

ARTÍCULO ORIGINAL

Análisis de la frecuencia de inundaciones en el Parque Provincial San Cayetano (Corrientes, Argentina)

Analysis of flood frequency in San Cayetano Provincial Park (Corrientes, Argentina)

Félix Ignacio Contreras^{1, 2}

<https://orcid.org/0000-0002-2548-8351>

¹ Centro de Ecología Aplicada del Litoral – CECOAL (CONICET – UNNE). Corrientes, Argentina. ² Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. E-mail: figcontreras@hotmail.com

Griselda Isabel Saucedo³

<https://orcid.org/0000-0002-8203-6108>

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – EEA INTA Corrientes. Corrientes, Argentina. E-mail: griseldaisabelsauceado@outlook.com

Humberto Smichowski⁴

<https://orcid.org/0000-0002-6176-3699>

⁴ Centro de Ecología Aplicada del Litoral – CECOAL (CONICET – UNNE). Corrientes, Argentina. E-mail: cepismichowski@gmail.com

Autor para correspondencia: figcontreras@hotmail.com

Conflicto de Interés: Ninguna.

Financiamiento: Este trabajo fue parcialmente financiado por los Proyectos PICT – 2018 – 636, PI 19Q002 y 20Q001 de la SGCyT – UNNE.

Contribución de los autores: Todos los autores han contribuido de forma activa en todos los procesos de elaboración del manuscrito.

Recibido: 27/07/2022; aprobado: 30/09/2022.



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons.

Resumen: En el nordeste argentino los eventos extremos de inundación son la principal causa de conflictos socioambientales, tanto por las extensiones superficiales afectadas, como así también debido a la frecuencia de estos. En este marco, y con la finalidad de mitigar los efectos adversos que genera la manifestación de estos fenómenos, los Sistemas de Información Geográfica son herramientas clave, que permiten generar información de base para la gestión y alerta temprana de riesgos de inundaciones. Es por ello, que el objetivo de este trabajo es generar información de base acerca de la recurrencia de las inundaciones en el Parque Provincial San Cayetano (Corrientes), el cual constituye una reserva natural ubicada sobre la margen izquierda del arroyo Riachuelo. En este sentido, se han generado diferentes cartografías asociadas a las amenazas de inundaciones aplicado herramientas de Google Earth Engine, a modo de conocer cuáles son las áreas del parque más afectadas y con ello aportar con

conocimientos que permitan la correcta toma de decisiones y medidas para disminuir al mínimo, el riesgo de inundaciones en este espacio natural.

Palabras clave: Inundaciones, riesgo, análisis de amenazas, SIG, Corrientes, Argentina.

Abstract: In northeastern Argentina, extreme flooding events are the main cause of socio-environmental conflicts, both due to the surface areas affected, as well as their recurrence. Within this framework, and with the purpose of mitigating the adverse effects generated by the manifestation of these phenomena, Geographic Information Systems provide key tools that allow the generation of basic information for the management and early warning of flood risks. Therefore, the objective of this work is to generate basic information about the recurrence of floods in the San Cayetano Provincial Park (Corrientes), which is a natural reserve located on the left bank of the Riachuelo stream. In this sense, different cartographies associated with flood hazards have been generated using Google Earth Engine tools, to know which are the most affected areas of the park and thus contribute with basic knowledge that will allow correct decision making and measures to minimize the risk of flooding in this natural space.

Keywords: Floods, Risk, Hazard analysis, GIS, Corrientes, Argentina.

INTRODUCCIÓN

En el nordeste argentino, las inundaciones y los anegamientos constituyen las principales amenazas naturales que expone a la población a pérdidas naturales y al deterioro de su salud, entre otras. Dentro del territorio provincial, Contreras y Odriozola (2016) destacan tres tipos de amenazas vinculados a este riesgo: Tipo I por el desborde de un río principal, como ser el Paraná o el Uruguay; Tipo II por desborde de un curso autóctono, y cuyas aguas dependen principalmente de precipitaciones locales y Tipo III, por el anegamiento por tratarse de humedales, en su mayoría someros y que pueden llegar a secarse por completo. Para los autores, son las amenazas categoría II las que generan mayor riesgo, principalmente por su elevado grado de incertidumbre y la rápida respuesta de los niveles altimétricos de sus aguas a los eventos pluviométricos.

Es por ello, que es necesario contar con una gestión del riesgo, la cual sea funcional con el mismo, pero para ello se deben contemplar todas las variables ambientales, tanto humanas como naturales, que tengan algún grado de incidencia, y sin importar que sus efectos y/o repercusiones sean directos o indirectos. En este sentido, Quesada-Román y Calderón-Ramírez (2018), mencionan una evolución de la gestión del riesgo en los últimos años, a partir de la incorporación de una diversidad de agentes económicos, políticos, naturales y sociales. La producción de información científica sobre aquellos aspectos pocos conocidos en una reserva natural utilizados como insumos en la planificación y gestión ambiental es fundamental, ya que permitirá tomar medidas de protección vinculados a la conservación (Antes et al., 2019).

