontrando eventos de solo un año de duración. Luego de la década de 1980, los mismos se hicieron más frecuentes y su duración osciló entre tres a cuatro años.

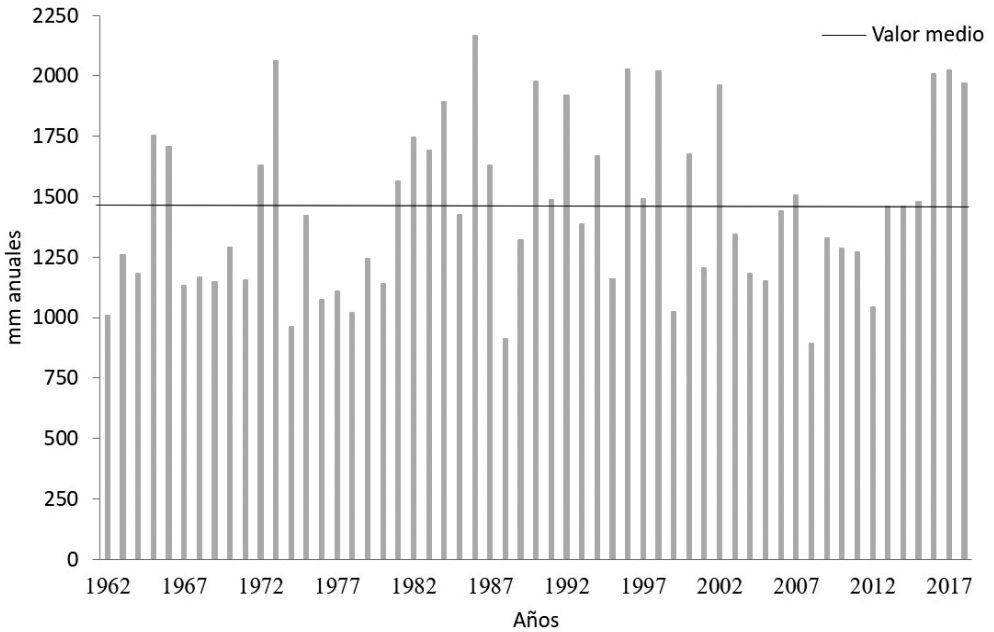


Fig. 4 – Montos anuales de precipitación.

Fig. 4 - Annual precipitation amounts.

El índice Estandarizado de Precipitación permitió analizar estos eventos con mayor detalle dado que se aplicó a escalas temporales mensuales, estacionales y anuales. Se observó que los períodos húmedos tuvieron mayor intensidad que los secos (2,65 y -2,27, respectivamente). Se contabilizaron diez eventos húmedos y seis secos. Los primeros tuvieron una periodicidad de 3 años, una intensidad media de 1,75 y una duración media de 11 meses, mientras que los segundos de 4 años, 9 meses y -1,62, respectivamente (fig. 4). Finalmente, cabe destacar lo ocurrido durante el período 2003-2018. Corrientes se encontraba en la transición de un evento seco a uno normal, luego se sucedieron dos eventos secos consecutivos (2008-2009 y 2011-2012) y a partir de 2016, comenzó a suceder el evento húmedo más intenso de toda la serie estudiada (IEP = 1,98) con una duración de 25 meses (marzo de 2016 a abril de 2018) (fig. 5). Esto ocasionó grandes impactos en el espacio urbano, producto de la modificación morfológica de las lagunas periurbanas.

