



Factores de riesgo de inundaciones por lluvias en paisajes aluvionales, Provincia de San Juan.

MÉRIDA, Silvia^{1,2}; PÉREZ P., María del Valle^{1,2,3}

¹ Instituto Nacional del Agua. Centro Regional de Aguas Subterráneas.

² Universidad Nacional de San Juan. Facultad de Filosofía Humanidades y Artes.

³ Instituto de Geografía Aplicada. UNSJ-FFHA.

smerida@ina.gob.ar

RESUMEN

Este artículo analiza los factores de riesgo de inundaciones en localidad de La Rinconada, para ello se estudiaron y clasificaron los factores climáticos, geológicos, geomorfológicos y antrópicos que favorecen este tipo de eventos extremos mediante imágenes satelitales, estadísticas oficiales y registros meteorológicos. Se analizaron las precipitaciones mayores a 40mm considerándolas causales de inundaciones y se validaron los eventos con el índice SPEI y registros de publicaciones periódicas. Los resultados obtenidos confirmaron que La Rinconada es una localidad que, por su ubicación, condiciones de entorno y estructura urbana es considerada como zona de alto riesgo donde se han producido inundaciones que se repetirán en el futuro, por lo que se vuelve imprescindible realizar un ordenamiento territorial teniendo en cuenta el tipo de riesgo estudiado.

Palabras claves: peligro- crecidas- avenidas

THE RISK OF THE POPULATION TO FLOODS DUE TO RAIN AS A CONSEQUENCE OF ITS LOCATION IN ALUVIONAL LANDSCAPES. THE CASE OF LA RINCONADA POCITO, SAN JUAN (ARGENTINA)

ABSTRACT

This article analyzes the risk factors of floods in La Rinconada. For this purpose, the climatic, geological, geomorphological and anthropic factors that favor this type of extreme events were studied and classified through satellite images, official statistics and meteorological records. Rainfall greater than 40mm was analyzed considering them causes of floods and the events were validated with the SPEI index and records from periodicals. The results obtained confirmed that La Rinconada is a locality that, due to its location, environmental conditions and urban structure is considered a high-risk area where floods have occurred that will be repeated in the future, so it becomes essential to carry out a territorial order taking into account the type of risk studied.

Key words: Danger- Floods- Avenues

Introducción

El riesgo se entiende como la probabilidad de que algo potencialmente dañino suceda; es parte de una ecuación en la que se conjugan la amenaza y la vulnerabilidad (Carballo, 2014). En consecuencia, se entiende por riesgo de inundación a la amenaza potencial que posee una región a sufrir los efectos del ingreso intempestivo de agua desde un cauce fluvial. Es por ello que la ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por el hombre, puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinada, con capacidad de producir daños materiales, personales e incluso modificar el uso que se da al territorio. El riesgo es, en este caso, propio de áreas con aporte de sedimentos transportados por los caudales hídricos generados tanto en las cuencas fluviales principales como en las subcuencas laterales cuyos efectos se sienten en las partes bajas de los valles. Son más propensas a este fenómeno las regiones cuyos cauces fluviales poseen transporte hídrico esporádico.

Las inundaciones de origen fluvial suelen limitarse al plano aluvial actual de los ríos principales afectando, cuando se producen eventos de carácter extraordinario, al nivel de terrazas inferiores y

al nivel intermedio en forma parcial. Vinet (2020) expresa que, a pesar de los conocimientos y experiencias sobre el tema, el impacto de las inundaciones sigue aumentando y el cálculo de los mismos se realiza midiendo el aumento en los costes por la sensación de impotencia, para poner en marcha medidas preventivas eficaces y por la impresión de que las inundaciones aumentan en cantidad e intensidad cada año. Además, establece que las inundaciones están fuertemente condicionadas por la topografía. A esto se le suma una falta de control en la ocupación de áreas periurbanas, potenciada por una planificación urbana que no tiene en cuenta los dinamismos naturales (Contreras et al., 2020).

Para Contreras (2015) un mal uso del recurso hídrico o bien el desconocimiento de sus variaciones extremas contribuye a la pérdida del paisaje natural. Los conflictos relacionados con el agua son conflictos socio-ambientales que exigen, según López Mera, et al., (2015), la comprensión de la caracterización de los recursos hídricos y de las condiciones que impone la dinámica del ciclo hidrológico sobre la organización social en torno al agua; a sus formas de extracción (organización y tecnología); las escalas de tiempo (ciclos anuales o siglos) y espacio (cuencas o regiones hidrológicas, subterráneas o superficiales) y demás recursos y grupos sociales vinculados por el agua en movimiento (Contreras y Duval, 2021).