Es decir, que la gestión del riesgo es pensada con la idea de reducir o mitigar pérdidas humanas, económicas y sociales causadas por desastres, para garantizar un crecimiento sostenido, pero para ello se debe poder cuantificar las pérdidas y brindar asistencia en el establecimiento de prioridades que mejoren la planificación y el desarrollo de políticas, al igual que la formulación y puesta en práctica de programas (ISDR-ONU, 2001). Según Zapperi y Olcina (2021:181), *su análisis se estructura en función de las nociones de peligrosidad,*

vulnerabilidad, exposición, teniendo en cuenta que el riesgo es siempre probabilidad de ocurrencia y contiene un grado de incertidumbre que intenta cuantificar dicho análisis.

Ante lo expuesto, es preciso identificar la distribución, tanto espacial como temporal, de las distintas variables intervinientes, y en este sentido, los Sistemas de Información Geográfica y los Sensores Remotos, juegan un papel fundamental ya que, entre otras cosas, logran sintetizar las variables condicionantes, teniendo en cuenta los criterios: características físicas, hidrológicas, socioculturales y técnicas (Castañeda y Mejía, 2010; Mamani-Quiroz, 2020).

Esto queda en evidencia cuando, por ejemplo, Principi (2019) destaca en una nota editorial, que, en más de una década de los últimos años, la revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica posee, al menos, una publicación por número donde se vincula los SIG con la gestión del riesgo.

Teniendo en cuenta lo expresado, el objetivo del siguiente trabajo es evaluar el riesgo de inundaciones en el Parque Provincial San Cayetano con la utilización herramientas geoespaciales. Para ello se realizaron cálculos de frecuencia de inundaciones en el área con *Google Earth Engine* y análisis a partir de Modelos de elevación digital.

METODOLOGÍA

El Parque Provincial San Cayetano (PPSC), fue creado en el año 2015 según la Ley 6.360 y se encuentra ubicado en la localidad homónima de la municipalidad de Riachuelo, a unos 18 km al sudeste de la ciudad capital de la provincia de Corrientes, dentro de la región de lomadas arenosas y esteros (Bruniard, 1966; Popolizio, 1989; Contreras y Contreras, 2017). Se ubica sobre la margen izquierda del río Riachuelo, el cual posee una cuenca de 338.760 km², escurre de este a oeste y es tributario del río Paraná. Como todo río del occidente correntino, sus nacientes se encuentran en áreas deprimidas y anegadizas, con lento escurrimiento laminar, localmente conocido como esteros (Herbst y Santa Cruz, 1999). Sus aguas se encauzan a 31 km aguas arriba del PPSC y su principal afluente es el arroyo Riachuelito (Figura 1).

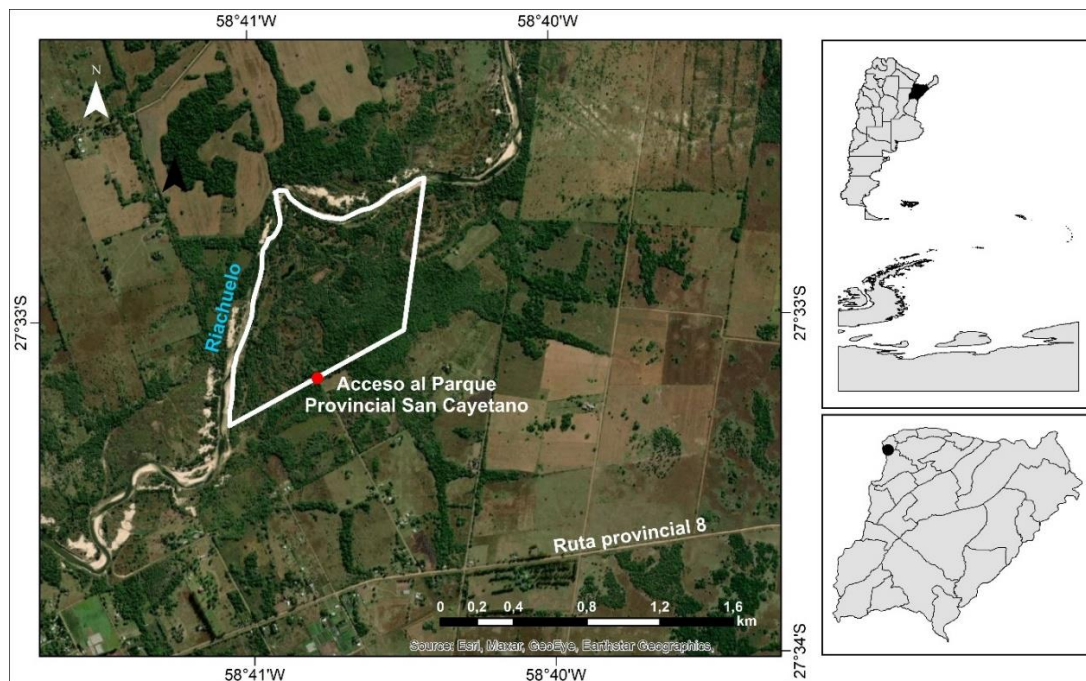


Figura 1. Área de estudio

En cuanto al clima, según el sistema de clasificación climática de Köppen-Geiger, es subtropical húmedo sin estación seca (Caf). Según datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la temperatura media anual de 21 °C en la región se registran 1.400 mm de precipitación anual, con precipitaciones todo el año, con máximos en estaciones intermedias (Contreras, et al., 2020). Es a partir del mes de octubre cuando se observa un incremento de las precipitaciones, registrándose eventos extremos de inundación a partir del mes de noviembre al mes de abril, superando los 400 mm mensuales (Figura 2).