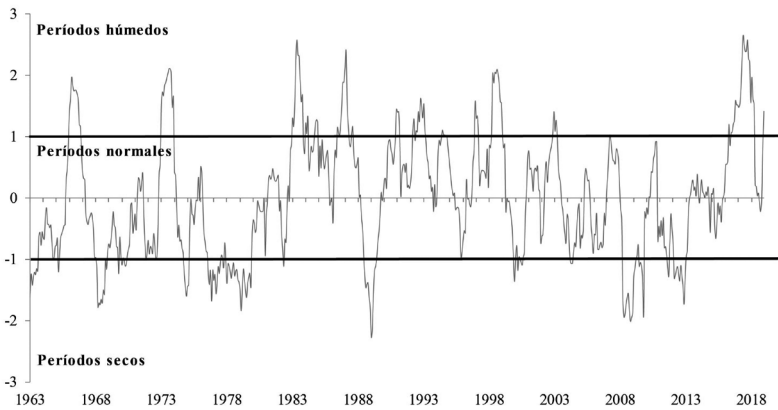


Fig. 5 – Índice Estandarizado de Precipitación aplicado en Corrientes para el período 1962-2018.

Fig. 5 – Standardized Precipitation Index applied to Corrientes for the period 1962-2018.

IV. MODIFICACIONES MORFOMÉTRICAS EN LAS LAGUNAS Y SUS EFECTOS SOBRE EL ESPACIO URBANO

El período de los últimos quince años favoreció la expansión de la ciudad sobre las márgenes de las lagunas y hasta incluso en el interior de estas, debido a que ellas responden de manera directa a los cambios pluviométricos. La sucesión de dos eventos secos seguidos generó que la laguna se redujera de 47 a 33ha, mientras que en posteriores eventos húmedos ocasionaron la inundación de 8 viviendas cuando la laguna había alcanzado una superficie de 660ha, valor significativo ya que representa la máxima ocupación de su cubeta (fig. 6).



Fig. 6 – Fotografía aérea durante la máxima inundación registrada durante en junio 2017. Figura en color disponible en línea.

Fig. 6 – Aerial photograph during maximum flood recorded in June 2017. Colour figure available online.

Fuente: Diario El Litoral de Corrientes

Por otra parte, la evolución de los cambios morfométricos por laguna se observa en los cuadros IV, V y VI. En ellos queda en evidencia los grandes cambios que existen en un mismo cuerpo de agua, incluso al punto de llegar a secarse por completo. Es evidente que la capacidad de amortiguación hídrica, es decir, la capacidad de la laguna por retener agua en períodos de sequía es muy bajo o nulo; sin embargo, en eventos de inundación son importantes reservorios naturales de agua. Por tratarse de áreas nuevas de ocupación por parte de la infraestructura urbana y sumada a la escasa recurrencia en la ocupación de la totalidad de la cubeta, como consecuencia se potencia la amenaza de inundaciones.

Al tratarse de lagunas con poca capacidad de carga y expuestas a altas tasas de evapotranspiración, sumado a un paisaje arenoso que permite la infiltración del agua rápidamente y a un relieve convexo que facilita el escurrimiento superficial hacia las áreas deprimidas que circundan a las lomadas arenosas, las respuestas morfométricas de las lagunas en eventos pluviométricos son inmediatas. Es por ello que, por ejemplo, si bien el año 2017 es considerado como un año muy lluvioso; las precipitaciones se concentraron en el primer semestre, siendo escasas durante el segundo. En este último contexto, las lagunas no solo redujeron su tamaño máximo logrado durante el mes de junio, sino que existen casos de lagunas que se han secado por completo. Esta última situación, en parte está ligada a la pérdida en la capacidad de carga de la laguna asociada a la construcción de viviendas, trazado de calles, rellenos, etc. (Contreras, 2015). De allí que, para el autor, la expansión urbana es la principal causa de extinción de lagunas y a su vez, las lagunas constituyen la mayor amenaza de inundaciones en las áreas periurbanas.

Cuadro IV – Morfometría de lagunas periurbanas luego de un evento extremos de inundación (2003).

Table IV – Morphometric analyses of the periurban lakes during a severe flood (2003).

