



Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente • N.º 50 • 2023 • ISSN 2422-5703 • <https://www.editoresasagai.org.ar/>  
Dueñas, D. A., Sosa, G. del R. y Ojeda, G.E.

Influencia de la actividad antrópica sobre la morfodinámica del río Quinto para el período 1975-2020 en Villa Mercedes, San Luis, Argentina  
e001, <https://doi.org/10.59069/24225703e001>

# Influencia de la actividad antrópica sobre la morfodinámica del río Quinto para el período 1975 - 2020 en Villa Mercedes, San Luis, Argentina

## Influence of anthropogenic activity on the morphodynamics of the Quinto river for the period 1975 - 2020 in Villa Mercedes, San Luis, Argentina

 Daniel Alejandro Dueñas <sup>1</sup> \*  Graciela del Rosario Sosa <sup>1,2</sup>   Guillermo Enrique Ojeda <sup>1,2</sup> 

\* Autor de contacto

Recibido: 26 de julio de 2022 • Aceptado: 13 de febrero de 2022 • Publicado: 02 de junio de 2023

### Resumen

Las ciudades en su crecimiento ocasionan cambios alterando el relieve con fines de mejorar las condiciones de vida. Así, modifican los procesos naturales como ha sucedido en el río Quinto, en el tramo ubicado inmediatamente al sur de la ciudad de Villa Mercedes, provincia de San Luis. Por ello, el objetivo de este trabajo es presentar una serie de observaciones y parámetros geomorfológicos con la finalidad de identificar cambios en el sistema fluvial que fue afectado por embalses y azudes. La zona se caracteriza por presentar relieves de edad Cuaternaria donde la acción eólica es el principal proceso involucrado en el modelado de las geoformas en las planicies alledañas al valle, con una participación fluvial subordinada. Por otra parte, el tramo en estudio presenta una fuerte presión antrópica que incide en los procesos y dinámica del cauce fluvial.

Se analizaron las variaciones morfodinámicas del cauce y sus posibles causas en base al análisis multitemporal para el periodo 1975-2020 mediante fotografías aéreas, imágenes satelitales de Google Earth® y reconocimiento de campo. Como resultado principal del trabajo se han reconocido los siguientes cambios: aumento en la sinuosidad del canal principal, rectificación de tramos y modificación de las márgenes debido en parte a la construcción de un muro de contención para las crecidas y la extracción de áridos. En suma, las intervenciones han dado lugar a procesos de erosión y sedimentación con la consolidación de una gran isla dentro del cauce, la colmatación del embalse Villa Mercedes, la socavación de las márgenes y el acorazamiento del lecho fluvial.

**Palabras clave:** análisis multitemporal, morfodinámica, río Quinto, provincia de San Luis

1. Universidad Nacional de San Luis, FCFMyN, Dpto. de Geología. Av. Ejército de los Andes 950, San Luis, Argentina.

2. Universidad Nacional de Villa Mercedes. Esc. Ingeniería y Medio Ambiente. Las Heras 930, Villa Mercedes. Argentina.

## Abstract

The cities in their growth cause changes altering the relief to improve living conditions. Thus, they modify natural processes such as has happened in the Quinto River, in the area located immediately southward of Villa Mercedes city, San Luis province. Therefore, the objective of this work is to present a series of observations and geomorphological parameters to identify changes in the fluvial system that was affected by reservoirs and dams. The area is characterized by reliefs of Quaternary age where wind action is the main process involved in the modeling of the geomorphs located in the plains surrounding the valley, with a subordinate fluvial participation. On the other hand, the section under study presents a strong anthropic pressure that influences the processes and dynamics of the riverbed.

The morphodynamical variations of the riverbed and their probable causes were analyzed based on a multitemporal analysis for the period 1975-2020 by means of aerial photographs, Google Earth® satellite images and field reconnaissance. The following changes have been recognized as the main result of the work: increase in the sinuosity of the main channel, rectification of stretches and modification of the banks due, in part, to the construction of a floodwalls and sand quarrying. In short, the interventions have resulted in erosion and sedimentation processes with the consolidation of a large island within the channel, the siltation of the Villa Mercedes reservoir, the undermining of the banks and the armoring of the riverbed.

**Keywords:** multitemporal analysis, morphodynamics, Quinto River, San Luis province

## Introducción

Los ríos son parte del paisaje con el que conviven los habitantes de los territorios. Las ciudades en su crecimiento ocasionan cambios, modifican el relieve, expanden los límites urbanos y cambian los espacios existentes en busca de mejorar las condiciones de vida. Estas acciones afectan los procesos naturales y alteran las geoformas que constituyen el medio físico. Tal es el caso del río Quinto en el tramo que fluye por el sur de la ciudad de Villa Mercedes, provincia de San Luis. En las últimas cuatro décadas su población aumentó

notoriamente lo que condujo a un importante crecimiento hacia el sur, modificando el uso del suelo e incorporando, dentro del área urbana, sectores del río Quinto, cambiando así su dinámica natural. Las crecientes de carácter extraordinario, como las ocurridas en los años 2000, 2001 y 2015 afectaron notoriamente las actividades socioeconómicas por lo que indagar sobre esta relación se considera importante.