Los flujos de agua con detritos de carácter repentino o aluviones son uno de los principales peligros geológicos que afectan a la provincia de San Juan que se producen como consecuencia de lluvias torrenciales y se caracterizan, principalmente, por sus importantes velocidades y su gran poder destructivo (Esper Angillieri y Perucca, 2014).

Área de estudio

Este trabajo analiza los fenómenos mencionados en la localidad La Rinconada, (departamento Pocito) en el centro sur de la provincia de San Juan, Rca Argentina (Fig.1).

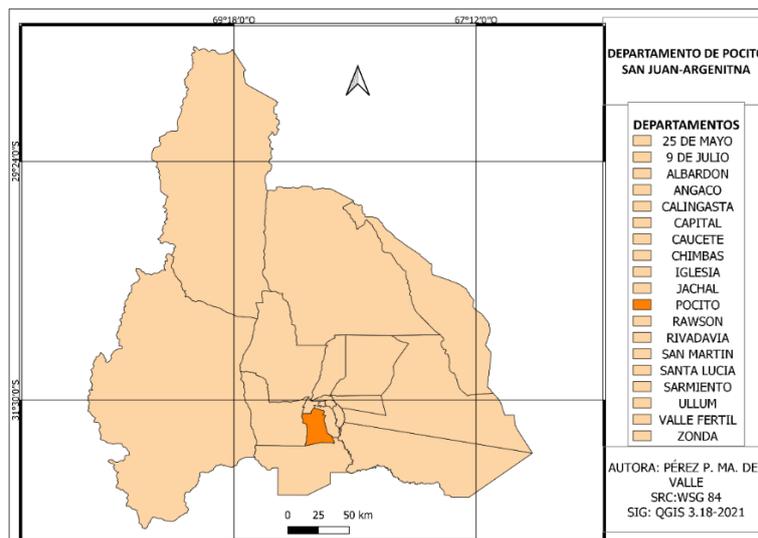


Fig. 1: Departamento Pocito – San Juan.

Fuente: Elaboración propia en base a Martínez et al. (2007)

Este departamento, importante polo productivo, experimentó un gran crecimiento urbano y del negocio inmobiliario en los últimos 10 años. La Rinconada se encuentra emplazada al este de la Sierra Chica de Zonda (Fig. 2). Dentro de esta localidad se encuentra “El Abanico”, zona cuyo nombre refiere a la forma que posee (Fig. 2). La Rinconada está localizada a 18 km de la ciudad de San Juan (Fig. 3) a poco más de 25 minutos del centro. Cunetas de tierra, caserones de adobes, arboledas y grandes extensiones de tierra cultivada son las primeras observaciones que impactan del paisaje, para luego dar paso a nuevas construcciones, casas de campo y barrios privados que van generando cambios y diferencias en el espacio geográfico.

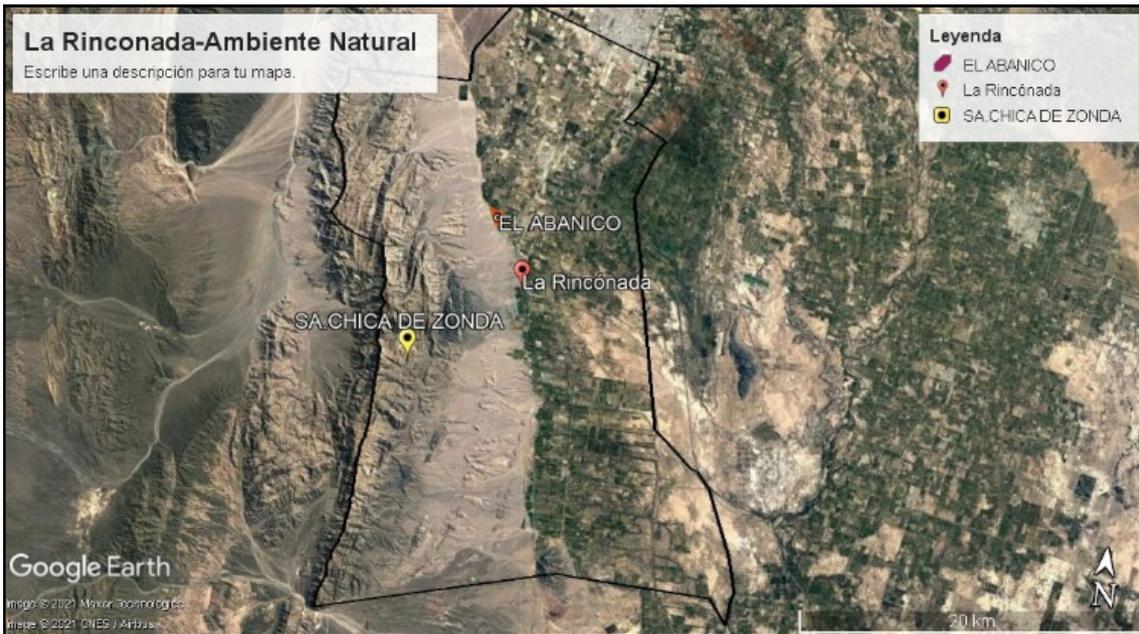


Fig. 2: Localidad La Rinconada- El Abanico. Departamento Pocito – San Juan
Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.