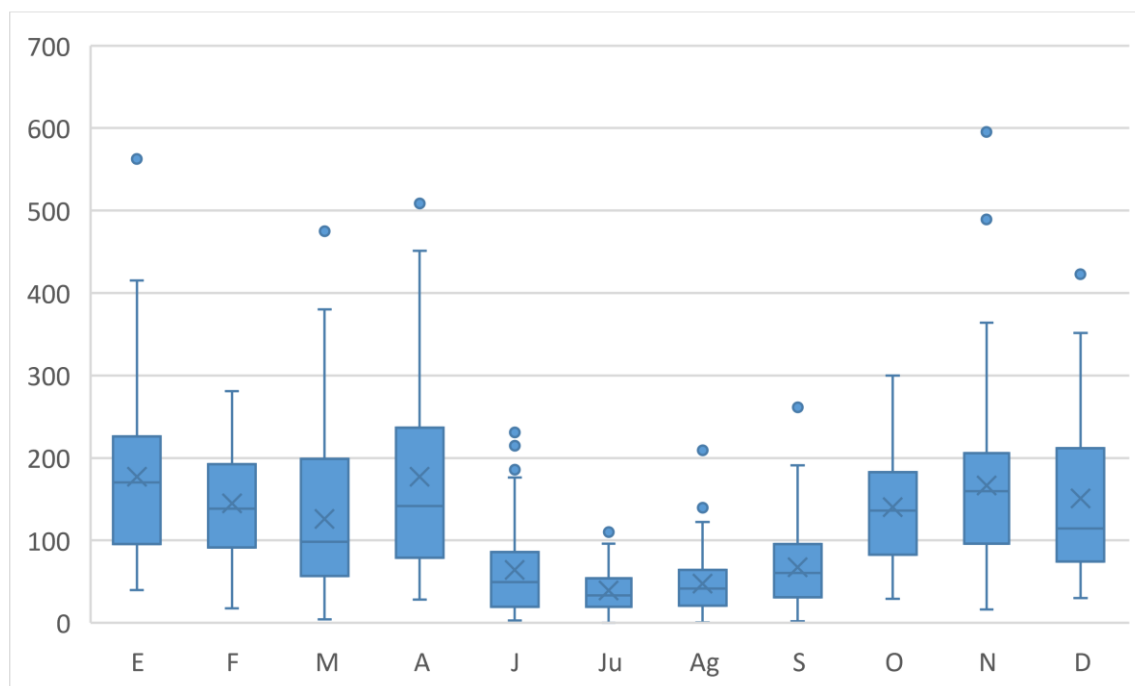


Figura 2. Variabilidad de las precipitaciones medias mensuales (mm), con datos de mediana incluida y registros atípicos de la ciudad de Corrientes (Argentina). Período 1962-2021. Fuente: Smichowski et al., (2022).

Al ser un curso autóctono, sus aguas dependen exclusivamente de las precipitaciones locales y las alturas del río aumentan de manera rápida ante su ocurrencia. A su vez, debido al pobre drenaje de la región, el agua se mantiene por extensos períodos de tiempo en superficie (Smichowski et al, 2022). En la actualidad, el caudal medio es 30 m³/s, con picos de 60 m³/s (Neiff, 2018), sin embargo, existen registros donde se calculan caudales máximos normales de 100 m³/s con máximos que podían alcanzar los 300 m³/s (Ministerios de Obras y Servicios Públicos, 1973).

El análisis topográfico se realizó utilizando un Modelo Digital de Elevación (DME) de 30 m de resolución espacial, adquirido del Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2022) correspondiente a la hoja 2760-30, escala 1:100000. Este DME se desarrolló a partir de datos capturados durante las misiones *Shuttle Radar Topography Mission*, (SRTM), llevada adelante por la NASA en el año 2000, y *Advanced Land Observing Satellite "DAICHI"* (ALOS), de la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA) en el año 2014, y contiene alturas corregidas y vinculadas con el Sistema de Referencia Vertical Nacional (SRVN16) (IGN, 2022). A fin de calcular las diferencias altimétricas generadas por el DME y las alturas sobre el nivel del mar utilizadas convencionalmente en Argentina, se han comparado los resultados con el punto de Alta Precisión PF4N (1690) disponible en el IGN.

Por lo tanto, en la plataforma *Google Earth Engine* se accedió a colecciones de imágenes de Landsat-5 TM y Landsat-8 OLI para el periodo 1990-2022. GEE es una plataforma de procesamiento y desarrollo que posibilita el acceso a petabytes de imágenes de varios programas satelitales (Landsat, Sentinel, MODIS, etc) y conjuntos de datos espaciales en la nube para su análisis a escala planetaria, los cuales pueden trabajarse a través de lenguajes de programación (Java script y Python) permitiendo procesar grandes volúmenes de datos de manera veloz y eficaz (Gorelick et al., 2017; Liss et al, 2017; Perilla y Mas, 2017; Smichowski et al, 2021). Inicialmente, se realizaron filtros de área de interés, fecha y porcentaje de nubes inferior al 10 %, también se incorporaron máscaras de nubes por medio de la banda de calidad del sensor. Luego, para determinar la presencia de agua se calculó el *Modified Normalized Difference Water Index* (Xu, 2006) que se expresa como:

$$mNDWI = (GREEN-SWIR) / (GREEN+SWIR)$$

Donde

mNDWI es el cálculo del NDWI (Índice Diferencial de Agua Normalizado), el cual permite identificar masas de agua y zonas de elevada saturación de humedad por medio del análisis de imágenes de satélites.