El área de estudio se encuentra situada en el sector centro-este de la provincia de San Luis dentro del ejido municipal de Villa Mercedes (Figura 1).

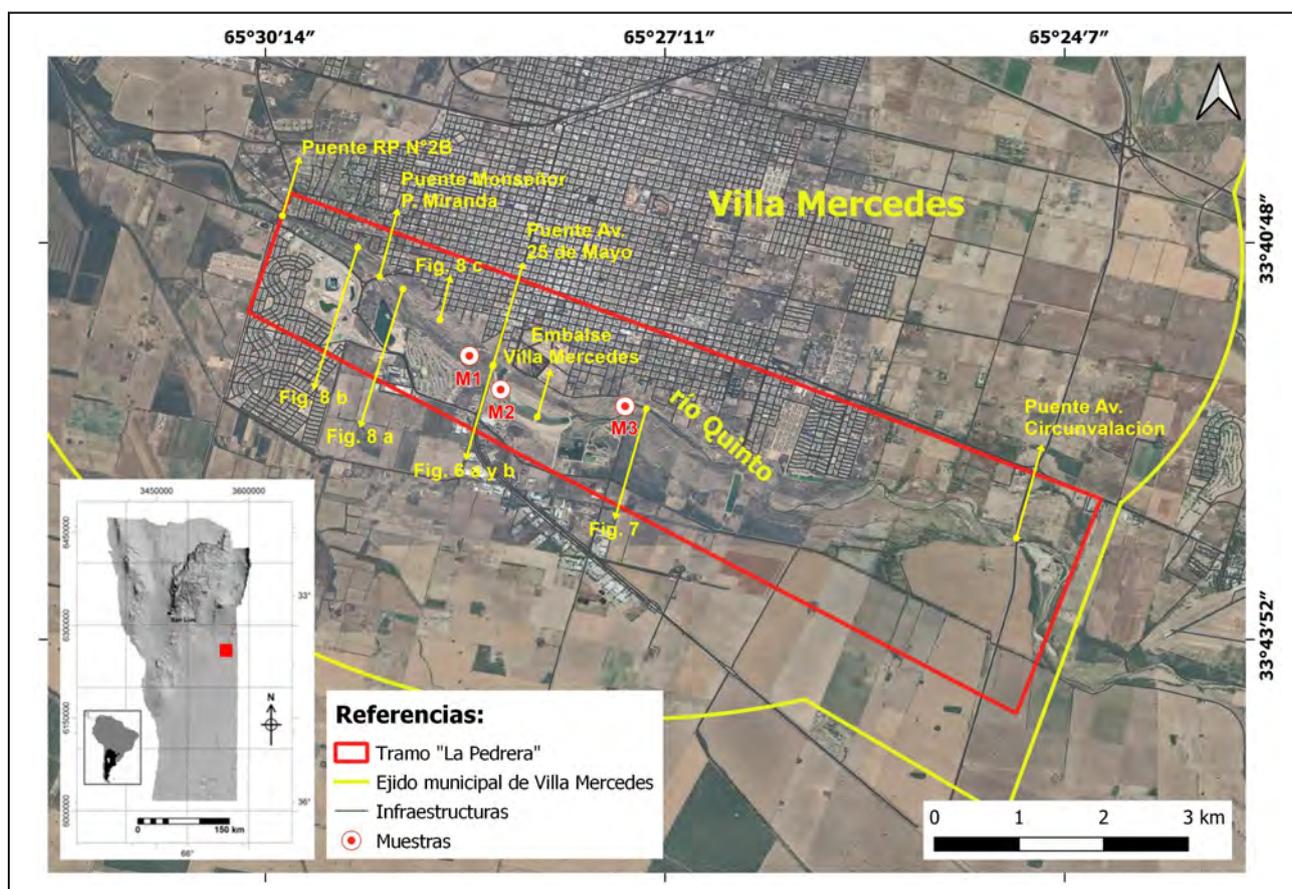


Figura 1. Mapa de la ubicación del área de estudio con puntos de observaciones de campo y muestras.

