

Información Técnica N.º 202
ISSN 0327- 425XX/ Julio de 2024

“2024 Año de la Defensa de la Vida, la Libertad y la Propiedad”

CUENCA DE “EL MORRO” SAN LUIS: PUNTOS CRÍTICOS CON RELACIÓN A LA INFRAESTRUCTURA

CLAUDIO A. SÁENZ; JUAN CRUZ COLAZO;
ESTEBAN G. JOBBÁGY



INTA // Ediciones

CUENCA DE “EL MORRO” SAN LUIS: PUNTOS CRÍTICOS CON RELACIÓN A LA INFRAESTRUCTURA

CLAUDIO ALEJANDRO SÁENZ ⁽¹⁾; JUAN CRUZ COLAZO ⁽²⁾ Y ESTEBAN GABRIEL JOBBÁGY ⁽³⁾.

⁽¹⁾ Agencia de Extensión Rural (AER) Villa Mercedes

⁽²⁾ Estación Experimental Agropecuaria (EEA) San Luís

⁽³⁾ Instituto de Matemática Aplicada San Luis (IMASL) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Universidad Nacional de San Luis (UNSL)

Este documento queda sujeto al cumplimiento de la Ley Nro. 26.899

Se desarrolla con el financiamiento de la siguiente estructura programática:

2023-PE-L01-I008 Tecnologías para la mejora de la productividad y eficiencia de sistemas mixtos de La Pampa y San Luis

2023-PE-L03-I009 Producción y ambiente: el cuidado de los recursos naturales ante un nuevo escenario climático

Diseño y edición: Romina Pereyra

Este libro
cuenta con licencia:



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina



Cuenca de “El Morro” San Luis: Puntos críticos con relación a la Infraestructura

La cuenca sur del cerro “El Morro” ubicada al noreste de Villa Mercedes (Figura 1) consta de una superficie de aproximadamente 260.000 ha comprendidas dentro del departamento General Pedernera. Los límites de la cuenca son las sierras de “El Morro” y del Portezuelo al Norte, Yulto al Oeste, Comechingones al Este y el río Quinto al Sur (Comisión Científico-Técnica de la provincia de San Luis, 2015).

Esta área se caracteriza por sufrir anegamientos y afloramientos de agua salina a causa del ascenso freático (Sáenz, 2008), generando nuevos humedales que en algunos casos crearon nuevos cauces por incisión del terreno (Jobbágy et al., 2021).

La región forma parte de la llanura occidental argentina, donde los depósitos eólicos que abarcan los últimos 50.000 años son omnipresentes. Las dos últimas fases de depósito ocurrieron hace 190 y 70 años, durante el período histórico con asentamiento europeo y están relacionados con alteraciones antropogénicas del paisaje, aunque la fase más joven fue concomitante con la sequía de la década de 1930 (Tripaldi, 2016).

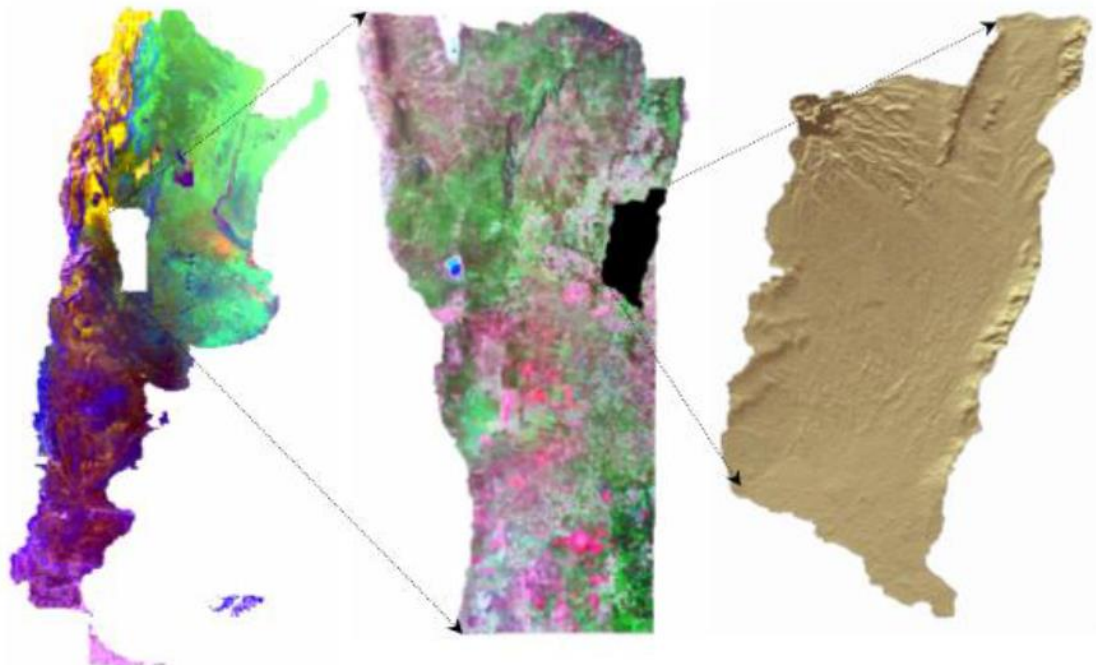


Figura 1: Ubicación de la Cuenca de “El Morro” (Galván y Collado, 2010).