Ciudad de Corrientes: 16 de diciembre de 2003						
Laguna	Área (ha)	Perímetro (m ²)	Longitud max (m)	Ancho máx (m)	Ancho medio (m)	D _L
1	0,3635	219	76	60	48	1,02
2	6,8366	1207	436	250	157	1,30
3	1,0736	412	168	81	64	1,12
4	11,955	1714	581	385	206	1,40
5	0,1902	158	54	46	35	1,02
6	3,642	731	275	169	132	1,08
7	0,3627	227	80	63	46	1,06
8	0,6410	324	126	71	51	1,14
9	4,5942	948	309	255	149	1,25
10	9,8138	1547	506	289	194	1,39
11	2,1608	554	212	139	102	1,06
12	4,1086	748	261	219	158	1,04
13	4,5798	941	353	192	130	1,24
14	0,7915	353	127	82	62	1,12
15	1,7589	511	172	137	103	1,09
16	3,5879	891	348	167	103	1,33
17	1,2730	415	145	120	88	1,04
18	1,2855	406	129	124	100	1,01
19	2,0704	513	167	156	124	1,01
20	8,1563	1621	505	251	162	0,50
21	6,2263	1301	390	357	174	0,40

Cuadro V – Morfometría de lagunas periurbanas luego de un evento normal (2005).

Table V – Morphometric analyses of the periurban lakes during a normal event (2005).

Ciudad de Corrientes: 12 de agosto de 2005						
Laguna	Área (ha)	Perímetro (m ²)	Longitud max (m)	Ancho máx (m)	Ancho medio (m)	D _i
1	0	0	0	0	0	0,00
2	5,0147	1127	363	239	138	1,42
3	0,9963	379	150	86	66	1,07
4	11,955	1714	512	332	233	1,40
5	0,0598	94,4	34	24	17	1,09
6	2,1575	578	230	120	94	1,11
7	0,1864	165	61	39	30	1,08
8	0,0192	51	18	12	11	1,05
9	3,4628	834	290	209	119	1,26
10	7,7596	1437	469	246	165	1,46
11	1,5275	464	167	121	91	1,06
12	3,5563	690	248	207	143	1,03
13	3,0637	807	303	177	101	1,30
14	0,6086	313	115	64	53	1,13
15	0,8527	353	136	83	63	1,08
16	1,8738	516	199	116	94	1,06
17	0,6681	294	97	85	69	1,01
18	0,8123	324	110	98	74	1,01
19	1,7245	473	152	150	114	1,02
20	2,8943	989	304	117	95	0,50
21	3,5338	851	322	181	195	0,27

Cuadro VI – Morfometría de lagunas periurbanas luego de un evento de sequía extrema (2009).

Table VI – Morphometric analyses of the periurban lakes during a severe drought (2009).

Ciudad de Corrientes: 8 de marzo de 2009						
Laguna	Área (ha)	Perímetro (m ²)	Longitud max (m)	Ancho máx (m)	Ancho medio (m)	D _i
1	0	0	0	0	0	0,00
2	6,8366	1207	436	250	157	1,30
3	0	0	0	0	0	0,00
4	0	0	0	0	0	0,00
5	0,1902	158	54	46	35	1,02
6	3,6420	731	275	169	132	1,08
7	0,3627	227	80	63	46	1,06
8	0	0	0	0	0	0,00
9	3,2184	820	285	204	113	1,29
10	6,7089	1187	450	289	149	1,29
11	0,0496	81,2	28	23	18	1,03
12	2,4300	687	192	165	126	1,24
13	2,7211	808	353	154	77	1,38
14	0	0	0	0	0	0,00
15	0	0	0	0	0	0,00
16	1,3403	459	179	87	75	1,12
17	1,2730	415	78	56	163	1,04
18	0,3035	202	66	55	46	1,03
19	1,8046	486	161	143	112	1,02
20	9,2078	2000	303	116	304	0,28
21	3,8594	927	332	215	180	0,31