Los estudios geológicos-geomorfológicos de los ríos son de vital importancia para comprender los mecanismos y la dinámica de estos ambientes bajo el efecto de una presión antrópica cada vez más intensa. Son conocidas las contribuciones al conocimiento de los sistemas fluviales del sur de Córdoba y entre ellas se destacan los trabajos de Degiovanni et al. (2013), Degiovanni et al. (2017), Doffo et al. (2016) y Doffo et al. (2017) que abordaron aspectos geomorfológicos, morfodinámicos y ambientales del río Cuarto. El aporte científico de Ramonell y Amsler (2001) sobre la metamorfosis del río Quinto, estudios geomorfológicos y ambientales realizados en la cuenca de El Morro (Jobbágy et al. 2015) y las inferencias sobre las tendencias climáticas y los riesgos geomorfológicos asociados realizado por Ojeda y Sosa (2009) son algunas de las principales investigaciones de los sectores aledaños al área de estudio. En este sentido, la presente contribución plantea un aporte para el campo de la geomorfología fluvial debido a la falta de investigaciones de los ríos de la provincia de San Luis y se ofrece como un instrumento de consulta para establecer las condiciones del espacio fluvial urbano en Villa Mercedes.

El área de estudio geológicamente se inserta dentro del ambiente de la Llanura Chaco-Pampeana, inmediatamente al sur del límite aproximado con el de las Sierras Pampeanas de San Luis y Córdoba. La zona se caracteriza por presentar relieves de edad cuaternaria destacando la ausencia de basamento cristalino aflorante. Como lo sostienen Costa et al. (2005) la acción eólica es el principal proceso involucrado en la modelación de geoformas en las áreas de planicies aledañas al valle del río Quinto, con participación fluvial subordinada. Las unidades morfoestratigráficas presentes resultan de la superposición e interdigitación de procesos fluviales y eólicos que dieron lugar a geoformas mayormente agradacionales. El clima de la región es templado, semiárido con régimen monzónico y torrencial de precipitaciones. La zona de estudio se ubica entre las isohietas de 500 y 600 mm con una evapotranspiración potencial media anual de 840 mm (Red de Estaciones Meteorológicas, 2022).

## Materiales y métodos

Para el análisis multitemporal se emplearon fotografías aéreas a escala 1:20000 e imágenes satelitales de alta resolución espacial del sistema Google Earth© para los años 1975, 2003 y 2020. A partir de estos y mediante un abordaje histórico y evolutivo del canal, se obtuvo el grado y carácter de la sinuosidad (P) utilizando los criterios de Friend y Sinha (1993) basados en Schumm (1963) y se identificaron los procesos morfodinámicos (erosión, desborde y sedimentación) a partir de las técnicas tradicionales de fotointerpretación, útiles para entender la movilidad horizontal y sus efectos.

La caracterización geomorfológica del río Quinto se realizó bajo un entorno SIG (Sistema de Información Geográfica) con el propósito de establecer las relaciones espaciales entre los diferentes elementos analizados y a partir de las cuales se realizaron inferencias sobre las interacciones entre los componentes del medio físico y antrópico. Para ello, se utilizó el Modelo Digital de Elevación MDE-Ar v2.0 con resolución espacial de 30 m y una precisión vertical de aproximadamente 2 m del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Por medio del software QGIS 3.14 y el complemento QPROF se construyó el perfil longitudinal del canal y se analizaron las variaciones de la altura (referida al nivel medio del mar) y la pendiente en función de la distancia y se obtuvo el índice de concavidad (IC) de Langbein (1964), necesarios para identificar los sectores con condiciones favorables para la movilidad vertical del

sistema fluvial en el tramo de estudio. Además, se utilizaron datos parciales de la memoria técnica del cálculo hidráulico de la línea de ribera para diferentes caudales del sector del río realizado por Aeromapa S.A. (2002). El estudio de impacto ambiental (EIA) del embalse Villa Mercedes no pudo ser considerado por no encontrarse disponible para su consulta.

Por último, se efectuó el muestreo sedimentológico de la carga de fondo (barras y fondo de canal) para conocer la variación de los parámetros texturales con la finalidad de determinar la proporción de sedimentos que ingresa al embalse y que provocan la pérdida de la capacidad hidráulica. Los datos de granulometría (peso retenido por tamiz) pertenecientes a las muestras de sedimentos, se registraron en el programa GRADISTAT 8.0 (Blott y Pye, 2001). Para cada muestra se estableció el análisis de sus variables estadísticas utilizando la clasificación granulométrica de Udden-Wentworth (1922) y el método de Folk y Ward (1957).

## Resultados

El tramo de estudio del río Quinto denominado en este trabajo "La Pedrera" se dispone con orientación NO-SE y muestra un marcado control estructural que produce cambios en su orientación y en el diseño del cauce. Al analizar el grado y carácter de la sinuosidad, el tramo presentaba en el año 1975 un canal simple y rectilíneo ( $P=1,15$ ), el cual cambió a un canal transicional en el año 2003 ( $P=1,26$ ) con sectores entrelazados y para el año 2020, mostraba un aumento de la sinuosidad con  $P=1,32$ . Además, se obtuvo un perfil longitudinal cóncavo ( $IC=1,05$ ), con una pendiente general de 0,8% y un desnivel de 42,74 m en 14,96 km de recorrido. Se destaca la presencia de tramos con valores altos de la pendiente entre los 2° y 4,5° (Figura 2).