GREEN-SWIR es banda del verde menos la banda del infrarrojo de onda corta

GREEN+SWIR es banda del verde más la banda del infrarrojo de onda corta

El ráster binario resultante, presenta valores que varían entre 1 y -1, donde los valores positivos corresponden al agua y los valores cero o negativos a la vegetación, el suelo y las construcciones. Posteriormente, se incorporó el MNDWI como banda y se procedió a unir ambas colecciones para realizar una máscara de agua, con el fin de llevar a cabo el cálculo de frecuencia, que es el cociente entre la suma de valores de cada ráster y la cantidad de píxeles que poseen valor. Es decir, la frecuencia es relativa por cada píxel, ya que los píxeles que corresponden a nubes no fueron contados y, por lo tanto, los resultados se aproximan a la situación real. Los valores altimétricos del río Riachuelo utilizados para validar los resultados fueron obtenidos del Sistema Nacional de Información Hídrica, estación 3.841 – RP N° 5, en la cual se dispone de datos para el período 2009-2022.

Por último, con el software ArcGIS 10.8 se confeccionaron las cartografías.

RESULTADOS

Mediante la generación del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del contexto ambiental del Parque Provincial San Cayetano (PPSC), se pudo comprobar que este se encuentra ubicado dentro del valle aluvial del río Riachuelo (Figura 3). En este sentido, y teniendo en cuenta el MDE, la mayor superficie, es decir, un 68 % se encuentra sobre la terraza fluvial cero (T0), 26 % sobre la terraza fluvial uno (T1), mientras que el cauce del río es del 6 %.

Cabe destacar que para la identificación de la T0 y T1, se han combinado las imágenes ópticas y de radar, determinando que una equidistancia de dos metros entre las curvas de nivel es la más eficaz en la identificación de las unidades de paisaje en nuestra área de estudio. En síntesis, la T0 se corresponde a la porción de la llanura aluvial que es inundada con frecuencia, mientras la T1, es aquella que solo se inunda durante eventos extremos.

No obstante, es importante mencionar que la identificación de unidades de paisajes teniendo como base imágenes SRTM de 30 m, genera un margen de error, considerando, entre otras cosas, que la altura de los árboles no es discriminada, con lo cual la precisión de las alturas disminuye. Sin embargo, como afirman Contreras y Odriozola (2016) y posteriormente Contreras y Paruzzo (2020), cuando nuestro objetivo es analizar las dinámicas naturales asociadas a los procesos de inundación, el aporte significativo de esta herramienta no se centra en la precisión de la altimetría, sino por el contrario, en comprender el contexto geomorfológico en el cual se encuentra inserta nuestra área de estudio.

Por otro lado, existe un desfase de aproximadamente cuatro metros entre las alturas del MDE y las cotas de alta precisión del IGN. Por lo tanto, las curvas de nivel que separan las diferentes terrazas descritas y el área interfluvial tendrían cotas menores que las expuestas en el mapa. En definitiva, si bien el MDE utilizado contiene algo de error, permite demostrar que el PPSC se encuentra en un área fluvial, lo cual lo expone a riesgos de inundación por el desborde del Riachuelo.

