

Las inundaciones de las últimas tres décadas en la Pampa Interior y su relación con la pluviometría regional

LUCIANO RAINHART[✉]; HÉCTOR R. PEINETTI & ELKE J. NOELLEMAYER

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. La Pampa, Argentina.

RESUMEN. Las inundaciones en la Región Pampeana generan efectos directos en la producción vegetal por anegamiento de cultivos, e indirectos a través de la salinización de los suelos. Conocer los factores que controlan la dinámica hídrica del paisaje contribuye a determinar acciones de mitigación más eficientes. En este estudio se caracterizó la dinámica espacio-temporal de las superficies anegadas (SA) en la porción central de la subregión de la Pampa Interior y su relación con registros pluviométricos de los últimos 33 años (1987 a 2019). Las SA se determinaron en base a índices espectrales derivados de imágenes satelitales Landsat y MODIS, con una frecuencia de 6 a 12 meses. El régimen pluviométrico se representó mediante mapas mensuales de precipitación generados por interpolación de registros de la red pluviométrica regional. La subregión de estudio incluyó dos cuencas de drenaje diferenciadas mediante análisis topográfico del terreno y denominadas cuenca norte (2.1Mha), que incluye el cauce principal del río Quinto, y cuenca sur (6.7 Mha). Los períodos de excesos hídricos (i.e., anomalías en SA en el rango de percentiles [100:>90]) fueron cortos (~2 años) y recurrentes. Se observaron 2 eventos de inundación coincidentes en ambas cuencas (2001/02 y 2016/17) y un evento adicional en la cuenca sur (1987/88). La dinámica temporal de las SA no mostró correspondencia con el agua aportada por precipitaciones. Si bien los períodos de inundación coincidieron con anomalías positivas en precipitaciones de corto (3 meses) o largo (3 años) plazo, estas anomalías no siempre coincidieron con altas SA. El bajo poder explicativo del aporte pluvial permite inferir que las anomalías de SA están también acopladas con aportes fluviales superficiales y subsuperficiales externos a la región. Las estrategias de mitigación más efectivas serían las enfocadas en disminuir los niveles freáticos a través de cambios de uso y cobertura del suelo.

[Palabras clave: Región Pampeana, Río Quinto, mitigación, superficie anegada, hidrología regional]

ABSTRACT. Floods of the last three decades in the Inner Pampa and their relationship with regional rainfall. Floods in the Pampean Region have a detrimental direct effect on plant production through crop flooding and soil salinization. Understanding the hydrological drivers of landscape flooding contributes to the implementation of more efficient mitigation actions. In this study, we determine the spatio-temporal dynamics of the surfaces water (SW) in the central portion of the Inner Pampean subregion and its relationship with regional rainfall records during the last 33 years (1987 to 2019). SW was estimated from spectral indices derived from satellite images (Landsat and MODIS) with a target temporal frequency of 6 months. The rainfall regime was characterized by monthly precipitation maps generated by interpolation of records from regional rain gauges. Two drainage basins were differentiated in the study region through a topographic analysis. They were designated as north basin (2.1 Mha), that includes the main channel of the Quinto River, and south basin (6.7 Mha). We found that flood periods (i.e., SW anomalies in the percentile range of percentiles [100:<90]) were short (~2 years) and recurrent. There were two flooding events in both basins (2001/02 and 2016/17) and an additional event in the south basin (1987/88). In both basins, the temporal dynamics of the SW was poorly associated with short (3 month) or long (3 years) term accumulated rainfall water. Although all flood events corresponded to positive rainfall anomalies, not all positive rainfall anomalies corresponded with large SW. The observed low predictive power of rainfall constitutes an indication that SW anomalies are also coupled to incoming regional surface and groundwater. Therefore, flood mitigation strategies should primarily aim at deepening groundwater levels by maintaining high evapotranspiration rates.

[Keywords: Pampean Region, Río Quinto, mitigation, surfaces water, regional hydrology]

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones constituyen disturbios naturales recurrentes en las áreas bajas del paisaje donde la pendiente escasa limita la evacuación de excesos de agua (Aldardasawi and Eren 2021). En las llanuras aluviales, las inundaciones se producen sobre todo por crecidas y desbordes del cauce de ríos (Devitt et al. 2023; Depetris 2007). En cambio, en las llanuras sedimentarias, las inundaciones están principalmente relacionadas con ingresos de agua por altas precipitaciones que exceden por mucho la evapotranspiración, lo que produce la acumulación de agua en superficie (Houspanossian et al. 2023). Las llanuras sedimentarias suelen albergar napas freáticas cercanas a la superficie aun bajo climas áridos (Fan et al. 2013). Las precipitaciones elevadas pueden provocar el ascenso de la napa a la superficie siempre que el agua precipitada se pueda transferir al acuífero en profundidad (Archer et al. 2020). Si la transferencia es rápida, el ascenso de las napas acentúa la magnitud del exceso de agua aportado por las precipitaciones, generando inundaciones (Kuppel et al. 2015). Muchas de las llanuras sedimentarias en el mundo fueron transformadas por el hombre para la agricultura y asentamiento de pueblos y ciudades (Potapov et al. 2022). Los cambios de la cobertura y el uso del suelo han determinado que los eventos de inundaciones constituyan una amenaza para las comunidades y para la economía regional (Giménez et al. 2020; Sonu et al. 2022). Los ciclos naturales de inundaciones podrían verse acentuados por el cambio climático al aumentar la frecuencia y la magnitud de eventos extremos de precipitación (Alexander et al. 2006; IPCC 2012; Devitt et al. 2023).

La Región Pampeana es una gran planicie sedimentaria de baja elevación, íntegramente transformada a la producción agrícola (Soriano et al. 1991; Viglizzo et al. 2001). El sistema hidrológico de esta región presenta cuencas de drenaje con baja pendiente y escurrimiento lento, lo cual favorece la acumulación de agua superficial en períodos húmedos (Aragón et al. 2010; Dornes et al. 2015). La red de drenaje está constituida por cuencas arreicas con presencia de lagunas permanentes o temporarias, muchas de las cuales se corresponden con suelos salinizados. Las condiciones climáticas de la región se caracterizan por la alternancia de períodos húmedos y secos que se relacionan con ciclos de inundaciones y retracción de las aguas superficiales. Las

inundaciones periódicas han socavado la economía regional (Fuschini Mejía 1994), lo cual llevó a la construcción de canales de escurrimiento de aguas superficiales como medida de mitigación desde principios del siglo pasado (Ameghino 1984; Chaneton 2006). Sin embargo, el escurrimiento por el sistema de canales está limitado por la baja pendiente del terreno, sumado a los altos costos económicos de construcción y mantenimiento. El aumento de la tasa de evapotranspiración para deprimir la napa freática a través de la forestación y de cultivos de servicios constituye otra opción de mitigación, aunque no ha sido suficientemente implementada en la región.

Si bien la alternancia de períodos húmedos y secos es una característica general para toda la Región Pampeana, las condiciones que generan eventos de inundación varían según las distintas subregiones (Kuppel et al. 2015; Smolenaars et al. 2021). Dependiendo de las subregiones, el exceso de agua puede ser generado principalmente por precipitaciones o por ascenso de napas freáticas, o por la combinación de ambos factores. En la Pampa Deprimida, donde la napa freática está desacoplada del agua superficial por la presencia de estratos impermeables en profundidad, el exceso de agua en superficie es generado solo por altas precipitaciones (Kuppel et al. 2015). Por el contrario, la napa freática podría tener una incidencia importante en los eventos de inundación en la Pampa Interior, con suelos de textura más gruesa y ausencia de horizontes impermeables (Kuppel et al. 2015; Aragón et al. 2010). De esta manera, la eficiencia de los sistemas de mitigación de las inundaciones depende en gran medida de la dinámica hídrica del paisaje. Por ejemplo, la canalización sería más eficiente si las inundaciones fueran provocadas por eventos extremos de precipitación que generan grandes acumulaciones de agua superficiales en corto plazo. En cambio, si las inundaciones resultan del ascenso de las napas freáticas, se las podría mitigar de manera más eficiente con tasas de evapotranspiración altas y persistentes que mantengan deprimidas las napas.