Para una mejor descripción se realizó una segmentación del tramo "La Pedrera" dado que presenta distintas características (Figura 2). El "segmento A" es el que atraviesa el entorno urbano de la ciudad de Villa Mercedes. Posee un canal recto y desarrolla en sus primeros 2000 m un ancho de canal de 12 m al encontrarse encajado en las sedimentitas consolidadas de la Fm. Río Quinto. El valle fluvial tiene forma de "V" con anchos variables entre 80 m y 150 m, sus laderas presentan pendientes moderadas (entre 10 y 15%) con profundidades medias de 10 m y en algunos sectores muestra hasta 3 niveles de terrazas. Al continuar su recorrido, aguas abajo del puente Monseñor P. Miranda, la influencia antrópica se hace más evidente hasta superar la posición del embalse Villa Mercedes (Figura 3), donde la sinuosidad es progresivamente mayor y el ancho de canal es de unos 20 m aproximadamente y solo se observan algunos elementos residuales de terrazas indiferenciadas.

Es en este segmento que la sedimentación se ve favorecida por la disminución de la pendiente del canal y el ensanchamiento del cauce, la cual es potenciada por la presencia de 3 azudes. Esto ha provocado, por un lado, el aumento de barras centrales y el cambio de patrón del canal desde rectilíneo a entrelazado entre los años 1975 y 2003 (Figura 3 a y b) pero también la reducción de la pendiente longitudinal del canal y su capacidad de almacenamiento por colmatación del reservorio, como se muestra en la imagen satelital del año 2020 (Figura 3 c).

Por otra parte, el "segmento B" posee un canal sinuoso, lateralmente poco encajado, con un ancho promedio de 60 m y desarrollo de meandros que atraviesan un entorno rural. Presenta un valle en artesa de fondo amplio y plano, con un ancho variable que oscila entre 200 m y 1500 m, sus laderas

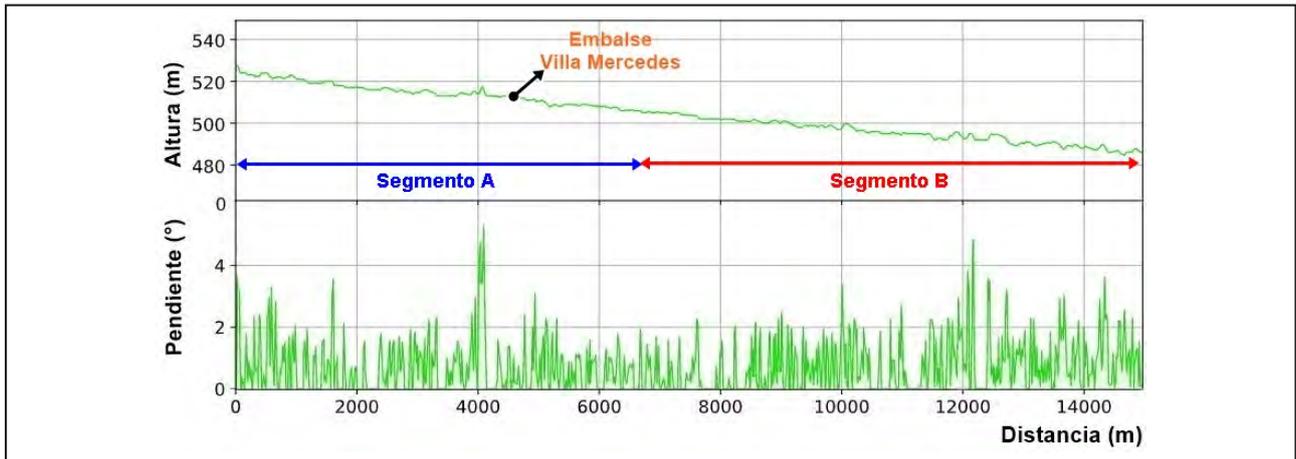


Figura 2. Perfil longitudinal del río Quinto en el tramo "La Pedrera" donde se indica la posición del Embalse Villa Mercedes y la de los segmentos A y B.