En el ambiente natural un sistema de defensa aluvional bordea al piedemonte de la Sierra Chica de Zonda en sentido norte sur, siguiendo la pendiente natural del terreno (Fig. 2). Este es el principal colector pluvioaluvional de los departamentos Chimbas, Rivadavia, Rawson y Pocito. En este último es donde frecuentemente se presentan los mayores riesgos naturales en la población a causa de las bajadas aluvionales que descienden por los antiguos cauces donde actualmente se emplazan las calles 13 y 15 (Perucca, 2005).

El área de estudio se define por: las calles 13 al norte, 17 o callejón Díaz al sur, Chacabuco al este y Mendoza al oeste.

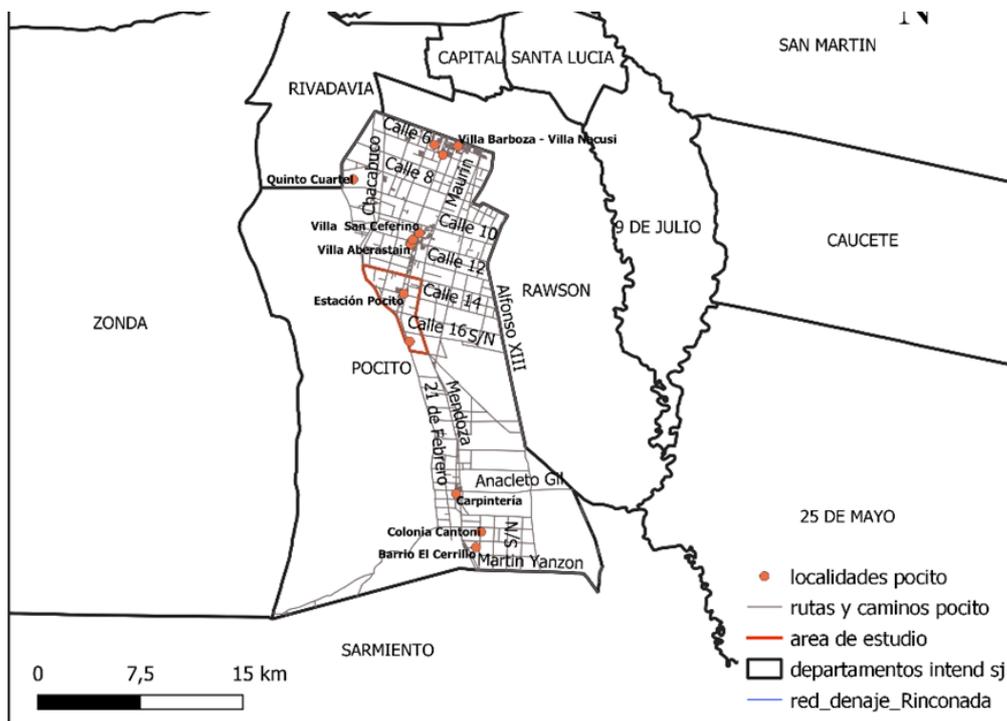


Fig. 3: Localidad La Rinconada Departamento Pocito – San Juan.
Fuente: Elaboración propia en base a Martínez et al. (2007)

Como objetivo de este trabajo se plantea analizar el riesgo de inundación en la zona de La Rinconada, teniendo como metodología el estudio y clasificación de los factores climáticos, geomorfológicos y antrópicos que favorecen este tipo de eventos extremos.

Materiales y Métodos

Para definir el riesgo a la inundación se han tenido en cuenta los factores: a) hidrológico, b) climático, c) geomorfológico, d) geológico y e) antrópico.

a) *Factor hidrológico*: se delimitaron las cuencas superficiales y sus redes de drenaje, utilizando Google Earth Pro y la imagen satelital Landsat 2019.

b) *Factor climático*: se consideraron los registros diarios pluviométricos medidos por la estación experimental INTA Pocito el período 1968 a 2018. Se especificaron como días con elevada posibilidad de inundación a aquellos con precipitaciones mayores a 40 mm o aquellos en donde la suma de su precipitación y la de sus días precedentes registraron ese valor o uno mayor. Para validar el supuesto que de una lluvia mayor a 40 mm produce inundaciones se utilizó el Índice Estandarizado de Evapotranspiración y Precipitaciones (SPEI por sus siglas en inglés) (Maidana et al., 2020, Contreras y Duval, 2021, y Martínez et al. 2021) buscando las fechas correspondientes en diarios locales (Diario de Cuyo, 1974-2016). Este índice tiene en cuenta tanto las precipitaciones como la evapotranspiración potencial en su formulación para expresar las relaciones de oferta y demanda de agua, a fin de comprender las influencias del cambio climático (Vicente Serrano et al., 2012, Maidana et al., 2020).