En este estudio evaluamos la importancia relativa de los aportes hídricos de carácter pluvial como determinantes de inundaciones en la subregión de la Pampa Interior, considerando que el sistema hidrológico de la región recibe también aportes alóctonos relacionados sobre todo con fluctuaciones del cauce del río Quinto (o Río Popopis), que atraviesa esta subregión en sentido noroeste

a sureste (Jensen et al. 2000). El objetivo fue determinar si las inundaciones pueden ser explicadas de forma satisfactoria por la acumulación de agua de origen pluvial, que constituye la única fuente de agua autóctona en la subregión de estudio. Se describen los excesos hídricos en las últimas tres décadas a través de teledetección, y su relación con la pluviometría local. La teledetección es muy utilizada para cartografiar la extensión de las aguas superficiales debido a la escasez de datos históricos y de monitoreo de agua superficial en grandes regiones (Jones et al. 2011; Roach et al. 2013). Si bien este análisis se limitó a establecer el poder predictivo del agua aportada por precipitaciones locales en los eventos de inundación, la variabilidad no explicada estaría relacionada con ascensos de la napa freática no acoplados a la pluviometría, lo que constituye una indicación de la importancia de aportes hídricos externos a la subregión. Adquirir conocimientos de la naturaleza y características de los aportes hídricos contribuirá a determinar las acciones de mitigación de inundaciones de manera más eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la porción centro norte de la subregión Pampa Interior de la Región Pampeana (León 1991; Viglizzo et al. 2001) (Figura 1). El paisaje comprende una planicie levemente ondulada con suelos originados por acumulación de materiales finos de origen cuaternario. El clima es subhúmedo seco, con temperaturas medias anuales que varían entre los 15 y 17.5 °C (Casagrande et al. 2006; Oliva 2019). Las precipitaciones alternan en dirección noreste en el sudoeste en un rango de 1000 a 600 mm anuales (León 1992). Estas se originan por el choque de masas de aire húmedo que ingresan desde el norte y noreste con las de aire más seco y frío provenientes del suroeste. Las precipitaciones se concentran en primavera, verano y principios de otoño. El invierno es seco, con temperaturas mínimas muy bajas (entre -3 y -15 °C). La hidrología de esta región se caracteriza por ciclos de excesos hídricos que generan inundaciones temporarias, lo cual ha producido la salinización de suelos por excesos de sales y sodio (Taboada 2009). El sistema hidrológico de esta región está vinculado no solo a precipitaciones, sino también a fluctuaciones del cauce del río Quinto (Jensen et al. 2000). Este río de carácter endorreico se extiende

desde los cerros centrales de la provincia de San Luis y desemboca en la laguna Amarga, en el sur de la provincia de Córdoba (Carignano 1999). El río sigue un gradiente topográfico que oscila entre 900 m y menos de 100 m s. n. m. en las tierras bajas inundables, formando los bañados de La Amarga. Los suelos corresponden en su mayor parte al orden Molisoles (Hapludoles, Haplustoles y Argiudoles) y algunos Entisoles y Alfisoles (SAGyP and INTA 1990). En el sector noreste se encuentran suelos con horizontes bien diferenciados y alto contenido de materia orgánica, con una composición mineralógica más fina y con buen potencial agrícola. La subregión Pampa Interior comprende tierras altamente productivas para la agricultura (Viglizzo et al. 2001).

Para caracterizar la hidrología del sector centro este de la subregión de la Pampa Interior se realizó un análisis de cuencas con la herramienta Hidrología, de ArcGIS 10 (ESRI, Redlands, CA, USA), en base a un modelo digital de terreno (SRTM Void Filled), con una resolución espacial de 90 m. Se identificaron dos cuencas de drenaje a partir de las redes de primer orden de un sistema de drenaje de cinco órdenes de importancia, denominadas cuenca norte (CN) y cuenca sur (CS) (Figura 1). El cauce del río Quinto se corresponde con el drenaje de primer orden de la CN, por lo cual es esperable que el aporte de agua de este río sea mayor en la CN que en la CS.

El área de estudio se estableció considerando la intersección espacial entre las cuencas de drenaje con cuatro campos de imágenes del satélite Landast (path/row: 227/084, 227/085, 228/084 y 228/085 del sistema cartográfico del satélite LANDSAT (Figura 1). El área delimitada fue de 8.7 Mha, de la cual 33% corresponde a la CN y 77% a la CS. En este área se determinó la dinámica espacio-temporal de las superficies anegadas (SA) mediante análisis de imágenes de las misiones LANDSAT y MODIS del sitio Earth Explorer (earthexplorer.usgs.gov). Se utilizaron imágenes geométricamente corregidas de los satélites Landsat 4-5, 7 y 8 del periodo 1987-2019 (32 años), con resolución espacial de 30 m y con un porcentaje de nubes inferior al 10%. La frecuencia objetivo consistió en obtener una imagen cada 6 meses, priorizando aquellas que tenían una fecha centrada en dicho período; sin embargo, debido a problemas en la disponibilidad de imágenes de calidad por nubosidad o errores del sensor no fue posible

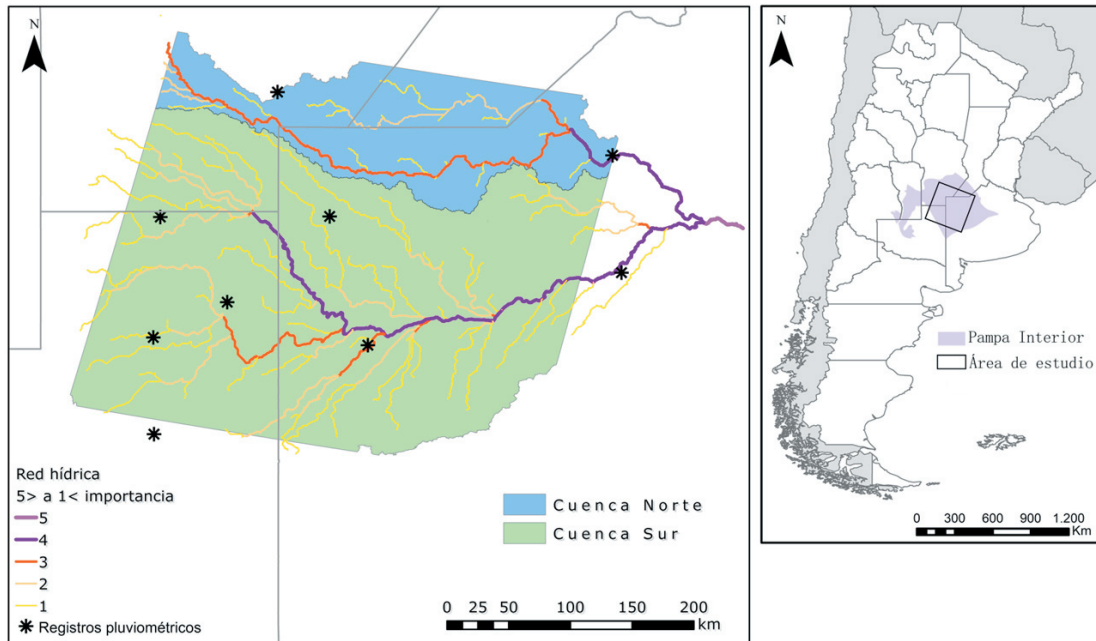


Figura 1. Redes de drenajes, cuencas hídricas y ubicación de pluviómetros en el área de estudio en la porción central de la subregión Pampa Interior.