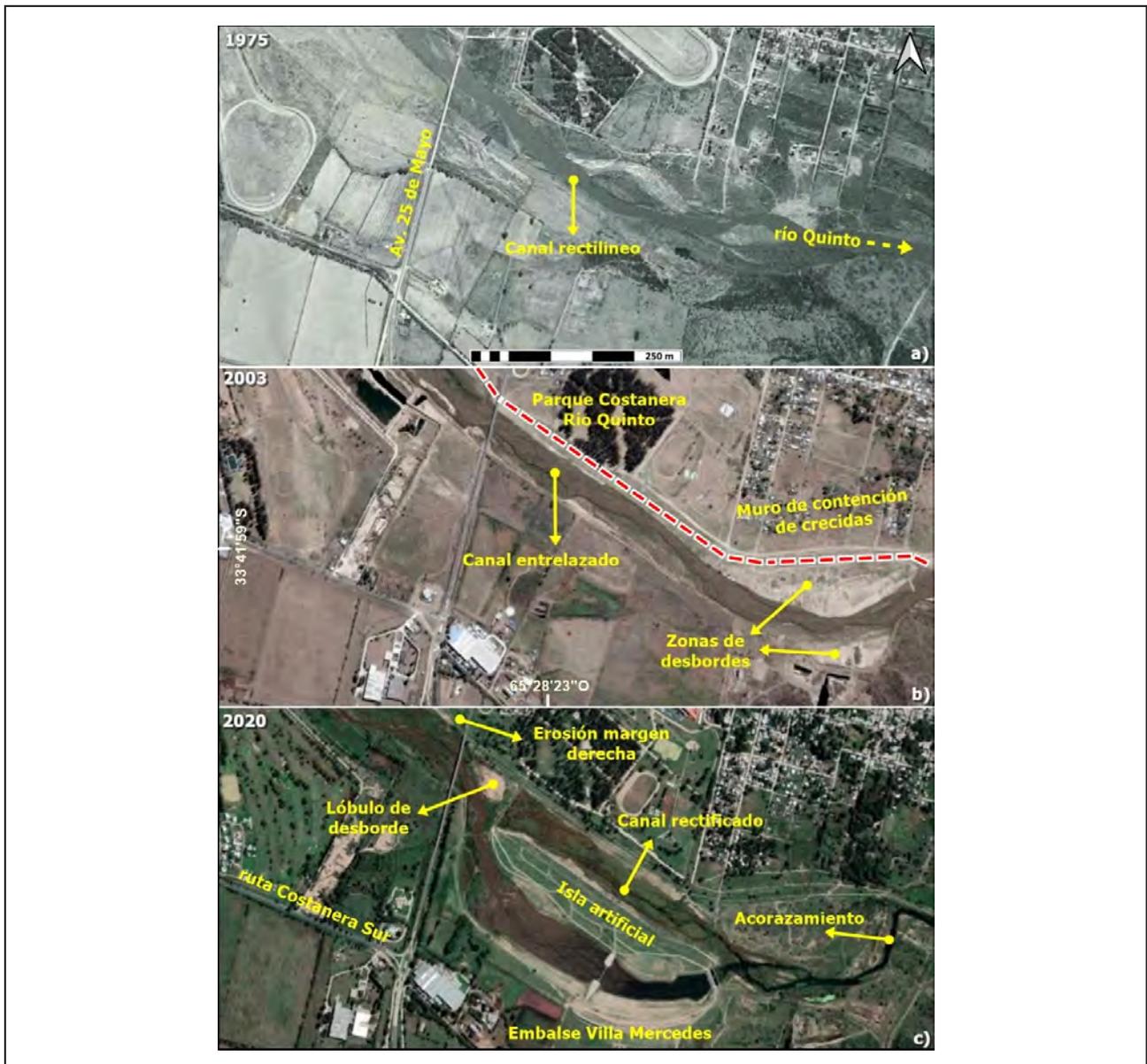


Figura 3. Cambios morfodinámicos identificados entre los años 1975 y 2020 en la zona del embalse Villa Mercedes. En las figuras b y c se muestran las intervenciones antrópicas y sus efectos.

muestran pendientes suaves (entre 5 y 10%), aunque por sectores desarrolla taludes prácticamente verticales (entre 2 y 4 m de altura) y 2 niveles de terrazas bien definidas.

El estudio granulométrico señala que la barra ubicada aguas arriba del puente de la Av. 25 de Mayo (M1-B) (ver ubicación de las muestras en la Figura 1) se clasifica como arena media moderadamente seleccionada con un 3,2% de grava y 96,4% de arena (Figura 4). Mientras que aguas abajo del azud 2, la muestra sobre el delta desarrollado en el lago (M2-D), se clasifica como arena muy gruesa pobremente seleccionada compuesta por 35% de grava y 63,8% de arena. En la muestra M3-B aguas abajo del azud 3, la barra de este sector presenta una grava muy fina pobremente seleccionada compuesta por 75,6% de grava y 24,7% de arena. Al estudiar la variabilidad de los sedimentos del fondo del canal resultan notorias las diferencias entre las muestras M1-C y M3-C donde el porcentaje de gravas se incrementa en un 17,3% desde grava muy fina a grava media. Estos cambios significativos en el tamaño de los sedimentos sugieren la disminución en la competencia del flujo que cambia a causa del efecto que impone el embalse sobre el río.

Los resultados que se obtuvieron permiten considerar que la transición en la relación arena-grava es la respuesta del sistema fluvial a los cambios energéticos que modifican la capacidad de transporte bajo la presencia de los azudes, provocando la sedimentación y la posterior colmatación del embalse con arena muy gruesa, perdiendo la función original para la cual se construyó.