Los conjuntos de datos tienen una resolución espacial de 0.5° por 0.5° y se extrajeron para el punto de cuadrícula en Lat. $-31,75$ y Long: -68.75 . Para el análisis de los eventos de inundación y sequía, se han clasificado los resultados en función de sus valores (Vicente-Serrano et al., 2012): Inundación extrema (IE) ($SPEI > 2,0$), severa ($1,99 > SPEI > 1,5$), moderada ($1,49 > SPEI > 1$), normal ($1,0 > SPEI < -1,0$), sequía extrema (SE) ($SPEI < -2,0$), severa ($-1,5 < SPEI < -1,99$), moderada ($-1,0 < SPEI < -1,49$) y casi normal ($1,0 < SPEI < 1,0$).

c) *Factor geomorfológico*: se definió con las curvas de nivel obtenidas del modelo de elevación digital (Instituto Geográfico Nacional, 2021) y con estas se determinaron las pendientes para los diferentes tramos de los cauces principales de las cuencas. Posteriormente se usó el mapa geológico del Instituto Geológico Nacional (Atlas socioeconómico de San Juan, 2007), definiéndose el grado de erosión en función de la clasificación de los suelos.

d) *Factor antrópico*: fue definido a través del relevamiento de las obras de encauzamiento y defensas, relevando las mismas con el programa Google Earth Pro y la imagen satelital Landsat 2019.

Resultados Y Discusión

a) *Factor Hidrológico*: La delimitación de cuencas se muestra en la Figura 4, donde se destacan tres cuencas superficiales que descargan sus caudales originados sobre el faldeo oeste de la Sierra Chica de Zonda. Las cuencas norte y sur (1 y 3 en las referencias) poseen la mayor parte de su superficie sobre la sierra, lo que implica que ante una precipitación tendrán los caudales mayores y con las mayores velocidades.

b) *Factor Climático*: Sobre la base de los registros de la EEA INTA Pocito se determinaron los periodos con lluvias que superaron los 40 mm (Fig. 5). El registro de todas estas precipitaciones coincide con los artículos publicados en los diarios locales y en donde se registraron problemas con inundaciones en la zona de estudio, (Diario de Cuyo, 1974-2016).

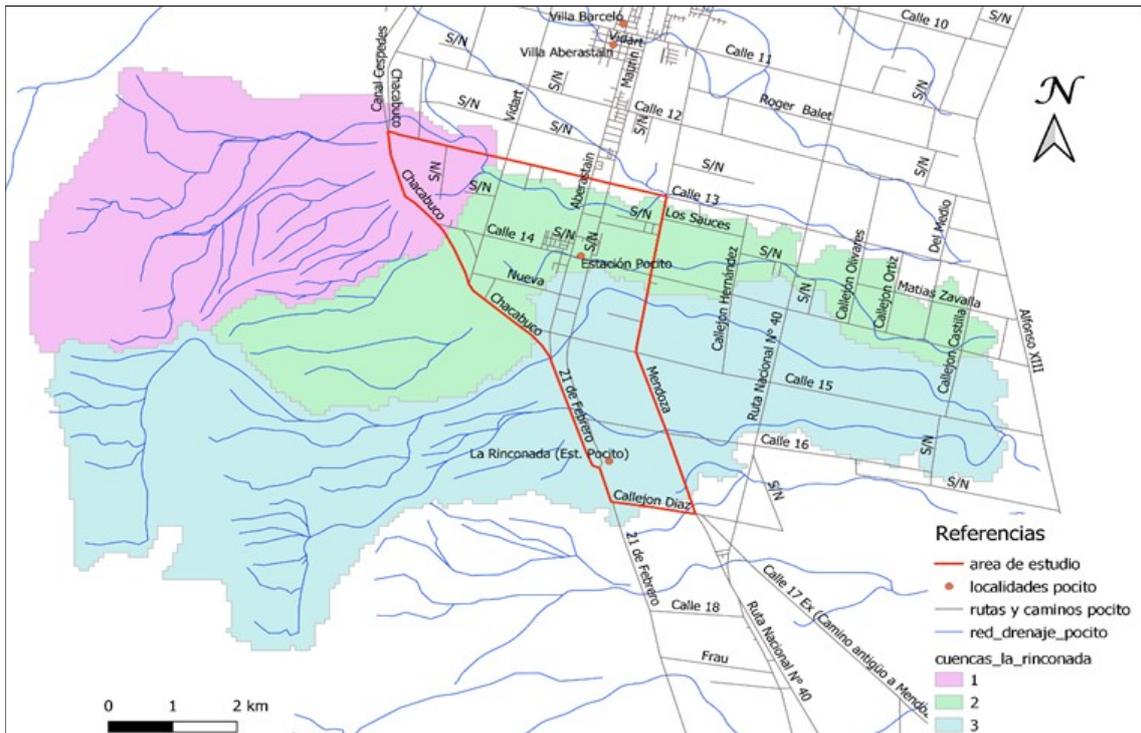


Fig. 4. Cuencas Superficiales y red de drenaje de la Rinconada. Fuente: Elaboración propia