Figure 1. Drainage networks, water basins and rain gauge locations in the study area in the central portion of the Interior Pampa subregion.

mantener la consistencia temporal para todos los semestres. Del total de los años analizados, 20 años quedaron representados por dos imágenes Landsat (una por semestre), 11 años por una imagen, mientras que no fue posible obtener imágenes de la serie Landsat de los años 1994 y 2012. No se encontraron imágenes de otras misiones espaciales del año 1994 para el área de interés. El año 2012 se representó a través de una imagen por semestre del producto Land Water Mask (MOD44W) de MODIS con una resolución espacial de 250 m. En las imágenes Landsat, el área anegada se determinó mediante el índice espectral MNDWI (del inglés, Modified normalized difference water index). Este índice relaciona las bandas de longitud de onda de color verde (V) e infrarrojo cercano (IRc) del espectro electromagnético.

$$\text{MNDWI} = (V - \text{IRc}) / (V + \text{IRc}) \quad \text{Ecuación 1}$$

El rango de variación del índice es de [-1:1], y los valores positivos indican anegamiento (Xu 2006). Entre otros, este índice fue seleccionado por su grado de precisión para obtener la superficie anegada (Xu 2006). Para corroborar el desempeño del índice se realizaron comparaciones con capas desarrolladas a través de clasificación supervisada de imágenes de máxima verosimilitud. Este método es

reconocido por su alta precisión (Ahmad and Quegan 2012), pero tiene como desventaja altos requerimientos de procesamiento. Se estimó que valores del índice MNDWI por encima de -0.183 corresponden con la extensión de superficie anegada identificada con la clasificación supervisada. Este valor del índice fue utilizado para determinar las superficies anegadas. Estas se calcularon en la proyección UTM 20S luego de transformar las imágenes a formato vectorial. Las imágenes y datos espaciales derivados de las imágenes satélites fueron procesados en ArcGIS 10 (ESRI, Redlands, CA, USA).

La dinámica espacio-temporal del régimen pluviométrico se estimó a través de mapas mensuales de precipitación para el período 1985-2019, generados mediante interpolación espacial de registros pluviométricos de la región de estudio. Se consideraron pluviómetros con registros mensuales completos ubicados en las localidades de Laboulaye, en la provincia de Córdoba; Realicó, General Pico, Eduardo Castex y Santa Rosa, en la provincia de La Pampa, y Trenque Lauquen, Villegas, 9 de Julio y Junín, en la provincia de Buenos Aires (Figura 1). Los datos fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, de la red de pluviómetros de la Policía Provincial de la Pampa (policia.lapampa.gob.ar/contenidos/

ver/lluvias), de la Administración Provincial del Agua de La Pampa (apa.lapampa.gob.ar) de la Estación experimental INTA Villegas. Se generaron mapas mensuales de precipitación del área de estudio mediante interpolación por distancia inversa ponderada en ArcGIS 10 (ESRI, Redlands, CA, USA) con tamaño de grilla de 10 km.

Análisis de datos

Para describir el ciclo hídrico se consideraron las anomalías hídricas comprendidas en el rango de percentiles [100:90] como inundación y las comprendidas entre los percentiles [<90 : ≥ 80], como de alta SA. La duración de los ciclos hídricos en cada cuenca se determinó mediante análisis de autocorrelación temporal (correlogramas), tanto para SA como precipitaciones. Se consideraron desplazamientos temporales de 1 a 30 semestres. Los períodos de exceso y déficit hídrico fueron definidos tomando en cuenta sucesiones de semestres con autocorrelación positiva o negativa, respectivamente. La correspondencia del comportamiento hídrico entre cuencas fue analizada mediante correlación de Pearson considerando las variables SA y precipitación anual. Luego, se evaluó la correspondencia entre SA y la acumulación de agua por precipitación. En este análisis se tuvo en cuenta la posible autocorrelación de los registros de SA generada por la persistencia temporal de las inundaciones, dado que la retracción de las áreas anegadas se puede extender por un tiempo considerable, aun cuando las precipitaciones disminuyen de forma marcada. Se determinó que los intervalos de tiempo entre registros sucesivos de SA considerados en este estudio (≥ 6 meses) no fueron suficientes para eliminar esta tendencia a la autocorrelación temporal. Para corregir el efecto de autocorrelación se definieron las variables delta SA y delta SA ponderada, calculadas como:

$$\text{delta SA} = \text{SA1} - \text{SA2} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\text{delta SA ponderado} = (\text{SA1} - \text{SA2}) / \text{SA1} \quad \text{Ecuación 3}$$

donde SA1 y SA2 corresponden a registros sucesivos de la variable SA. Dado que la autocorrelación de las variables delta SA y delta SA ponderada no fueron significativas, tanto para CN ($P=0.75$ y 0.92 , respectivamente) como para CS ($P=0.27$ y 0.92 , respectivamente),

se generaron modelos de regresión lineal entre estas variables y la precipitación acumulada en registros sucesivos de SA correspondientes. Para el cálculo de las variables delta SA y delta SA ponderada se consideraron únicamente registros de SA con una separación temporal máxima de 8 meses, de manera de evitar altos desfases temporales. El número de registros que cumplieron con este criterio fue de 40 de un total de 51, tanto en la CN como en la CS. Finalmente, se evaluó la correspondencia entre anomalías altas de precipitación acumulada de corto o largo plazo, con anomalías en SA. Las anomalías de precipitación se determinaron como autosumas de la precipitación mensual en ventanas móviles de 3, 6, 12, 24 y 36 meses, y considerando como valores anómalos los comprendidos en el rango de percentiles [100:80]. Después se asoció cada registro de precipitación acumulada al valor de SA más próximo y se analizó la correspondencia entre estas variables a través de representaciones gráficas. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete Stats en R versión 4.2.0 (R Core Team 2020).

RESULTADOS

Se encontraron 2 eventos de inundaciones en la CN comprendidos entre los años 2001-02 y 2016-17 (Figura 2a) y 3 eventos en la CS correspondientes a los años 1987-88, 2001-2002 y 2017 (Figura 2b). Se observaron valores altos de SA en los años 1993 y 2003 en las dos cuencas y el año 1998 solo en CN. En general, los ciclos de SA se caracterizaron por períodos de excesos hídricos de corta duración (~ 2 años) intercalados con períodos más largos de bajo anegamiento (Figura 3). Por otra parte, las precipitaciones semestrales no mostraron una alternancia cíclica como se observó en el caso de las SA. Los períodos de bajo anegamiento que indican condiciones de mayor deficiencia hídrica tuvieron una duración de ~ 5 años en la CN, y fueron más prolongados en la CS (12 años), aunque menos marcados. Estas diferencias en el comportamiento hídrico determinaron una baja correlación en las SA entre cuencas ($\rho=0.55$, $P<0.0001$), a pesar de la alta correlación observada en las precipitaciones anuales ($\rho=0.91$, $P<0.0001$).

La correspondencia lineal entre delta de SA y precipitaciones fue significativa pero muy baja en CN ($R^2=0.17$, $P=0.008$) y no significativa en la CS ($R^2=0.02$, $P=0.387$) (Figura 4 a,c). La ponderación en base a la SA inicial (delta SA ponderado) no produjo cambios