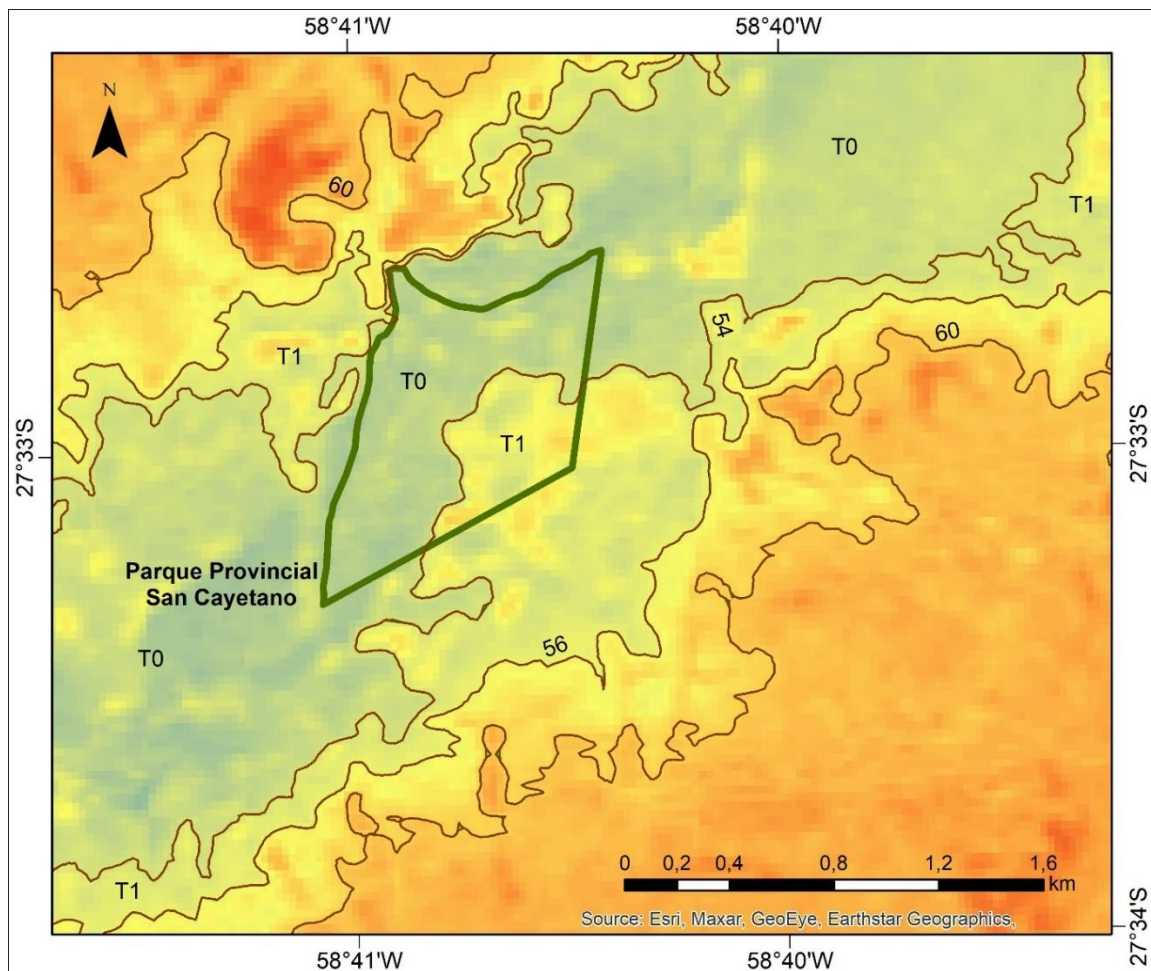


Figura 3. Modelo digital de elevaciones

Teniendo como punto de partida el alto grado de exposición del PPSC, es necesario realizar un análisis de la amenaza a la cual se expone. Para ello, se ha realizado un análisis de cuán frecuentes son las crecidas extremas, validando los resultados con información

proporcionada por la Estación Biológica Corrientes, perteneciente al Centro de Ecología Aplicada del Litoral – CECOAL (CONICET – UNNE).

Respecto a la altura del río, su altura promedio es de 0,99 m, registrando valores mínimos de 0,22 m y máximos de 5,3 m. En la figura 4 se observa un gráfico de dispersión de las alturas máximas mensuales, no obstante, los resultados del análisis de las alturas diarias evidenciaron que en el 68 % de los días no ha alcanzado el metro y en tan solo en 82 días, el 2 % de los casos, ha superado los 4 m. En cuanto a la manifestación de inundaciones extremas, los tres días corresponden a un mismo episodio registrado durante el mes de abril de 2017; sin embargo, representan menos del 1 % de los días registrados. A modo de contexto, el evento extremo de inundación del mes de abril de 2017 se vincularía directamente con los efectos de El Niño extremo (2015-2016) (Contreras, et al., 2020) que, por lo general, en la región genera un aumento en los montos pluviométricos, un año posterior a su manifestación.

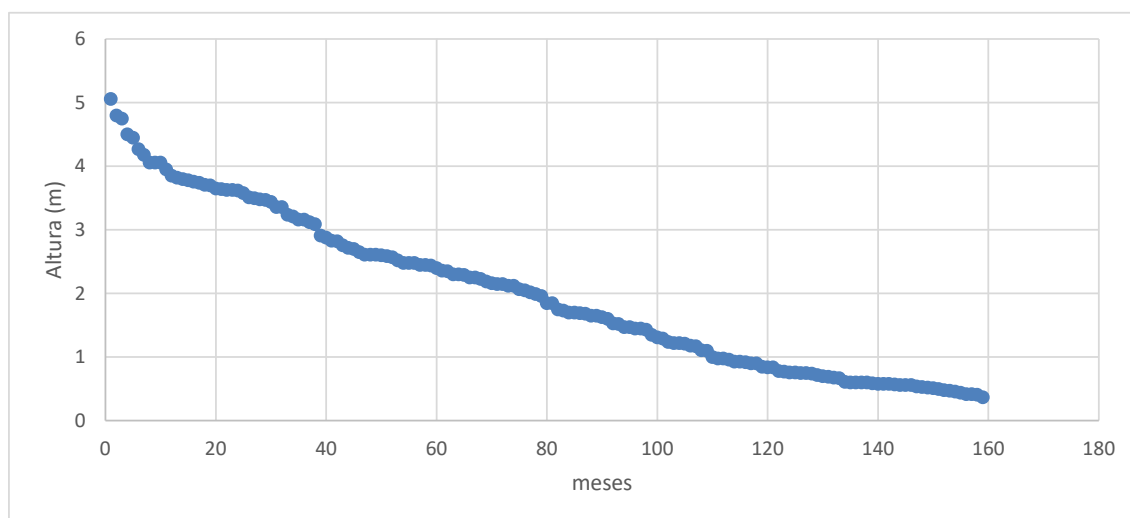


Figura 4. Gráfico de dispersión de las alturas del río Riachuelo (Corrientes)

La información obtenida de los registros altimétricos de las alturas del Riachuelo se ha contrastado con la generada en *Google Earth Engine* obteniendo los resultados esperados (Figura 5). En primer lugar, la mayor recurrencia de agua se encuentra en los píxeles correspondientes al cauce del río. En segundo lugar, y ya con una frecuencia mucho menor, se encuentra la porción de la llanura aluvial correspondiente a la T0. Por último, con un porcentaje inferior a 1, se registra la presencia de agua sobre la T1.