La validación de estos eventos se realizó con el SPEI, obteniéndose su evolución desde el año 1955 a 2021 (Fig. 6) para el punto de coordenadas 31,75 S y 68,75 O. Puede observarse que los picos de la gráfica coinciden con los años donde se detectaron las lluvias de más de 40 mm, validando con ello los registros. En cuanto al SPEI mensual (SPEI_1) marzo del 1984, enero del 1990 y diciembre de 2016 dan SPEI negativos, el resto son valores positivos que van desde el 0,79 (enero de 1991) a 3,29 (febrero de 2014).

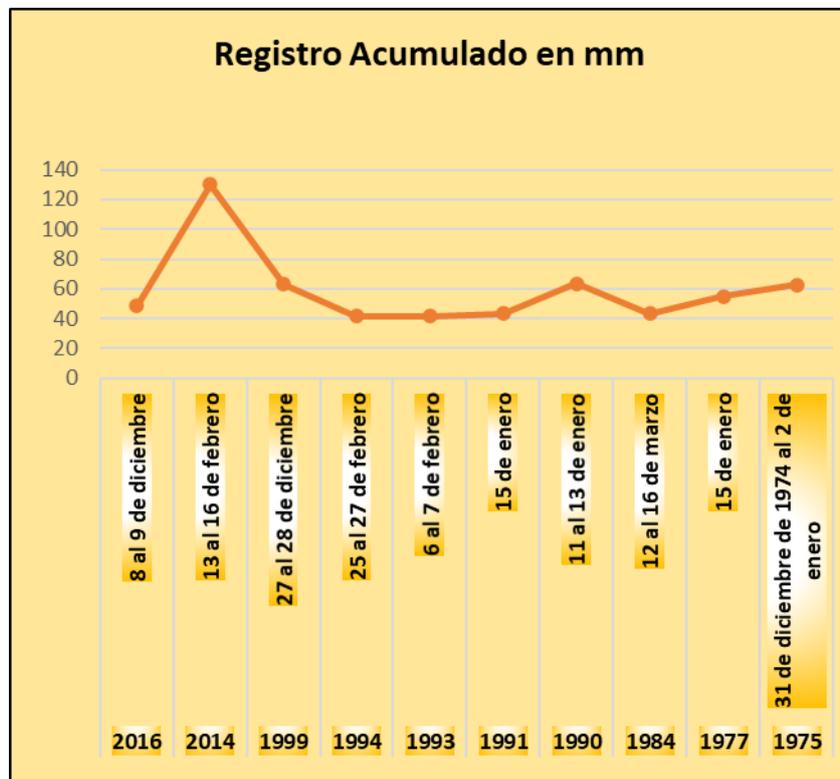


Fig. 5: Periodos de lluvias mayores a 40 mm registradas en la EEA INTA Pocito. Fuente: Elaboración propia en base a los registros aportados por INTA San Juan, Área de Agrometeorología



Fig. 6: Evolución del SPEI 12 para la Rinconada.

Fuente: Monitor de sequía global SPEI (Vicente Serrano et al., 2012)

c) *Factor Geomorfológico*: en base a las curvas de nivel y dividiendo la cuenca según su curso alto, medio y bajo, se determinaron las pendientes (Fig. 7), cuyos valores se muestran en la Tabla 2.

En la parte superior de los cursos ocurren las máximas precipitaciones, se concentran las aguas y se forman las crecidas con velocidades de flujo elevadas debido a las grandes pendientes mayores al 16%. En la parte central o piedemonte la pendiente, en promedio del 6%, es menos abrupta y eso origina que el flujo disminuya su velocidad, aunque sigue transportando sedimentos. En la porción inferior, que gradualmente se convierte en planicie aluvial, las pendientes se aplanan bruscamente constituyendo la zona de acumulación del material. En este tramo, donde se ubica el área cultivada y la zona urbana del departamento, la pendiente es menor al 1%.