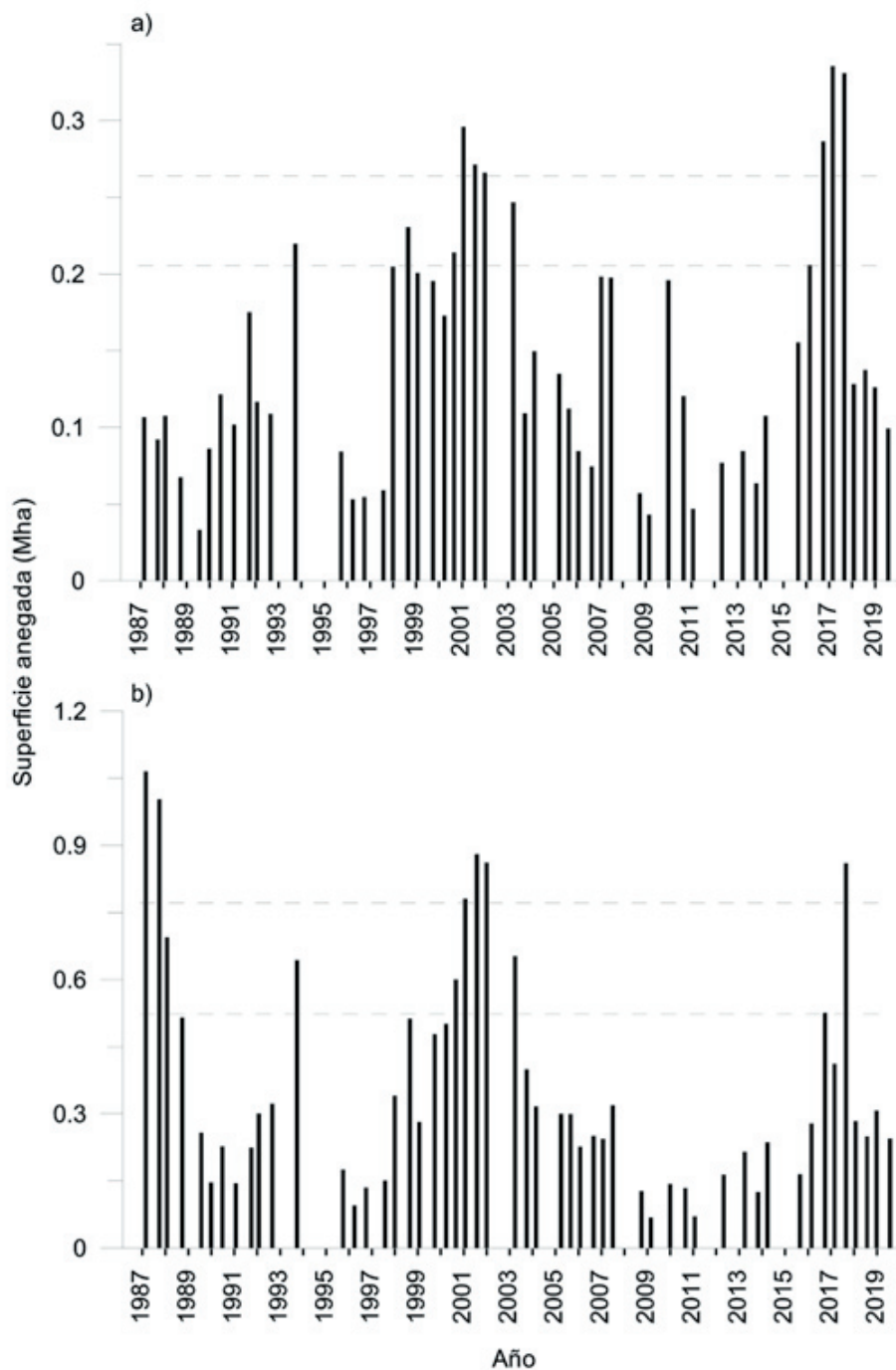


Figura 2. Superficies anegadas en las cuencas norte (a) y sur (b) entre los años 1987 y 2019. Las líneas punteadas representan los percentiles 90 y 80.

Figure 2. Surface water in the northern (a) and southern basins (b) during the years 1987 and 2019. Dashed lines represent the 90 and 80 percentiles.

importantes en los ajustes de los modelos ($R^2=0.22$, $P=0.002$ para CN; $R^2=0.05$, $P=0.185$ para CS) (Figura 4 b,d). Las anomalías en la precipitación acumulada se correspondieron con un amplio rango de valores de SA (Figura 5). La asociación entre estas variables fue baja

en ambas cuencas, tanto para precipitaciones acumuladas de corto o largo plazo. En la CN, las inundaciones de los años 2001-02 y 2016-17 se corresponden con anomalías altas de precipitación (figuras 2a y 5a-e). La misma asociación se observa en la CS para los años de

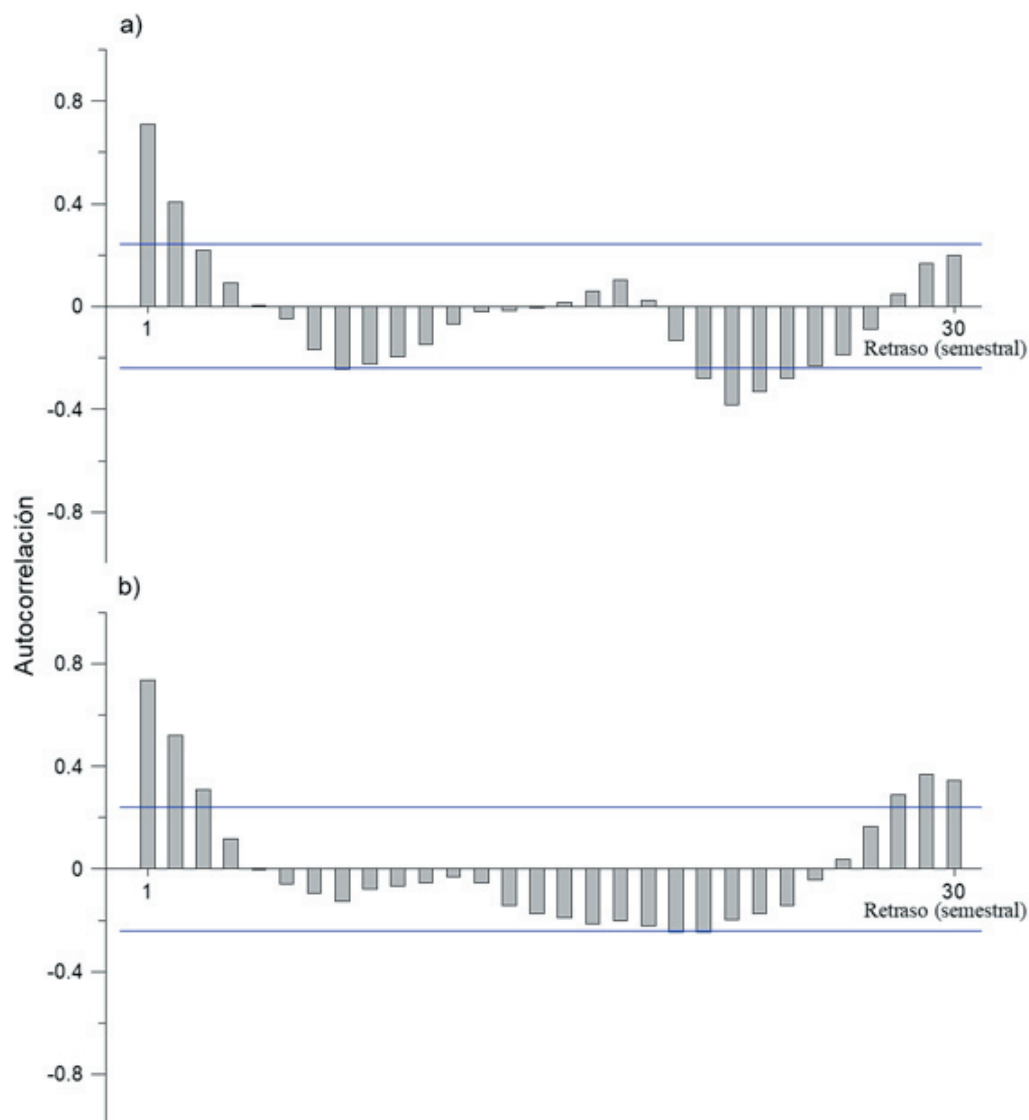


Figura 3. Función de autocorrelación de las superficies anegadas con un desfase temporal de 1 a 30 semestres para la cuenca norte (a) y la cuenca sur (b). Las líneas representan los valores superior e inferior de probabilidades con un error estadístico $P=0.05$.