En función de las alturas del Riachuelo y del análisis mediante GEE, se podría indicar que el PPSC y en especial, el sector de infraestructura, donde se encuentra la administración y la Estación Biológica Corrientes (EBCo), poseen un riesgo mínimo, teniendo en cuenta que solo se han inundado una única vez según el período de estudio (Figura 6), cuando la altura de la misma fue superior a los 5 m. Sin embargo, considerando que la mayor altura fue 5,3 m y que las ventanas de la fotografía se encuentran a un metro de altura, se debe considerar a los 3,5 m como el nivel de alerta y a partir de los 4 m como nivel de evacuación, principalmente si las condiciones meteorológicas locales son propicias para continuar aumentando el caudal del río.

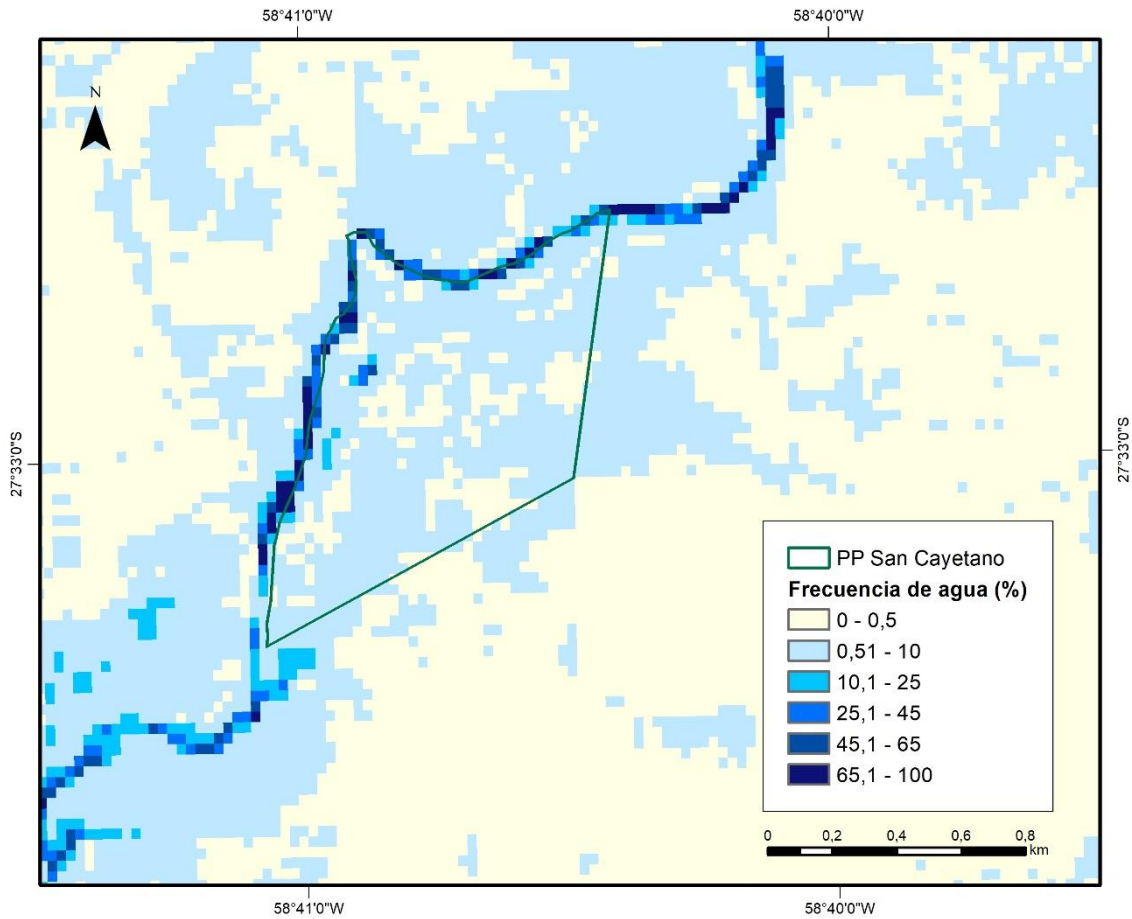


Figura 5. Frecuencia de inundaciones



Figura 6. Fotografía de la inundación del Parque Provincial San Cayetano. Mayo de 2017.
Fuente: Estación Biológica Corrientes.

En cuanto a la detección de coberturas con agua, cabe mencionar que la reducida frecuencia detectada, en gran parte se encuentra vinculado a que la vegetación predominante en la T1 son bosques de ribera. En este contexto, la frondosidad del dosel imposibilita detectar áreas inundadas, con lo cual, la frecuencia es superior a las obtenidas del procesamiento de datos.