En cuanto a los cambios morfométricos son las lagunas más pequeñas, someras o con mayor elasticidad hídrica, las que se encuentran más vulnerables frente al impacto antrópico. Se entiende por elasticidad hídrica a los cambios en el tamaño de la superficie del cuerpo de agua durante los eventos extremos. Una mayor elasticidad indica que la laguna puede secarse o hasta incluso dejar grandes extensiones de su cubeta seca durante los períodos secos. Contrariamente, en aquellas lagunas de mayor tamaño, permanentes o con menor elasticidad, no se han observado casos de construcciones de viviendas. Cabe destacar que las principales áreas que desaparecen o reducen su tamaño, son sectores símil apéndices, canales conectores entre lagunas o áreas temporalmente ocupadas por el agua conectando dos o más lagunas. Una vez que la laguna encierre una única cubeta, la misma se irá secando de manera concéntrica. De allí que es posible encontrar un mayor número de lagunas en períodos secos que en húmedos. Las formas de evolución de estas lagunas responden a los patrones de evolución de la región de lagunas de lomadas arenosas en general, es decir; se vuelven circulares a medida que se van secando, mientras que adoptan formas de triangulares a complejas en períodos de eventos inundación, principalmente durante desbordes.

V. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO URBANO SOBRE ÁREAS INUNDABLES

La cartografía que indica la cantidad de viviendas construidas por laguna (fig. 7) evidencia un total de 23 cuerpos de agua afectados en el área periurbana de la ciudad de Corrientes. En total se han detectado 265 construcciones cuya mayoría son viviendas residenciales y un pequeño número de galpones instalados sobre las principales vías de acceso.

El desarrollo humano y el crecimiento espacial de las ciudades ineludiblemente se vinculan con la transformación del paisaje a raíz de la ocupación de nuevos espacios. En este sentido, son las áreas periurbanas los sectores que exponen a la población a situaciones riesgosas y vulnerables, ya que se habla de paisajes rurales, pero con una población con prácticas y necesidades urbanas. Los problemas de inundación y anegamientos no son nuevos para la ciudad de Corrientes, donde según Contreras y Fantín (2015) existen reiterados problemas dentro del ejido urbano de la ciudad desde el año 1814 por la constante ocupación de áreas inundables y anegables. Surge entonces la pregunta de las causas por las cuales una población que culturalmente se vincula con este tipo de paisajes, generación a generación, repite estas malas prácticas de ocupación de los espacios que los dejan expuestos a sufrir, principalmente, pérdidas materiales.

Una respuesta podría tenerla Ríos (2017), cuando hace referencia al término “amnesia ambiental” propuesto por Davis (1999). En síntesis, busca responder la pregunta de cómo los actores sociales que han vivenciado un determinado riesgo continúen expuestos o vuelvan a recaer en él. Frente a esta propuesta, se podría hablar de una población que, a partir de obras o mejoras en las instalaciones urbanas; genere una “falsa sensación de seguridad”, creyendo que el riesgo se ha mitigado (Vallejo & Vélez, 2009).

Sin embargo, existe una variable fundamental y es la recurrencia en la manifestación del riesgo.