Figure 3. Autocorrelation function of surface water with a lag-time of 1 to 30 semesters for the northern basin (a) and the southern basin (b). The lines represent the upper and lower probability values at $P=0.05$.

inundación 2001-02 y 2017, con la excepción de la inundación de 1987, que no mostró relación con la acumulada de 36 meses (figuras 2b y 5 f-i). Las precipitaciones acumuladas de corto y largo plazo asociadas al año 1987 fueron también altas en CN, sin embargo, estas se asociaron a una baja SA (Figura 5b,d,e). Si bien todos los eventos de inundaciones coincidieron con anomalías positivas en las precipitaciones, la correspondencia inversa no es verdadera. En todos los casos (Figura 5) se registraron años con altas precipitaciones acumuladas que se corresponden con bajas

SA. Además, se registraron años de baja SA que coincidieron con anomalías positivas de precipitación del orden de las observadas en eventos de inundación.

DISCUSIÓN

La variación temporal de los últimos 30 años de la superficie anegada en la subregión de la Pampa Interior mostró una tendencia cíclica con excesos hídricos de corta duración y períodos más largos de bajo anegamiento, indicando que las condiciones secas fueron más

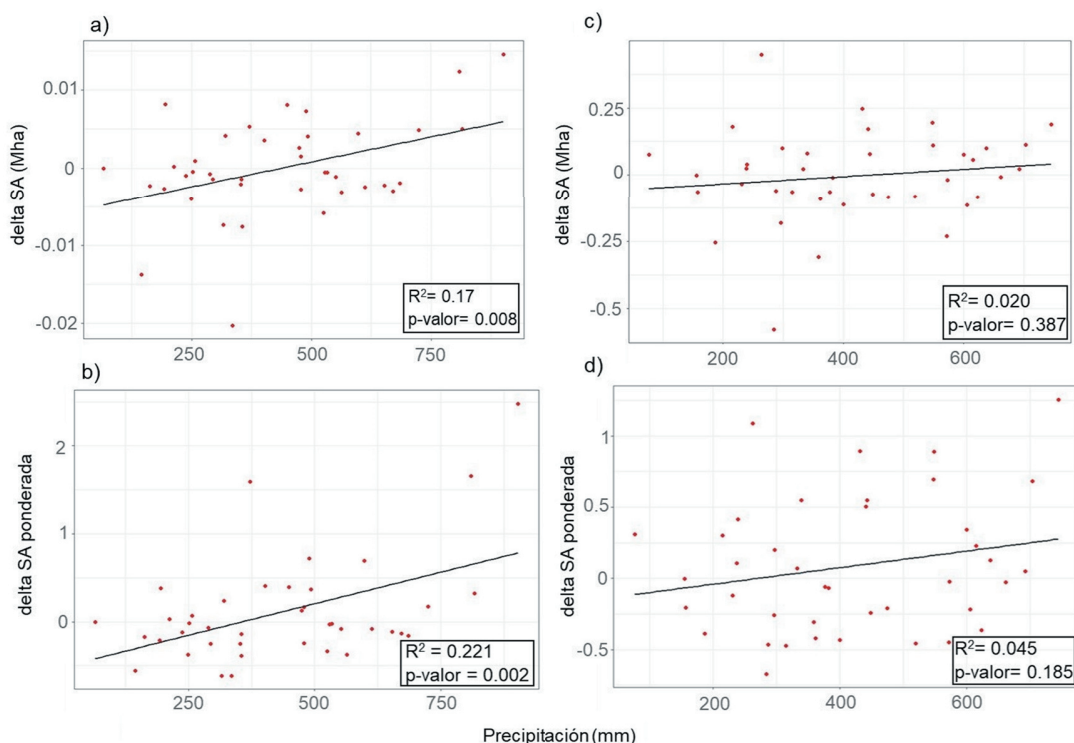


Figura 4. Modelos de regresión de las variables delta SA y delta SA ponderada en función de la precipitación acumulada en registros sucesivos de SA para las cuencas norte (a y b) y sur (c y d), respectivamente.

Figure 4. Regression models of the delta SA and delta SA weighed as a function of the accumulated rainfall water within consecutive records of the SA in the northern (a and b) and southern (c and d) basins, respectively.

prolongadas que las húmedas. La tendencia general del comportamiento hídrico fue similar entre cuencas; sin embargo, se observó un evento adicional de inundación en el período 1987-88 en la cuenca sur. La dinámica temporal de las superficies anegadas en la cuenca norte mostró una mayor correspondencia con el agua aportada por precipitaciones comparada con la cuenca sur, aunque los modelos fueron mayormente no significativos o significativos con porcentajes de explicación muy bajos ($R^2 < 0.17$). En general, la dinámica de las áreas anegadas en esta región no pudo ser explicada satisfactoriamente por la variación en la pluviometría local.

Los episodios de inundaciones en la región de la Pampa Interior tienden a coincidir con elevaciones de la napas freáticas, que aportan al incremento de las aguas superficiales (Aragón et al. 2010). Las inundaciones se explican como recargas excepcional de las napas freáticas mediadas por precipitaciones locales. Sin embargo, no se demostró de manera concluyente que los aumentos de precipitaciones constituyen las causas principales de inundación. La

relación lineal entre el agua en superficie y las precipitaciones tiende a ser relativamente débil (Aragón et al. 2010; Kuppel et al. 2015). La baja relación entre estas variables podría explicarse considerando la tendencia regional al ascenso de la napa freática en los últimos 30-40 años, lo cual determinaría un incremento de sensibilidad de las inundaciones a las anomalías en precipitaciones (Houspanossian et al. 2023). Por otra parte, el ascenso de las napas freáticas en la Región Pampeana se correspondería sobre todo con una tasa menor de evapotranspiración, determinada por una menor profundidad de raíces y extracción de aguas por las plantas producto de cambios en la cobertura y uso del suelo, y no con aumentos en las precipitaciones (Houspanossian et al. 2023). Los resultados obtenidos en nuestro estudio no muestran evidencias de una tendencia temporal al aumento de la sensibilidad de respuesta de las superficies anegadas a las precipitaciones, o retardos en la respuesta de las superficies anegadas a las precipitaciones (Figura 5). Las inundaciones fueron coincidentes con anomalías en precipitaciones dentro de un rango temporal de 3 a 36 meses, pero se registraron anomalías