Otra variable fundamental, que explica no sólo el porqué de la inundación, sino también la fuerte escorrentía del agua en sentido este-oeste, es la presencia de un paleocauce (Figura 7), el cual resulta imperceptible en el MDE debido a la presencia de los árboles, al igual que sucede con los sensores ópticos. Este paleocauce, que se encuentra en la T1, atraviesa por completo el sector de la infraestructura mencionada anteriormente, con lo cual se podría pensar establecer puntos de monitoreo aguas arriba o en su conexión con el curso principal, a fin de contribuir con la alerta temprana de riesgos por inundaciones en el PPSC.

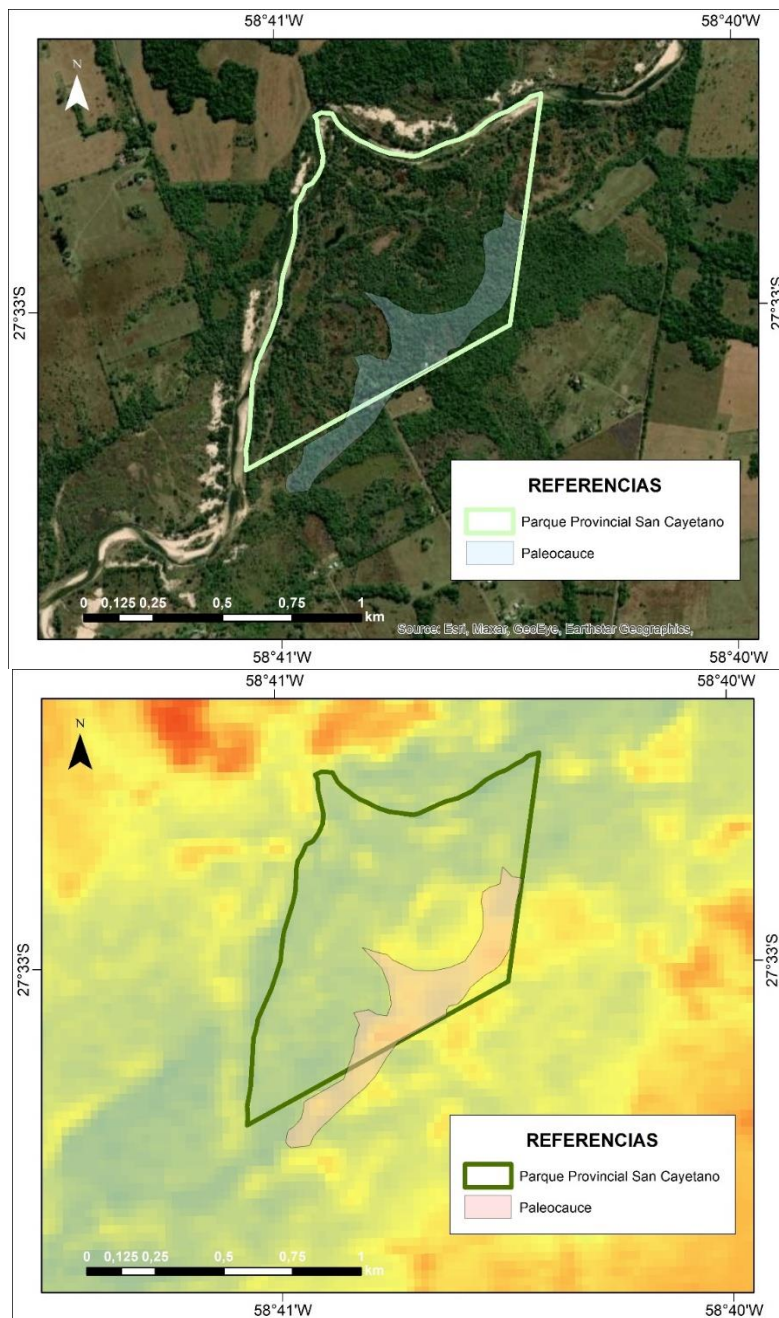


Figura 7. Ubicación del paleocauce en el Parque Provincial San Cayetano (Corrientes).

CONCLUSIONES

El monitoreo de variables ambientales que responden directamente a la variabilidad pluviométrica debe constituir el punto de partida en la gestión y alerta temprana de riesgos de inundaciones. No obstante, muchas veces surge la imposibilidad de contar con datos previos, ya sea por la pérdida o directamente por la falta de toma de datos. En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica, y especialmente, las posibilidades que brinda *Google Earth Engine*, cuyo almacenamiento y tratamiento de datos se realizan en la nube, permite optimizar significativamente la obtención de información.

En este marco, estudiar la frecuencia de las inundaciones en un área natural protegida, como es el caso del Parque Provincial San Cayetano, constituye una herramienta fundamental para lograr una mayor comprensión de las dinámicas naturales que allí ocurren, y de esa forma, potenciar las estrategias de conservación de este espacio. Del mismo modo, aporta con la gestión y mantenimiento de la infraestructura de este, es decir, aporta con su logística administrativa.

Con este trabajo, se pudo constatar que el parque se encuentra en su totalidad dentro de la llanura aluvial, con lo que está expuesto a sufrir eventos de inundación, más allá que solo se den durante eventos extremos, cuando el río Riachuelo supera los cinco metros, el cual activa un paleocauce que, con dirección NE-SO, atraviesa la infraestructura edilicia y administrativa del parque.