El embalse Villa Mercedes tiene una superficie de 19 ha, una capacidad de 0,42 hm<sup>3</sup> y consta de tres azudes, dos ubicados aguas arriba que promueven la circulación de agua por el reservorio y permiten la continuación del escurrimiento superficial y de las crecidas por el canal rectificado de unos 1000 m de largo por 200 m de ancho (Figura 5 a), mientras que el tercer azud presenta un resalto topográfico de 3 m aproximadamente y funciona como nivelador del espejo de agua vertiendo nuevamente el agua al río Quinto. Posee 3 playas y una isla artificial construidas con parte del material extraído de la profundización del cauce natural. La construcción inaugurada a fines del año 2015 presenta una doble función,

la primera es generar un atractivo turístico para visitantes y ciudadanos de Villa Mercedes que tienen al río como el principal espacio de esparcimiento y por otro, contribuir a controlar el efecto de las inundaciones.

Las observaciones de campo permiten sostener que la presencia de la infraestructura hidráulica permite que la vegetación fije las barras del canal rectificado aguas abajo del azud 1, modificando las condiciones morfodinámicas naturales de ese sector. Además, promueve los procesos de sedimentación en el azud 2 a través de capas de sedimentos depositadas en los eventos de crecida que traslapan sucesivamente y progredan hacia el interior del reservorio formando un delta (Figura 5 b, c y d) y este sector requiere ser dragado frecuentemente (Figura 6 b). Al mismo tiempo, esta situación favorece a la extracción de áridos del cauce del río Quinto aguas arriba del azud 2 como medida de protección de las márgenes y la estabilidad de las estructuras civiles (Figura 6 a).

Hacia aguas abajo del embalse, el proceso de erosión de márgenes y del fondo del río Quinto se acelera como respuesta a la presencia del tercer azud del lago el cual retiene gran parte de los sedimentos transportados por la corriente, produciendo un déficit local de la carga sedimentaria y un incremento de la erosión neta del lecho aguas abajo. En este tramo, el material grueso se acomoda de tal forma que reviste al material fino y lentamente lo va cubriendo, formando una coraza, la cual promueve a que el transporte de sedimentos disminuya llegando a una condición de estabilidad. El fuerte acorazamiento del cauce en este sector se compone de gravas medianas a gruesas con tamaño máximo de clasto de 64 mm (Figura 7).

Así mismo, la presión antrópica que se observa en el tramo "La Pedrera" ha provocado un desequilibrio del sistema acelerando procesos de erosión puntual. Algunos ejemplos se pueden situar en el "Segmento A" en zonas de erosión en curvas que inciden sobre obras civiles ubicadas en la margen izquierda del río, en los sectores próximos al puente Monseñor P. Miranda donde se evidencian procesos de socavación, descalce en la base y desplome (Figura 8 a y b) además de canteras no autorizadas para la extracción de áridos dispuestas aguas arriba del puente de la Avenida 25 de Mayo (Figura 8 c).

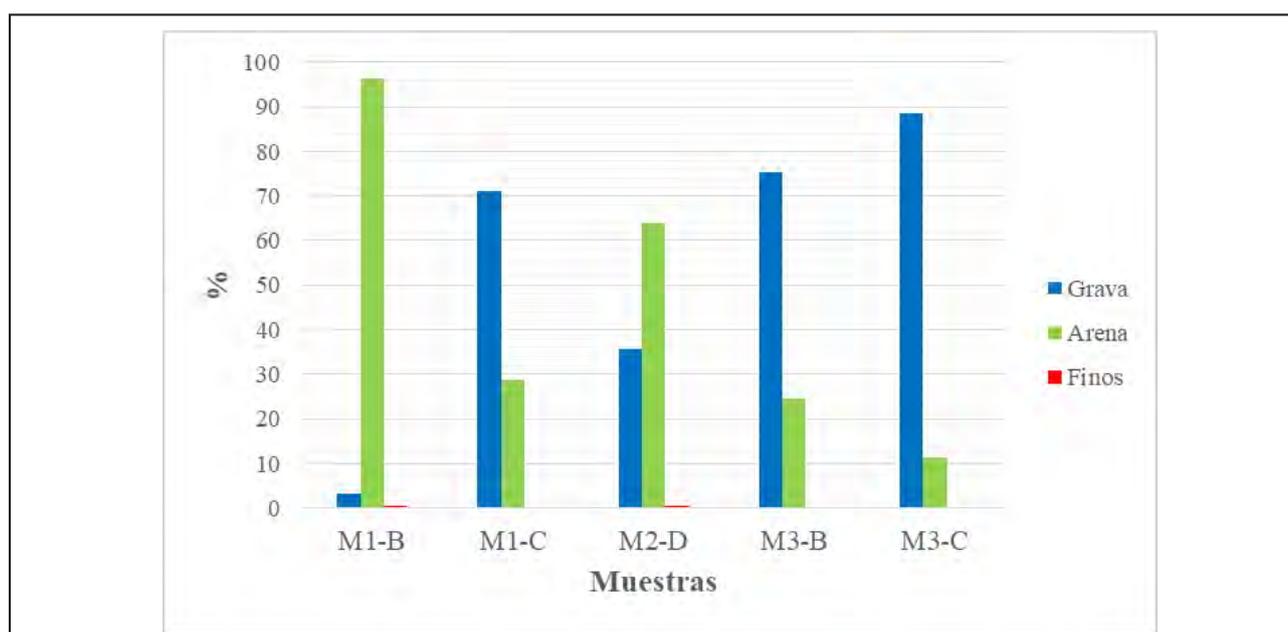


Figura 4. Análisis de la distribución granulométrica de las muestras.