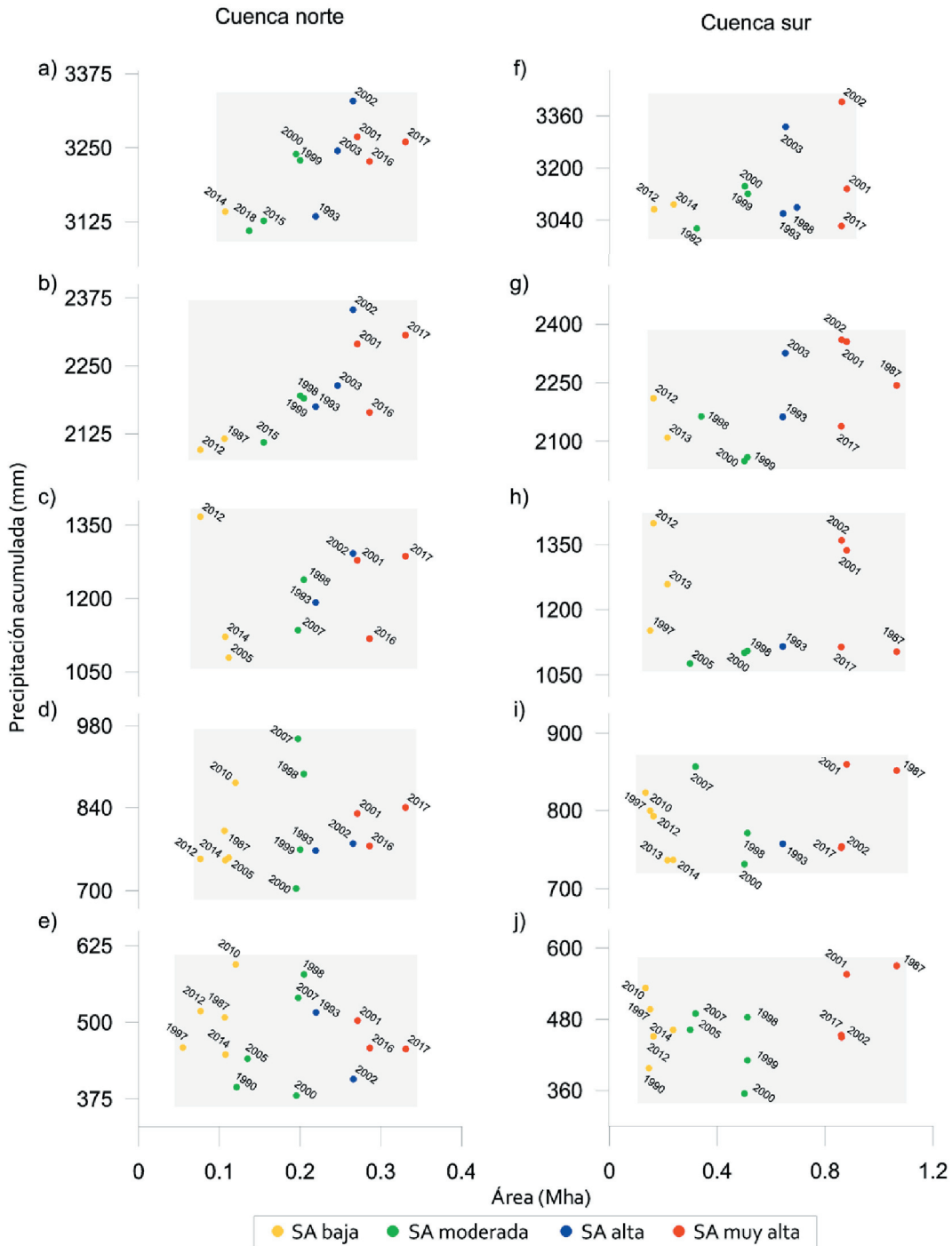


Figura 5. Precipitación acumulada en función de la superficie anegada (SA) para la cuenca norte y sur. Los valores de precipitación corresponden al rango de percentiles [80:100] para acumuladas de 36 (a,f), 24 (b,g), 12 (c,h), 6 (d,i) y 3 (e,j) meses. Los valores SA se clasificaron como baja, moderada, alta y muy alta considerando los rangos de percentiles [0:50], [50:80], [80:90] y [90:100], respectivamente.

Figure 5. Accumulated precipitation as a function of the flooded area (SA) for the northern and southern basins. The precipitation values correspond to percentils of [80:100] for accumulations of 36 (a,f), 24 (b,g), 12 (c,h), 6 (d,i) and 3 (e,j) months. SA values are classified as low, moderate, high, and very high considering the percentile of [0:50], [50:80], [80:90] and [90:100], respectively.

en precipitación que se corresponden con bajas superficies anegadas. De esta manera, las anomalías en precipitaciones mostraron ser

necesarias, pero no suficientes para producir inundaciones, lo cual apoya la hipótesis de que las inundaciones están también acopladas a

flujos de agua que ingresan a la región por escorrentía superficial o subsuperficial.

Los flujos de agua asociados al río Quinto constituyen un aporte importante al sistema hidrológico de la Pampa Interior que pueden favorecer eventos de inundación (Jensen et al. 2000). El drenaje del río Quinto es robusto en la parte más alta de la cuenca debido al gradiente topográfico escarpado que atraviesa los distritos del sur de las provincias de San Luis y Córdoba (Zilio et al. 2022). La parte baja de la cuenca es una depresión plana que se extiende sobre los distritos noroeste de la provincia de Buenos Aires y sur de Córdoba, con elevaciones que van desde 130 hasta 50 m s. n. m. Durante períodos de desbordes, el río Quinto sobrepasa ampliamente los bañados en el sur de Córdoba conformando cauces pocos precisos (Bécher-Quinodóz et al. 2015; Dornes et al. 2015). La cuenca principal del río Quinto está comprendida en la cuenca norte del área de estudio, pero cuando el río desborda, se establecen redes hídricas de superficie que abarcan la cuenca sur del área del estudio. El área de derrame del río puede superar 12 millones de hectáreas (Viglizzo et al. 2001). Sin embargo, el aporte externo de agua de origen fluvial a la Región Pampeana no se limitaría a la escorrentía superficial del río. Los flujos de aguas subterráneas que ingresan a la región de la Pampa Interior no han sido estudiados. Los resultados de este estudio indican que en la cuenca sur las precipitaciones tienden a tener menor relación con las inundaciones en comparación con la cuenca norte, lo cual podría indicar que las redes de drenaje del río no mantienen una relación directa con el movimiento de agua de las napas. Para determinar la importancia de los aportes fluviales superficiales y subsuperficiales es necesario establecer estaciones de aforo con registros continuos en el cauce principal del río y redes de freatómetros para monitorear las variaciones de la napa freática. Este sistema de monitoreo sumado a la información pluviométrica posibilitará el desarrollo de modelos predictivos confiables para anticipar anomalías hídricas regionales.

El control de los niveles freáticos a través de aumentar la evapotranspiración mediante consumos permanentes de agua por parte de la vegetación constituiría una estrategia efectiva de mitigación de las inundaciones en la Pampa Interior. Los sistemas hidrológicos de las llanuras están acoplados a la cobertura vegetal, lo cual determina que el transporte vertical y horizontal de agua subterránea y

sales se modifique con el cambio de uso de la tierra (Jobbágy et al. 2008). Por ejemplo, los barbechos podrían reemplazarse por cultivos de cobertura (Whitworth-Hulse et al. 2023) o en la rotación de cultivos se podrían incluir pasturas permanentes; de esta manera se podría aumentar el consumo de agua y, a su vez, mejoraría la estructura del suelo y la infiltración (Nosetto et al. 2015). Las pasturas perennes (en especial las consociadas con alfalfa) tienen mayor profundidad de raíces y períodos más prolongados de crecimiento que los cultivos anuales, lo cual determina mayor consumo de agua y niveles freáticos más alejados de la superficie (Ridley et al. 2001; Keating et al. 2002). Dado que las forestaciones suelen mostrar mayores tasas de evapotranspiración que la vegetación herbácea, tienden a generar condiciones atmosféricas más húmedas (Hoffmann and Jackson 2000). La forestación a gran escala también puede disminuir el reabastecimiento del agua subterránea a escala de paisaje e influenciar el clima regional, como sugieren observaciones y experimentos de modelación del cambio opuesto en el uso del suelo (reemplazo de bosques por pasturas y cultivos) en los ecosistemas del Amazonas (Durieux et al. 2003). La cobertura vegetal con raíces profundas puede mantener niveles de agua subterránea relativamente más bajos y un acuífero de llanura aluvial menos salino (Alaghmand et al. 2014). Prevenir el ascenso de los niveles freáticos es importante para evitar el ascenso de las sales y la salinización de los suelos (Jobbágy et al. 2008).