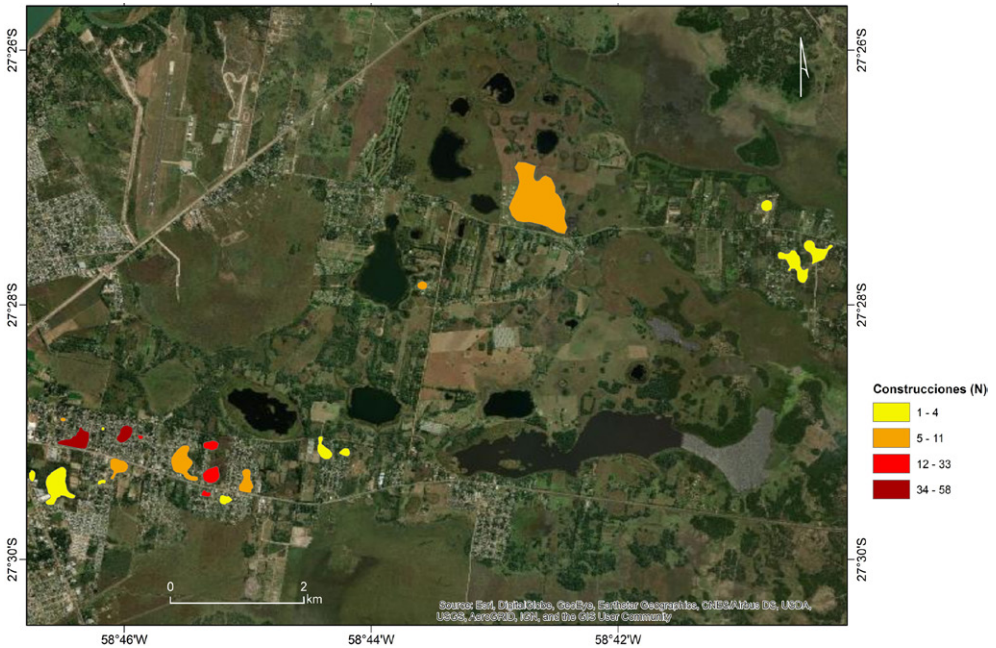


Fig. 7 – Distribución de lagunas con construcciones urbanas y número de viviendas dentro de la cubeta. Figura en color disponible en línea.

Fig. 7 – Spatial distribution of the lakes with urban buildings and number of buildings inside the lake. Colour figure available online.

Se entiende por amnesia a la pérdida total o parcial de la memoria que impide recordar o identificar experiencias o situaciones pasadas que, si lo transferimos a la amnesia ambiental, se relaciona con la pérdida total o parcial de los recuerdos que permiten identificar experiencias o situaciones pasadas vinculadas con el riesgo. Sin embargo, esta definición, se vincula únicamente con una determinada generación que recurrentemente recae en el riesgo. En otras palabras, si el riesgo se manifiesta con un salto generacional de la población entre eventos y sin una planificación urbana eficiente, no quedan dudas que esta nueva generación será vulnerable a la amenaza del riesgo.

Para el caso de estudio, no existen registros de tres años consecutivos con más de 2000mm de precipitación, a su vez los análisis estadísticos mencionan que los períodos húmedos son menos duraderos, pero que en los últimos años se hicieron más frecuentes. El último máximo de inundación extrema semejante al actual se dio en 1983, es decir que han pasado 30 años para que sucedan eventos de estas magnitudes.

Por otro lado, no se debe de olvidar que la manifestación de un riesgo abre la posibilidad de que surjan nuevos que, potencialmente sean más graves que el riesgo de origen. Teniendo como ejemplo la inundación por el desborde de lagunas y que en las áreas periurbanas se carece de servicios como redes de agua potable o cloacales, el aumento del nivel del agua de la laguna puede generar un deterioro en la salud ambiental de la población y su exposición a diferentes tipos de enfermedades. En este sentido, si bien el agua para consumo se extrae de napas cuya profundidad se encuentra entre los 18 y 22m, son los residuos cloacales depositados en una cámara localmente llamada “Pozo negro” de 4m de profundidad quien expone a la salud familiar, ya que se encuentra a nivel de la superficie.

Para evitar la manifestación de riesgos de inundaciones es clave poseer un ordenamiento territorial funcional y que responda a los detonantes que generan el riesgo. En este caso, a la variabilidad climática y su recurrencia, como así también al conocimiento del paisaje y sus dinámicas naturales, ya que a partir de allí se podrán generar políticas de planificación urbana que respondan a una población demandante en la ocupación de nuevos espacios, pero sin que la misma se exponga a la manifestación del riesgo. De lo contrario, si la planificación urbana no contempla las características del paisaje, el desastre se encuentra muy lejos de disiparse. De allí también que esta situación afecta a viviendas con contrastes socioeconómicos muy marcados. En el primer caso, un conjunto de casas construidas en un barrio privado en el año 2013, a causa de un desarrollo inmobiliario que buscaba fomentar el “turismo residencial” (Contreras, 2015), no implicó atraer a un turista externo de la ciudad sino, más bien, desplazar a la población urbana a un área residencial de espacios abiertos y en contacto con la naturaleza. En segundo lugar, familias de escasos recursos ubicadas a pocos kilómetros del caso anterior fueron afectadas de la misma manera. Sin embargo, las familias con mayor poder adquisitivo tienen mayor capacidad de resiliencia, con la posibilidad de abandonar el hogar hasta que baje el nivel del agua, mientras que en el segundo caso ocurre a la inversa.