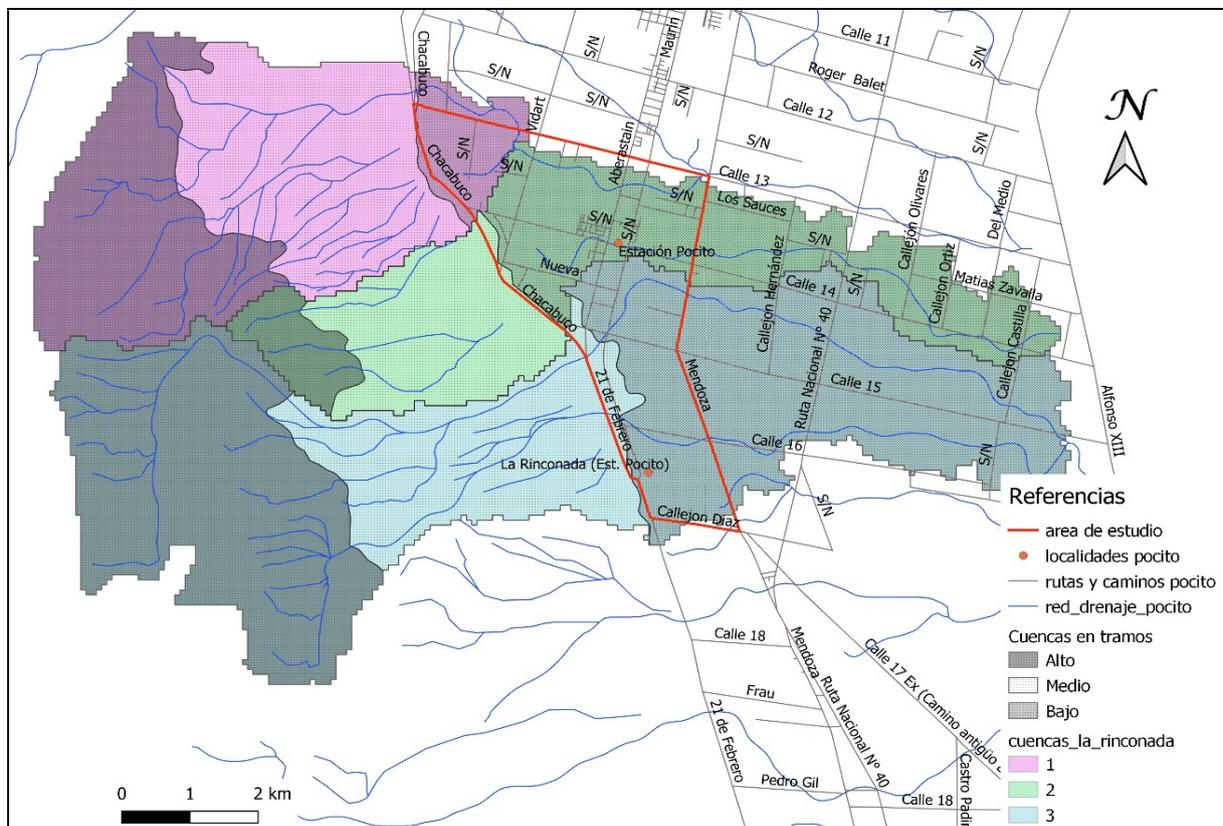


Fig. 7: Cuencas superficiales por tramos. Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Pendiente de los tramos de las cuencas superficiales

Cuenca	Tramo	Elevación en metros		Longitud cauce principal en metros	Pendiente
		Máxima	Mínima		
1	Alto	2000	850	2760	41,7%
	Medio	850	630	3240	6,8%
	Bajo	630	615	1455	1,0%
2	Alto	975	800	1035	16,9%
	Medio	800	625	3010	5,8%
	Bajo	625	610	3770	0,4%
3	Alto	2200	850	6351	21,3%
	Medio	850	620	4819	4,8%
	Bajo	620	605	2163	0,7%

d) *Factor Geológico*: el factor geológico determina la erosión y también la acumulación de material friable en las cuencas hidrográficas del piedemonte oriental de la sierra Chica de Zonda. El origen de este material puede ser de abanicos aluviales, conos de derrubios, detritos de faldeo, de los cauces y de los niveles de terrazas. Los materiales corresponden a gravas (principalmente fragmentos de caliza, lutitas y areniscas verdes), arenas, limos y arcillas de diferentes tamaños y elevada angulosidad. También es preciso considerar la tectónica de la zona; a lo largo de todo el piedemonte oriental de la sierra se localizan fallas modernas con escarpas a contrapendiente que exponen sedimentos areno-arcillosos terciarios, (Fig. 8).