Figura 5. Evolución multitemporal de la colmatación del embalse y de la formación del delta. a) Vista aérea año 2019. b) Año 2016. c) Año 2018. d) Año 2020.



Figura 6. a) Extracción de áridos (octubre 2019). b) Dragado del embalse (julio 2018).



Figura 7. Detalle del acorazamiento del lecho ( $33^{\circ}42'4.37''S$   $65^{\circ}27'29.45''O$ ).

## Conclusiones

A partir de las observaciones realizadas en gabinete y el control de campo se considera que los procesos erosivos y sedimentarios derivados de la dinámica fluvial del río Quinto son fuertemente potenciados por la acción antrópica, particularmente en los sectores aledaños al recientemente creado embalse Villa Mercedes.

El perfil longitudinal del río Quinto en el tramo denominado "La Pedrera" es suavemente cóncavo, propenso a la sedimentación y cuya condición tiende al equilibrio del sistema.

El embalse actúa como nuevo nivel de base local, modificando la condición de equilibrio, provocando aguas arriba erosión retrocedente y una nueva condición de sedimentación.

A partir de la instalación de los azudes en el año 2015, el contenido de arenas depositado originó la formación de un delta que es dragado con frecuencia para mantener la funcionalidad del cuerpo de agua.

En la salida del cierre del embalse (azud 3), se ha activado la erosión del fondo del canal inducido por el incremento de la energía del sistema, lo que conduce al transporte de los materiales más finos dejando un lecho compuesto por grava, provocando el acorazamiento en este tramo.

El sector del río Quinto analizado ha tenido importantes variaciones morfodinámicas durante el lapso temporal 1975 a 2020, con notables cambios producidos por procesos activos de la dinámica fluvial. El índice de sinuosidad se incrementó paulatinamente hasta 2020 (de 1,15 a 1,32) lo que va en concordancia con el aumento de las precipitaciones evidenciado a partir de 1970 produciendo un mayor aporte de caudales líquidos y sólidos desde la cuenca hacia el cauce principal, impulsando los procesos erosivos y deposicionales.

Finalmente podemos afirmar que el control efectuado por las modificaciones antrópicas a procesos naturales en los últimos años ha generado situaciones críticas cuyos efectos se evidencian en la colmatación del embalse y la erosión de defensas en el sector bajo estudio.