Por último, muchas veces se considera que la responsabilidad de las inundaciones recae en la población que por iniciativa propia se ha instalado donde no corresponde. Sin embargo, son frecuentes los casos donde la misma planificación urbana compromete a la población, ya sea con la aprobación de planes de loteo o bien con el trazado de calles o la instalación de servicios como se observa en las imágenes que se compara el año 2003 y el 2018 (fig. 8).



Fig. 8 – Comparación entre la infraestructura urbana de una laguna de la ciudad de Corrientes (2003 y 2018). Figura en color disponible en línea.

Fig. 8 – Comparison of temporal variation of a periurban lake in Corrientes city (2003 and 2018). Colour figure available online.

VI. CONCLUSIONES

Con el análisis de las precipitaciones se ha demostrado que la ciudad de Corrientes se encuentra bajo la amenaza de eventos extremos de inundación y sequía sumamente significativos. Si bien el valor medio de las precipitaciones es 1437mm anuales, en el período estudiado se han registrado valores máximos superiores a los 2000mm y mínimos que no alcanzan los 900mm, esto permite considerar a la variabilidad climática local como una fuerte amenaza en la gestión de riesgo.

Como todo cuerpo de agua somero cuya disponibilidad de agua depende exclusivamente de las precipitaciones, las lagunas del área periurbana de la ciudad de Corrientes han demostrado responder inmediatamente a la situación de eventos extremos de inundación y sequía. En decir que, dada su reducida capacidad de amortiguación hídrica en períodos secos, las mismas reducen significativamente sus valores morfométricos o bien se secan por completo. Además, se ha observado el secado completo de la cubeta, durante períodos normales, es decir cuando las precipitaciones rondan los valores medios anuales.

Como consecuencia de ello, se generan conflictos socioambientales asociados con la amenaza recurrente de inundaciones por la reaparición, el crecimiento y desborde lagunas. Impulsado por la necesidad de ocupar nuevos espacios en los frentes de avance del ejido urbano de la ciudad de Corrientes, la especulación inmobiliaria lleva a ocupar sectores que naturalmente deberían ser protegidos como reservorios naturales de agua,

considerando que, en la región son las inundaciones y los anegamientos los fenómenos naturales que afectan recurrentemente a la población. A esto se le suma una falta de control en la ocupación de áreas periurbanas, potenciados por una planificación urbana que no tiene en cuenta los dinamismos naturales.