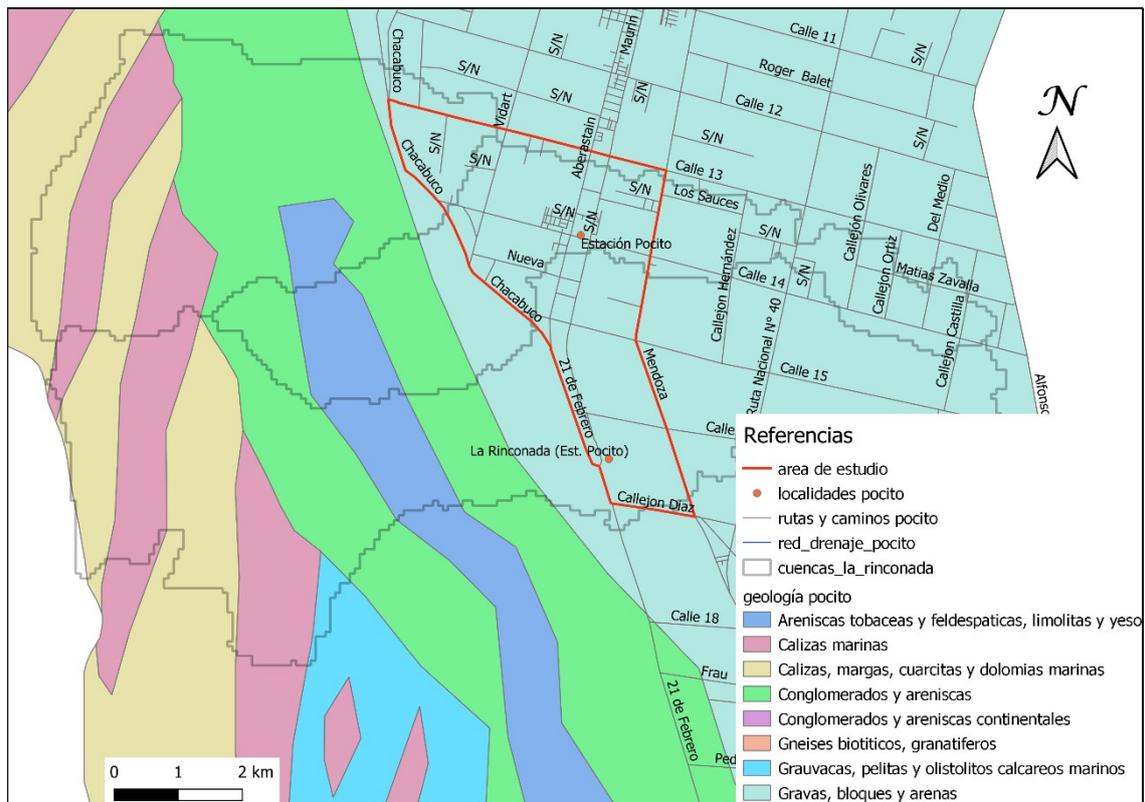


Fig. 8: Geología de las cuencas en estudio. Fuente: Martínez et al. (2007)

e) *Factores Antrópicos*: El desarrollo humano implica la alteración y modificación del equilibrio natural (Contreras, 2015). Los cultivos en el piedemonte, los basurales, las construcciones, tales como canales de riego, puentes y torres de alta tensión, modifican las condiciones hidrológicas, el régimen de los cauces, la estabilidad de las pendientes, los suelos y rocas y su resistencia a la erosión. El crecimiento demográfico, la transformación de zonas rurales en semiurbanas, y la necesidad de

incrementar la frontera agrícola han llevado La Rinconada y su entorno a la construcción de defensas y el reencauzamiento de los caudales producidos por las lluvias.

En la Figura 9 pueden apreciarse las obras de defensas, los puntos de desagüe a través de puentes canales sobre el canal Céspedes, los avances de la frontera agrícola y la modificación de la red de drenaje natural a través de colectores, y su concentración en puntos de descarga.

Todas las modificaciones antrópicas del paisaje constituyen verdaderos obstáculos al escurrimiento y drenaje de las aguas provenientes de la sierra y provocan la acumulación, posterior desborde e inundación en la zona de estudio. El trazado del canal Céspedes que contornea el pie de la sierra constituye en una primera etapa una obra de desagüe, pero posteriormente los sedimentos que traen las crecidas terminan colmatándolo y desapareciéndolo literalmente del paisaje. Además, el no contar con un plan director para el trazado de las defensas y evacuación de las aguas en la zona, hace que terminen los propietarios rectificando los cauces, lo que implica una mayor pendiente y por ende mayor velocidad del agua y disminuyendo su sección lo que termina generando desbordes.



Fig.9: Obras de defensas y puntos de desagüe. Ampliación de la frontera agrícola.

Fuente: Google earth

Conclusiones

Un mejor análisis de las lluvias podría realizarse si se contara con los registros pluviométricos de cada una de las lluvias, definiéndose mejor la intensidad de las mismas, valor indicativo del riesgo. Los efectos de estos eventos pueden ser minimizados a través del establecimiento de un sistema de predicción y alerta, de la educación pública, ordenamiento territorial y toma de medidas estructurales.