El ciclo hidrológico de la región de la Pampa Interior fue modificado por el cambio de la cobertura y del uso de la tierra. Este impacto antrópico se acentuó en las últimas décadas, lo cual aumentó las probabilidades de ocurrencia de inundaciones y la cobertura de las superficie anegada de los eventos de inundación (Houspanossian et al. 2023). Las inundaciones producen impactos negativos de gran magnitud en los sistemas productivos a nivel regional (Viglizzo and Frank 2006; Smolenaars et al. 2021). Por otra parte, los eventos de inundación podrían tornarse más frecuentes en el futuro por el cambio climático (Barros et al. 2006, 2015); por esta razón, las medidas de mitigación son cada vez más necesarias (Smolenaars et al. 2021). El aumento de la evapotranspiración y la reducción del drenaje de recarga de las napas freáticas constituye una de las principales estrategias de mitigación a implementar en la región. Estas medidas de mitigación deberían

combinarse con el manejo de la parte alta de la cuenca a través de medidas para controlar la evacuación de los excesos hídricos. Sin embargo, los esfuerzos de mitigación que se implementaron desde fines del siglo XIX estuvieron en su mayoría orientados a evacuar las aguas superficiales a través de la construcción de canales (Ameghino 1984). Estas obras se diagramaron tanto a escala local como regional. En la provincia de Córdoba, la canalización se realizó hacia la zona de bañados del río Quinto. Desde allí se construyeron canales perpendiculares al cauce principal del río que conectan con gran cantidad de lagunas hasta llegar al lago Las Tunas Grandes en partido de Trenque Lauquen, provincia de Buenos Aires. Más recientemente, en el norte de La Pampa se construyó un sistema de canales que se conoce como “obra de los daneses”; estos canales drenan el agua hacia la depresión del Departamento de Quemú Quemú. Esta obra, construida luego de la inundación de los años 2001-2002, resultó insuficiente para mitigar la anomalía hídrica del período 2016 y 2017 (Figura 2). La mitigación de las inundaciones requiere de estrategias combinadas, entre las que las decisiones de cambios en el uso y la cobertura del suelo son prioritarias.

CONCLUSIONES

La dinámica hídrica de los últimos 33 años en la Pampa Interior se caracterizó por la existencia de eventos de inundación de corta duración (2 a 3 años), alternados con períodos más largos de baja SA, del orden de 5 a 10 años. Si bien los meses con inundaciones se corresponden con altos aportes pluviométricos, las anomalías positivas en precipitación no siempre se corresponden con altas SA. Los resultados permiten inferir que en la subregión de la Pampa Interior, el ingreso de agua a través de escorrentía en superficie o en profundidad (napas freáticas) constituye una fuente hídrica necesaria para la ocurrencia de inundaciones. Para desarrollar estrategias de mitigación efectivas es necesario contar con información sobre la importancia de las fuentes de agua externas que ingresan a la región y las tasas de evapotranspiración asociadas a los distintos usos y cobertura del suelo.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo fue financiado por el proyecto 9203 de la Universidad Nacional de La Pampa (RESOL-2017-5135-APN-SECPU#ME). Agradecemos los valiosos aportes recibidos en el proceso de revisión para mejorar este manuscrito.

REFERENCIAS

- Ahmad A., and S. Quegan. 2012. Analysis of maximum likelihood classification on multispectral data. *Appl Math Sci* 6(129):6425-6436.
- Alaghmand, S., S. Beecham, and A. Hassanli. 2014. Impacts of vegetation cover on surface-groundwater flows and solute interactions in a semi-arid saline floodplain: A case study of the lower Murray River, Australia. *Environmental Processes* 1:59-71. <https://doi.org/10.1007/s40710-014-0003-0>.
- Aldardasawi, A. F. M., and B. Eren. 2021. Floods and Their Impact on the Environment. *Academic Perspective Procedia* 4:42-49. <https://doi.org/10.33793/acperpro.04.02.24>.
- Alexander, L. V., X. Zhang, T. C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A. M. G. K. Tank, et al. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J Geophys Res Atmos* 111:1-22. <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>.
- Ameghino, F. 1984. Las secas y las inundaciones en la Provincia de Buenos Aires. Obras de retención y no de desagüe 1884-1984. Repositorio digital Naturalis. Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, Argentina.
- Aliaga, V. S., M. C. Piccolo, and G. M. E. Perillo. 2021. Surface water extent dynamics from three periods of continuous landsat time series; subregional differences across Argentine plains. *Revista de Teledetección* 58:131-145. <https://doi.org/10.4995/RAET.2021.14263>.
- Aragón, R., E. G. Jobbágy, and E. F. Viglizzo. 2010. Surface and groundwater dynamics in the sedimentary plains of the Western Pampas (Argentina). *Ecohydrology* 4(3):433-447. <https://doi.org/10.1002/eco.149>.
- Archer, N., R. A. Bell, A. S. Butcher, and S. H. Bricker. 2020. Infiltration efficiency and subsurface water processes of a sustainable drainage system and consequences to flood management. *J Flood Risk Management* 13(3):e12629. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12629>.
- Barros, V. R., J. A. Boninsegna, I. A. Camilloni, M. Chidiak, G. O. Magrín, and M. Rusticucci. 2015. Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *Wiley Interdiscip Rev Clim Change* 6(2):151-169. <https://doi.org/10.1002/wcc.316>.
- Barros, V. R., A. Menéndez, and G. Nagy. 2006. El cambio climático en el Río de la Plata. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Libros del Zorzal, Buenos Aires, Argentina. Pp. 174.
- Bécher-Quinodóz, F. N., M. T. Blarasin, and H. O. Panarello. 2015. Modelado geoquímico e isotópico de las relaciones agua superficial-subterránea. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 72(4):506-518.