En síntesis, si bien el área periurbana de la ciudad de Corrientes resulta ser un estudio de caso, la misma debe ser considerada como precedente a la hora de generar políticas de ocupación de nuevos espacios y que los estudios de ordenamiento territorial brinden herramientas que permitan generar una planificación urbana en función de los procesos naturales que exponen a una determinada población. De esta manera, los potenciales riesgos derivados de la variabilidad climática extrema se irán mitigando en la medida de que la población esté preparada a dichos eventos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos PI 19Q002 de la Secretaría General de Ciencia y Técnica – UNNE y el PICT-2018-00636-DT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, V. S., Ferrelli, F., & Piccolo, M. C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *International Journal of Climatology*, 37(S1), 1237-1247. Doi: [10.1002/joc.5079](https://doi.org/10.1002/joc.5079)
- Bezerra, T. A. C., da Silva Peixoto, A., de Melo Oliveira, C., Pires, M. G. A., da Silveira, J. E. S., & da Silva Prado, R. M. (2019). Leishmaniose: Características morfológicas do parasita e sua correlação com a doença [Leishmaniasis: Morphological characteristics of the parasite and its correlation with the disease]. *Mostra Científica da Farmácia*, 5.
- Bolognesi, E. (1971). *Análisis de criterios para clasificar totales mensuales de precipitación aplicados a series de República Argentina* [Analysis of criteria to classify monthly precipitation totals applied to series in the Argentine Republic]. *Meteorología*. Vol II, N° 1, 2 y 3. Centro Argentino de Meteorólogos: Buenos Aires.
- Contreras, F. I. (2015). El impacto ambiental del crecimiento espacial de la ciudad de corrientes sobre lagunas periurbanas [Environmental impact of Corrientes city spatial growth over periurban lagoons]. *Boletín Geográfico*, 37, 29–42. Doi: [10.1002/joc.5079](https://doi.org/10.1002/joc.5079)
- Contreras, F. I., & Contreras, S. A. (2017). La Incidencia de la Pendiente en la Distribución de las Morfológicas de las Lagunas sobre Lomas Arenosas (Corrientes, Argentina) [The Incidence of Slope as a Factor in the Morphological Distributions of the Shallow Lakes on Sandy Hills (Corrientes, Argentina)]. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 40(1), 15-25. Doi: [10.11137/2017_1_15_25](https://doi.org/10.11137/2017_1_15_25)
- Contreras, F. I., & Paira, A. R. (2016). Aplicación del “índice de cambio” a las variaciones morfométricas de las lagunas de lomadas arenosas. El caso de Bella Vista (Corrientes, Argentina) [Application of the “rate of change” to the morphometric variations of the lagoons of sandy hills. The case of Bella Vista (Corrientes, Argentina)]. *Revista de Geografía*, 21, 31-38.
- Contreras, F. I., & Fantín, M. A. (2015). El riesgo de la población a inundaciones por lluvias como consecuencia de la dinámica de expansión urbana sobre paisajes anegadizos. El caso de la ciudad de Corrientes (Argentina) [The risk of flooding rains population as a result of the dynamics of urban expansion on flood landscapes. The case of Corrientes city (Argentina)]. *Folia Histórica del Nordeste*, 23, 97–112. Doi: [10.30972/fhn.02336](https://doi.org/10.30972/fhn.02336)
- Costamagna, L., Halac, S. R., Ruiz, M., & Piovano, E. L. (2019). Forzantes ambientales intervinientes en la dinámica trófica de Laguna del Plata (Córdoba)