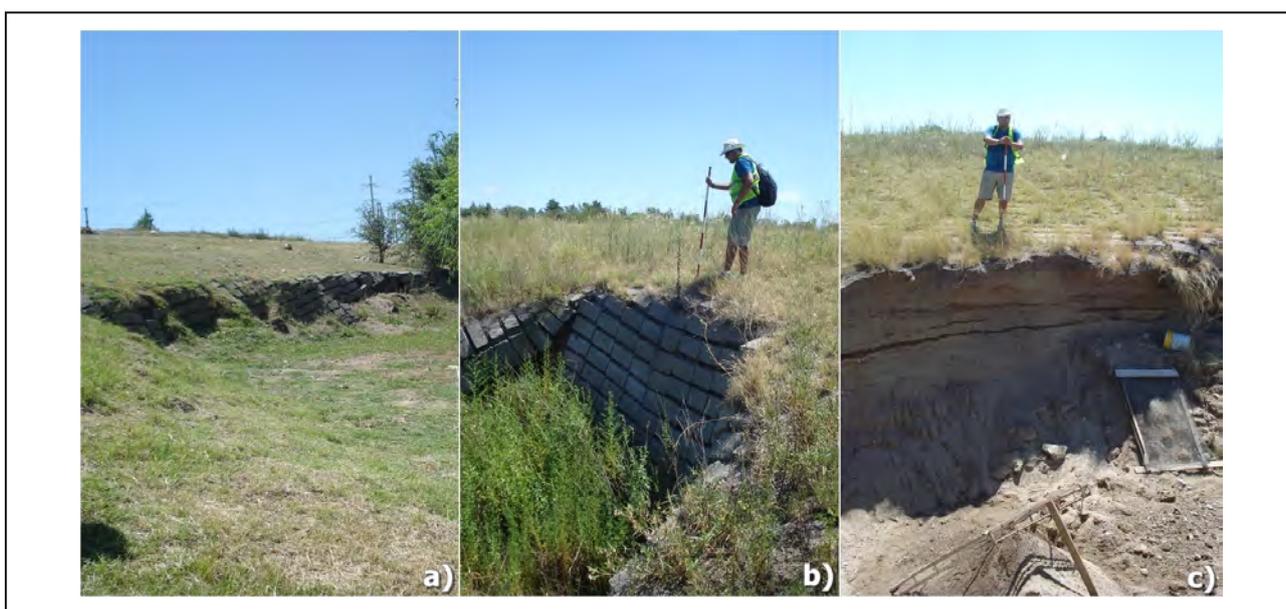


Figura 8. a y b) Procesos erosivos en el muro de contención de crecidas ( $33^{\circ}41'2.93''S$   $65^{\circ}29'18.43''O$ ). c) Cantera de áridos ( $33^{\circ}41'38.07''S$   $65^{\circ}28'33.33''O$ ).

## Contribución de autoría

Todos los autores contribuyeron a la concepción y el diseño del estudio. La preparación del material, la recopilación y el análisis de datos fueron realizados por Daniel Alejandro Dueñas, Graciela del Rosario Sosa y Guillermo Enrique Ojeda. El primer borrador del manuscrito fue escrito por Daniel Alejandro Dueñas y todos los autores comentaron las versiones

anteriores del manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

## Declaración de conflictos de intereses

Los Autores declaran que no existe algún conflicto de interés.

## Referencias bibliográficas

- Memoria técnica del proyecto Estudio Hidrológico-Hidráulico de crecidas Río V en el tramo: Ruta Nacional N°7 - Villa Reynolds. (2002). Aeromapa S. A.
- Blott, S.J. y Pye, K. (2001). Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(11), 1237-1248.
- Costa, C., Ortiz Suárez, A., Miró, R., Chiesa, J., Ojeda, G., Gardini, G., Carugno Duran, A., Guerstein, P., Strasser E., Morla, P. y Tognelli, G. (2005). Hoja Geológica 3366-IV, Villa Mercedes, Provincias de San Luis y Córdoba. *Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 348*.
- Degiovanni, S., Doffo, N. y Echevarria, K. (2017). Aspectos geomorfológicos y morfodinámicos que controlan el peligro de inundación en La Carlota, Córdoba, Argentina. En *Actas 7: 20° Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán* (pp. 35-37).
- Degiovanni, S., Villegas, M. y Ulla, J. (2013). Análisis de la carga de fondo y dinámica de transporte en el río Cuarto, Córdoba, como base para una minería de áridos sustentable. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 70 (2), 238-348.
- Doffo, N., Degiovanni, S. y Andreazzini, J. (2017). Cambios morfohidrológicos por intervenciones humanas en el tramo inferior del río Cuarto y Bañados del Saladillo, Córdoba, Argentina. En *Actas 7: 20° Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán* (pp. 43-45).
- Doffo, N., Degiovanni, S., Echevarria, K. y Andreazzini, J. (2016). *Caracterización morfohidrológica del tramo inferior del río Cuarto y los Bañados del Saladillo y determinación de la peligrosidad de inundación de la localidad de La Carlota*. Informe técnico inédito. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Folk, R. y Ward, W. (1957). Brazos River Bara study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27, 3-27. <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Friend, P. F., y Sinha, R. (1993). Braiding and meandering parameters. *Geological Society, London, Special Publications*, 75(1), 105-111. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1993.075.01.05>
- Instituto Geográfico Nacional. (2014). *Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina (MDE-Ar 2.0)*. <https://www.ign.gob.ar>
- Jobbágy, E. J., Noretto, M. D., Bernasconi, H., Colazo, J. C., Galvan, M. J., Mercu, J. L. y Alvarez, D. M. (2015). *Los nuevos cursos de agua en la cuenca del Morro: descripción del proceso y pautas para su gestión*. INTA San Luis.
- Langbein, W. B. (1964). Profiles of rivers of uniform discharge. *United States Geological Survey Professional Paper*, 501(B), 119-122.
- Ojeda, G. y Sosa, G. (2009). Tendencias climáticas y riesgos geomorfológicos asociados en la región central de la provincia de San Luis. En J.M. Sayago y M. Collantes (Eds.), *Geomorfología y cambio climático. Publicación especial 4* (pp. 47-61). Instituto de Geociencias y Medio Ambiente (INGEMA), Universidad Nacional de Tucumán.
- Ramonell, C. G. y Amsler, M. L. (2001). Metamorphosis processes (1992-2000) of the Quinto River, Argentina. En *Actas CD del 3º International Symposium Environmental Hydraulics, Phoenix*.
- Schumm, S. A. (1963). Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains. *Geological Society of America Bulletin*, 74(9), 1089-1100. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1963\)74\[1089:SOAROT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1963)74[1089:SOAROT]2.0.CO;2)
- Red de Estaciones Meteorológicas (2022). *Red de Estaciones Meteorológicas de la provincia de San Luis*. <http://clima.edu.ar/>
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377-392.