- Carignano, C. A. 1999. Late Pleistocene to recent climate change in Córdoba Province, Argentina: Geomorphological evidence. *Quaternary International* 57/58:117-134. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(98\)00054-8](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(98)00054-8).
- Casagrande, G. A., G. T. Vergara, and Y. N. Bellini Saibene. 2006. Cartas agroclimáticas actuales de temperaturas, heladas y lluvia de la provincia de La Pampa (Argentina). *Semiárida. UNLPam* 17:15-22. URL: repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/6041.
- Chaneton, E. J. 2006. Las inundaciones en pastizales pampeanos.: Impacto ecológico de las perturbaciones naturales. *Ciencia Hoy* 16(92):18-32.
- Contreras, S., M. D. Nosoetto, S. Calderón, and E. G. Jobbágy. 2008. Impacto de las aguas subterráneas en la producción de agroecosistemas: modelación acoplada a través del código VegNap. XXIII Reunión Argentina de Ecología, San Luis, Argentina.
- Depetris, P. J. 2007. The Paraná river under extreme flooding: a hydrological and hydro-geochemical insight. *Interciencia* 32(10):656-662.
- Devitt, L., J. Neal, G. Coxon, J. Savage, and T. Wagener. 2023. Flood hazard potential reveals global floodplain settlement patterns. *Nat Commun* 14:2801. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38297-9>.
- Dornes, P., E. Mariño, and C. Schulz. 2015. Inventario de los recursos hídricos de la provincia de La Pampa. UNLPam-Consultora.
- Durieux, L., L. A. Toledo Machado, and H. Laurent. 2003. The impact of deforestation on cloud cover over the Amazon arc of deforestation. *Remote Sensing of Environment* 86:132-140. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00095-6).
- Fathy, I., A. Ahmed, and H. Abd-Elhamid. 2021. Integrated management of surface water and groundwater to mitigate flood risks and water scarcity in arid and semi-arid regions. *J Flood Risk Manag* 14(3):e12720. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12720>.
- Fan, Y., H. Li, and G. Miguez-Macho. 2013. Global patterns of groundwater table depth. *Science* 339(6122):940-943. <https://doi.org/10.1126/science.1229881>.
- Fuschini Mejía, M. C. 1994. El agua en las llanuras. UNESCO Regional Office for Science and Technology for Latin America and the Caribbean (Uruguay).
- Giménez, R., J. L. Mercau, F. E. Bert, S. Kuppel, G. Baldi, J. Houspanossian, P. M. Magliano, and E. G. Jobbágy. 2020. Hydrological and productive impacts of recent land-use and land-cover changes in the semiarid Chaco: Understanding novel water excess in water scarce farmlands. *Ecohydrology* 13:e2243. <https://doi.org/10.1002/eco.2243>.
- Hall, A. J., C. M. Rebella, C. M. Ghersa, and J. P. Culot. 1992. Field-crop systems of the Pampas. Pp. 413-450 *en* C. J. Pearson (ed.). *Ecosystems of the World*. Elsevier (Netherlands).
- Hoffmann, W. A., and R. B. Jackson. 2000. Vegetation-Climate Feedbacks in the Conversion of Tropical Savanna to Grassland. *American Meteorological Society* 13(9):1593-1602. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013%3C1593:VCFITC%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013%3C1593:VCFITC%3E2.0.CO;2).
- Houspanossian, J., R. Giménez, J. I. Whitworth-Hulse, M. D. Nosoetto, W. Tych, P. M. Atkinson, M. C. Rufino, and E. G. Jobbágy. 2023. Agricultural expansion raises groundwater and increases flooding in the South American plains. *Science* 380:6652. <https://doi.org/10.1126/science.add5462>.
- Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- IPCC 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. *En* C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor and P. M. Midgley (eds.). Cambridge Univ. Press. Pp. 582.
- Jensen, R., M. Marazzi, J. Savioli, J. Brea, and H. Tavecchio. 2000. Diagnóstico de la situación de inundación en la región noreste de la Provincia de La Pampa, Argentina. Gobierno de la provincia de La Pampa, inédito.
- Jobbágy, E. G., and M. D. Nosoetto. 2009. Napas freáticas: pautas para comprender y manejar su impacto en la producción. XVII Congreso Nacional de AAPRESID. Argentina.
- Jobbágy, E. G., and M. D. Nosoetto. 2015. Las napas freáticas superficiales como agente de degradación de suelos. Pp. 287-300 *en* R. Casas and G. Albarracín (eds.). *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina*, Buenos Aires, Editorial FECIC, Tomo I.
- Jobbágy, E. G., M. D. Nosoetto, C. S. Santoni, and G. Baldi. 2008. El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecología Austral* 18:305-322. URL: ref.scielo.org/8svm2v.
- Jones, B. M., G. D. A. C. Grosse, C. D. Arp, M. C. Jones, K. W. Anthony, and V. E. Romanovsky. 2011. Modern thermokarst lake dynamics in the continuous permafrost zone, northern Seward Peninsula, Alaska. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 116:G00M03. <https://doi.org/10.1029/2011JG001666>.
- Keating, B. A., D. Gaydon, N. I. Huth, M. E. Probert, K. Verburg, C. J. Smith, and W. Bond. 2002. Use of modelling to explore the water balance of dryland farming systems in the Murray-Darling Basin, Australia. *European Journal of Agronomy* 18:159-169. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00102-8](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00102-8).
- Kuppel, S., J. Houspanossian, M. D. Nosoetto, and E. G. Jobbágy. 2015. What does it take to flood the Pampas?: Lessons from a decade of strong hydrological fluctuations. *Water Resources Research* 51:2937-2950. <https://doi.org/10.1002/2015WR016966>.
- León R.J.C. (1991). – Geographic limits of the region, geomorphology and geology, regional subdivisions, floristic aspects, description of the vegetation. Pp. 369-387 *en* R.T. Coupland (coord.). *Natural grasslands: introduction and*

- western hemisphere. Elsevier, Amsterdam, Países Bajos.
- León, R. J. C. 1992. Río de la Plata grasslands. Regional sub-divisions. Pp. 376-407 *en* R. T. Coupland (coord.). *Ecosystems of the World 8A: Natural Grasslands*, Elsevier, Amsterdam.
- Mokhtari, A., H. Noory, M. Vazifedoust, M. Palouj, A. Bakhtiari, E. Barikani, R. A. Zabihi Afrooz, F. Fereydooni, et al. 2019. Evaluation of single crop coefficient curves derived from Landsat satellite images for major crops in Iran. *Agricultural Water Management* 218:234-249. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2019.03.024>.
- Nosetto, M. D., E. G. Jobbágy, A. B. Brizuela, R. B. Jackson. 2012. The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154:2-11. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2011.01.008>.
- Nosetto, M. D., R. A. Páez, S. I. Ballesteros, and E. G. Jobbágy. 2015. Higher water-table levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 206:60-70. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.03.009>.
- Oliva, G. 2019. Manejo de pastizales naturales en Argentina. XXV Reunión Del Grupo Técnico Regional Del Cono Sur En Mejoramiento y Utilización de Los Recursos Forrajeros Del Área Tropical y Subtropical.
- Potapov, P., S. Turubanova, M. C. Hansen, A. Tyukavina, V. Zalles, A. Khan, X. P. Song, A. Pickens, Q. Shen, and J. Cortez. 2022. Global maps of cropland extent and change show accelerated cropland expansion in the twenty-first century. *Nat Food* 3:19-28. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00429-z>.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: R-project.org.
- Ridley, A. M., B. Christy, F. X. Dunin, P. J. Haines, K. F. Wilson, and A. Ellington. 2001. Lucerne in crop rotations on the Riverine Plains. 1. The soil water balance. *Australian Journal of Agricultural Research* 52:263-277. <https://doi.org/10.1071/AR99165>.
- Roach, J. K., B. Griffith, and D. Verbyla. 2013. Landscape influences on climate-related lake shrinkage at high latitudes. *Global Change Biology* 19:2276-2284. <https://doi.org/10.1111/gcb.12196>.
- SAGyP, and INTA 1990. Atlas de suelos de la República Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca; Proyecto PNUD ARG. 85/019; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Smolenaars, W. J., S. Paparrizos, S. Werners, and F. Ludwig. 2021. Flood Risk and Adaptation Strategies for Soybean Production Systems on the Flood-Prone Pampas under Climate Change. *Agronomy* 11(6):1187. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061187>.
- Sonu, T. S., C. Mohammed Firoz, and A. Bhagyanathan. 2022. The impact of upstream land use land cover change on downstream flooding: A case of Kuttanad and Meenachil River Basin, Kerala, India. *Urban Climate* 41:101089. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101089>.
- Soriano, A., R. J. C. León, O. E. Sala, R. Lavado, V. A. Deregibus, M. A. Cahuepé, O. A. Scaglia, C. A. Velázquez, and J. H. Lemcoff. 1991. Río de la Plata Grasslands. Pp. 367-407 *en* R. T. Coupland (coord.). *Ecosystems of the World. Natural Grasslands. Introduction and Western Hemisphere*. Ed. Elsevier, Amsterdam.
- Taboada, M. A., F. Damiano, and R. S. Lavado. 2009. Inundaciones en la Región Pampeana. Consecuencias sobre los suelos. Alteraciones de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones. Buenos Aires: EFA-INTA. Pp. 103-127.
- Tóth, J. 1978. Gravity induced cross-formational flow of formation fluids, Red Earth Region, Alberta, Canada: Analysis, patterns and evolution. *Water Resources Research* 14:805-843. <https://doi.org/10.1029/WR014i005p00805>.
- Viglizzo, E. F., F. A. Lértora, A. J. Pordomingo, J. Bernardos, Z. E. Roberto, and H. del Valle. 2001. Ecological lessons and applications from one century of low external-input farming in the pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 81:65-81. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00155-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00155-9).
- Viglizzo, E. F., and F. C. Frank. 2006. Ecological interactions, feedbacks, thresholds and collapses in the Argentine Pampas in response to climate and farming during the last century. *Quaternary International* 158(1):122-126. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.05.022>.
- Whitworth-Hulse, J. I., E. G. Jobbágy, L. Borrás, S. E. Alsina, J. Houspanossian, and M. D. Nosetto. 2023. The expansion of rainfed grain production can generate spontaneous hydrological changes that reduce climate sensitivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 349:10844. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108440>.
- 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. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>.
- Zilio, M. C., M. Aranda Álvarez, A. Zamponi, and M. F. Roggiro. 2022. Agriculturización y sapping en San Luis y Córdoba: señal antropocénica. Pp. 258-271 *en* M. C. Zilio, G. M. D'Amico and S. Báez (coords.). *Volcán antropogénico: Una mirada geográfica sobre procesos geológicos y geomorfológicos*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/147529>.