- [Environmental forcing agents involved in the trophic dynamics of Laguna del Plata (Córdoba)]. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 6(1), 71-79.
- Davis, M. (1999). *Ecology of Fear: Los Angeles and the Imagination of Disaster*. New York: Vintage Books.
- Edwards, C. D. C., McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1997, March). Historical analysis of drought in the United States. In *7th Conference on Climate Variations, 77th AMS Annual Meeting* (129-139). AMS: Long Beach.
- Ferrelli, F., Bohn, V., & Piccolo, M. C. (2012, abril). Variabilidad de la precipitación y ocurrencia de eventos secos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) [Variability of precipitation and occurrence of dry events in the southwest of the province of Buenos Aires (Argentina)]. In *IX Jornadas Nacionales de Geografía Física* (15-28). Departamento de Geografía Y Turismo: Bahía Blanca.
- Ferrelli, F., Bustos, M. L., Huamantínco Cisneros, M. A., & Piccolo, M. C. (2015). Utilización de imágenes satelitales para el estudio de la distribución térmica en distintas coberturas del suelo de la ciudad de Bahía Blanca (Argentina) [Utilization of satellite images to study the thermal distribution in different soil covers in Bahía Blanca city (Argentina)]. *Revista de Teledetección*, 44, 31-42. Doi: [10.4995/raet.2015.4018](https://doi.org/10.4995/raet.2015.4018)
- Ferrelli, F., & Aliaga, V. S. (2016). Variabilidad de las precipitaciones y sus efectos sobre la respuesta espacio-temporal de cuerpos de agua en la región pampeana, Argentina [Variability of rainfall and its effects on the spatio-temporal response of water bodies in the Pampas region, Argentina]. *HUELLAS*, 20, 242-246. Doi: [10.19137/huellas-2016-2015](https://doi.org/10.19137/huellas-2016-2015)
- González-Dávila, R. P., Ventura-Houle, R., De la Garza-Requena, F. R., & Heyer-Rodríguez, L. (2019). Caracterización fisicoquímica del agua de la laguna La Vega Escondida, Tampico, Tamaulipas-México [Physicochemical water characterization of La Vega Escondida Lake, Tampico, Tamaulipas-México]. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(1), 1-31. Doi: [10.24850/j-tyca-2019-01-01](https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-01-01)
- Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., & Widhalm, M. (2011). The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 92(4), 485. Doi: [10.1175/2010BAMS3103.1](https://doi.org/10.1175/2010BAMS3103.1)
- Hutchinson, G. E. (1957). *A Treatise on Limnology, Geography Physics*. Vol. 1, Chemistry. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- McKee T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993, January). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (179-184). American Meteorological Society. Anaheim, California.
- Moreiras, J. L. K., & Ibor, R. F. (2018). La política comercial europea [European trade policy]. *ICE, Revista de Economía*, (903), 111-126.
- Penalba, O. C., & Rivera, J. A. (2016). Regional aspects of future precipitation and meteorological drought characteristics over Southern South America projected by a CMIP5 multi-model ensemble. *Int. J. Climatol.*, 36(2), 974-986. Doi: [10.1002/joc.4398](https://doi.org/10.1002/joc.4398)
- Ríos, D. M. (2017). Aguas turbias: los nuevos cuerpos de agua de las urbanizaciones cerradas de Buenos Aires [Murky Waters: New Water Bodies of Buenos Aires Gated Communities]. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 26(1), 201-219. Doi: [10.1002/joc.4398](https://doi.org/10.1002/joc.4398)
- Specchiulli, A., Renzi, M., Scirocco, T., Cilenti, L., Florio, M., Breber, P., & Bastianoni, S. (2010). Comparative study based on sediment characteristics and macrobenthic communities in two Italian lagoons. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 1-4, 237-256.
- Strzpek, K., Yohe, G., Neumann, J., & Boehlert, B. (2010). Characterizing changes in drought risk for the United States from climate change. *Environ. Res. Lett.* 5(4), 044012. Doi: [10.1088/1748-9326/5/4/044012](https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/4/044012)
- Vallejo, A., & Vélez, J. A. (2009). La percepción del riesgo en los procesos de urbanización del territorio [The perception of risk in the urbanization processes of the territory]. *Letras Verdes*, 3, 29-31. Doi: [10.17141/letrasverdes.3.2009.833](https://doi.org/10.17141/letrasverdes.3.2009.833)
- Wang, X. L., Chen, H., Wu, Y., Feng, Y., & Pu, Q. (2010). New techniques for the detection and adjustment of shifts in daily precipitation data series. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(12), 2416-2436. Doi: [10.1175/2010JAMC2376.1](https://doi.org/10.1175/2010JAMC2376.1)
- Zhang, X., & Yang, F. (2013). *RclimDex (1.1) User manual*. Retrieved from <http://acmad.net/rcc/procedure/RCLimDexUserManual.pdf>
- Zhou, H., Aizen, E. & Aizen, V. (2018). Constructing a long-term monthly climate data set in central Asia. *International Journal of Climatology*, 38(3), 1463-1475. Doi: [10.1002/joc.5259](https://doi.org/10.1002/joc.5259)