En cuanto al uso de las herramientas, los resultados han sido satisfactorios, no obstante, el desarrollo de bosques de ribera dificulta la capacidad de los sensores para detectar las formas del relieve, como así también la presencia o ausencia de agua superficial. En síntesis, es una herramienta válida que permite cumplir con los objetivos propuestos, pero se caería en un grave error si no se consideran estas cuestiones, especialmente a la hora de estimar la frecuencia con la cual se detecta agua superficial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antes, M., Cuello, A., Ortone, A. & Cook, L. (2019). Teledetección y SIG aplicados al monitoreo de la reserva natural de la defensa campo Mar Chiquita. En: https://www.researchgate.net/publication/334785599_Remote_sensing_and_GIS_applied_to_monitoring_Campo_Mar_Chiquita_Defense_Natural_Reservoir_Teledeteccion_y_SIG_aplicados_al_monitoreo_de_la_Reserva_Natural_de_la_Defensa_Campo_Mar_Chiquita
- Bruniard, E. D. 1966. Bases Fisiográficas para la División regional de la provincia de Corrientes. *Nordeste*, 8.
- Castañeda F, M. P., & Mejía, Z. 2010. Metodología para la localización de rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica. Un caso regional colombiano.
- Contreras, F. I., & Contreras, S. A. 2017. La Incidencia de la Pendiente en la Distribución de las Morfologías de las Lagunas sobre Lomadas Arenosas (Corrientes, Argentina). *Anuário do Instituto de Geociencias – UFRJ*. 40 (1), 15-25.

- Contreras, F.I., & Paruzzo, Y.A. 2020. Validation of SRTM 3 Arc/seg images in the generation of flood threats cartography: case of San Luis del Palmar, Corrientes, Argentina. *Revista Geográfica Venezolana*. 61 (2): 302 – 313.
- Contreras, F. I., & Odriozola, M. P. 2016. Aplicación de Modelos de Elevación Digital para la delimitación de áreas de riesgo por inundaciones. San Luis del Palmar, Corrientes, Rca. Argentina. *Contribuciones Científicas GAEA*. 28, 83-94.
- Contreras, F.I., Ferrelli, F., & Piccolo, M.C. 2020. Impactos de eventos secos y lluviosos sobre cuerpos de agua periurbanos subtropicales: Aporte al ordenamiento del espacio urbano de Corrientes (Argentina). *Finisterra*. 55 (114): 3 – 22.
- Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D. & Moore, R. (2017). Google earth engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 202, 18–27
- Herbst, R. & Santa Cruz, J. N. 1999. Mapa Litoestratigráfico de la Provincia de Corrientes. *D'Orbignyana* (2): 1-69.
- IGN. 2022. MDR-Ar. Modelo Digital de Elevaciones de la Argentina: <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Introduccion> Ultimo acceso 4 de octubre de 2022.
- ISDR-ONU (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres). 2001. Terminología: Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres. Recuperado de <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- Liss, B., Howland, M. D., & Levy, T.E. (2017). Testing Google Earth Engine for the automatic identification and vectorization of archaeological features: A case study from Faynan, Jordan. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 15, 299-304. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.08.013>
- Mamani Quiroz, V. 2020. Identificación de áreas potenciales para la instalación del relleno sanitario aplicando sistemas de información geográfica, en el distrito de Huayrapata, Provincia de Moho, Puno-2020.
- Ministerio de Obras y Servicios Públicos. 1973. Recuperación de áreas inundables: Estero y río Riachuelo. DIGID. Buenos Aires, 138 pp.
- Perilla, G. A., & Mas, J.F. (2020). Google Earth Engine (GEE): una poderosa herramienta que vincula el potencial de los datos masivos y la eficacia del procesamiento en la nube. *Investigaciones Geográficas* (101). <https://doi.org/10.14350/rig.59929>.
- Popolizio, E. 1989. Algunos elementos geomorfológicos condicionantes de la organización espacial y las actividades del NEA. *Geociencias*, 17, 3-12.
- Principi, N. 2019. Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Sus aportes a los estudios de riesgo. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 1-3.
- Quesada-Román, A., & Calderón-Ramírez, G. 2018. Gestión del riesgo y política pública en el cantón de Desamparados, Costa Rica. *Uniciencia*, 32(2), 1-19.
- Smichowski, H., Montiel, M. del R., Romero, V., Kowalewski, M., & Contreras, F. I. (2021). Evaluación de incendios en áreas periurbanas de la ciudad de Corrientes (Argentina)

durante el año 2020. *Papeles de Geografía*, (67).
<https://doi.org/10.6018/geografia.486441>

Smichowski, H., Contreras, F. I., & Giese, A. C. (2022). Seguimiento de la extensión a real de los humedales subtropicales del noreste de Argentina mediante la aplicación de Google Earth Engine. *Investigaciones Geográficas*, 78, 131-152. <https://doi.org/10.14198/INGEO.21343>

Xu, H. 2006. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 27, 3025-3033.

Zapperi, P. A., & Olcina, J. 2021. Cartografía de inundaciones en la planificación territorial. Estudio comparado entre Argentina y España. *Revista de Geografía Norte Grande*, 79, 183-205.