El SPEI mensual no representa en la zona un valor confiable para determinar registros de lluvias intensas.

Todos los factores analizados definen la posibilidad de riesgo de inundación y en este sentido surge la necesidad de un plan director para el trazado del drenaje y defensas es primordial en la zona. La zona en estudio muestra una combinación de peligros naturales que colocan a la población en riesgo, se recomienda además su relocalización en un área cercana a la actual de manera que puedan desarrollar sin grandes dificultades contratiempos sus actuales actividades tanto económicas, culturales como sociales que no implique una alteración sustancial en la vida de sus pobladores.

Agradecimientos

Dr. Ignacio Contreras por su colaboración e incentivo.

Al Doctorado en Geografía de la Universidad Nacional de San Juan, FFHA, Departamento de Geografía y a su Coordinadora Dra. Elvira Suárez Montenegro. A los proyectos de investigación en Climatología, Geografía de la Salud y en Geografía Social del IGA (Instituto de Geografía Aplicada-FFHA-UNSJ)

A la Lic. Sonia Silva encargada del área Agrometeorología que nos facilitó los registros diarios pluviométricos medidos por la estación experimental INTA Pocito para el período 1968 a 2018.

Referencias

- Carballo, C.T. y Goldberg, S. (2014). *Comunidad e información ambiental del riesgo. Las inundaciones y el río Luján*. Editorial Dunken. Buenos Aires, Argentina
- Contreras, F.I. (2015). El impacto ambiental del crecimiento espacial de la ciudad de corrientes sobre lagunas periurbanas. *Boletín Geográfico* 37, 29 – 42.
- Contreras, F.I. y Duval V.S. (2021). Dinámica morfométrica de las lagunas de los valles transversales de la provincia de La Pampa como respuesta a eventos extremos de inundación y sequía. *Boletín geográfico* 43 no. 1, 13-31.
- Contreras, F.I., Ferrelli, F. y 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, 3 – 22.
- Diario de Cuyo (1974-2016). Ediciones impresas. Provincia de San Juan, Argentina
- Esper Angillieri, M.Y. y Perucca, L.P. (2014). Caracterización morfométrica de la Cuenca del río Seco a propósito de las fuertes precipitaciones de enero de 2013, Departamento Sarmiento, San Juan, Argentina. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 66, no. 2, 235-245.
- Instituto Geográfico Nacional (2021). Modelos de Elevación Digital en Argentina. En: <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Introduccion>
- López Mera, R., López Ramírez, E. y Millán Malo, G.C. (2015). Proyecto “observatorio de conflictos por el agua en México”. Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales.
- Maidana, M.M., Contreras, F.I. y Vasek, O.M. (2020). La variabilidad climática como condicionante de presencia de bacterias lácticas autóctonas, Noroeste de la Provincia de Corrientes. Argentina. *Geografía Digital* 17, 81 – 92.
- Martínez M.L., Ontivero M., Oviedo V., Torrent D., Herrera N., Lloveras A., Wrustten A., Puigdengola P., Driz E. y Velázquez R. (2007). *Atlas socioeconómico de San Juan*. 1a ed. - San Juan: Editorial UNSJ.
- Martínez, S.E., Baruzzo, M.N. Smichowski, H., Forastier, M.E. y Contreras, F.I. (2021). El efecto de las precipitaciones en las características limnológicas en lagunas periurbanas (Bella Vista, Corrientes, año 2019). *Revista Senderos* 2, no 1, 122 – 135.
- Perucca, L.P. y Paredes, J.D. (2005). Peligro de aluviones en el departamento Pocito. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60, 1, 48-55.
- Vinet, F. (2020). *Inundaciones 1: Conocimiento del riesgo*. Editorial ISTE Internacional. Reino Unido.
- Vicente Serrano S.M. Beguería S., Lorenzo Lacruz J., Camarero J.J., López Moreno J.I., Azorín Molina C. y Sánchez Lorenzo A. (2012). Análisis comparativo de diferentes índices de sequía para aplicaciones ecológicas, agrícolas e hidrológicas. En Rodríguez Puebla C., Ceballos Barbancho A., Hernández Encinas A. (Presidencia). *Cambio climático. Extremos e impactos*. Congreso llevado a cabo en el VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología, Salamanca, España.

Cronología:

Recibido: 1 de noviembre; Aceptado: 13 de diciembre

Como citar este artículo:

Mérida, S., PÉREZ P., M. (2021). Factores de riesgo de inundaciones por lluvias en paisajes aluvionales, Provincia de San Juan. *Contribuciones Científicas GAEA* 33, 12-21.