Problemática y antecedentes

Este proceso no es nuevo, en 1985 se produjeron intensas lluvias durante el mes de julio, lo que ocasionó el anegamiento de campos y de las Rutas Nacionales 7 y 8. Peña Zubiarte y d'Hiriart (1985) mapearon las áreas afectadas por erosión. El gobierno provincial declaró la "Emergencia agropecuaria" en la zona, según el Decreto N.º 1299/85 y posteriormente el "Desastre Agropecuario Provincial" mediante el Decreto N.º 2038/85, sobre un área aproximada de 55.000 ha en establecimientos próximos a la localidad de Juan Jorba. Finalmente se declaró en el ámbito nacional el desastre agropecuario para dicha zona.

En esa oportunidad la Dirección Provincial de Agricultura de San Luis, relevó la zona afectada al Este de Villa Mercedes. Echevarría (1985) alertó sobre la salinización de los suelos por el ascenso del nivel freático y corrientes de agua que se originaron en la parte norte de la zona de estudio; destacando además la erosión en superficie y el origen de cárcavas de unos nueve metros de ancho por cuatro de profundidad al sur de Juan Jorba.

En esa oportunidad el arroyo Zanjón del Cerro Negro fue el que presentó mayores modificaciones y arrastre de sedimentos, lo que derivó en que a partir de esa década presente escorrentía permanente (Galván y Collado, 2010). En enero de 1986, la Fuerza Aérea Argentina, al ser afectada la V Brigada Aérea en Villa Reynolds, encomienda un estudio a la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE); actual Comisión Nacional de Actividades Espaciales de Argentina (CONAE), quien realizó la interpretación de información satelital para caracterizar las escorrentías y determinar los daños causados.

Posteriormente a partir de 1998 continuó el ascenso freático generando anegamiento (Figura 2) y la reactivación de paleocauces con la apertura de nuevos cauces a 38 km al norte de Ciudad de Villa Mercedes (Figura 3), pero no se continuaron los estudios hasta que, en el año 2008, debido a importantes lluvias otoñales, un nuevo cauce al que se denominó Río Nuevo llegó hasta la Ruta Nacional 8 a la altura del km 717.

Esto afectó a miles de hectáreas, produjo cárcavas de gran magnitud y escorrentías con enorme cantidad de sedimentos que anegaron las Rutas Nacionales 7 y 8, situación que derivó en un plan de emergencia elaborado por Vialidad Nacional, presupuestada en torno a los 15.000.000 de dólares que constó de un alteo sobre la Ruta Nacional 8 y la Circunvalación de la ciudad de Villa Mercedes; la canalización y construcción de los

puentes pertinentes del cauce del río Nuevo. (Jofré, 2008; Diario Crónica de San Luis, 2009).



Figura 2: Ascenso freático en la cuenca media (Fotografía V Brigada Aérea Villa Reynolds).



Figura 3: Colapso de la napa freática y apertura del Río Nuevo sobre Ruta Provincial N°33 en el año 2008.

A pedido del Gobierno de San Luis, el Instituto Nacional del Agua, evaluó los procesos fluviales del sistema hidrográfico de la cuenca "El Morro", en el que se mencionan las particularidades geológicas y geomorfológicas de la cercanía histórica del nivel freático a la superficie, el progresivo aumento de las precipitaciones y el cambio de uso de la tierra. Dentro de las causas antrópicas se mencionan, las modificaciones en el sistema de escurrimiento superficial, mediante canalizaciones, bordos, el trasvase de cuenca del arroyo La Guardia y el efecto de las rutas como interferencia en el escurrimiento superficial y subterráneo (Barbeito et al, 2009).

Un trabajo de INTA analiza las características de la cuenca relevando sus cauces, elabora predicciones de potenciales nuevos cursos y realiza un balance hídrico de la cuenca (Galván y Collado, 2010, Figura 4). El mismo menciona el incremento del régimen de precipitaciones en la zona con un aumento de la media anual de precipitaciones desde 500 mm a 700 mm anuales, y un cambio de uso del suelo pasando de la cubierta original de bosque xerófilo al laboreo e implantación de cultivos, lo que trajo aparejado un cambio en la relación infiltración-escorrentía y en la evapotranspiración de los agroecosistemas. Entre el factor desencadenante principal de orden antrópico, se destaca el efecto de retención de escurrimientos que generan en primer término la Ruta Nacional N.º 8 y, en segundo término, la Ruta Nacional N.º 7 y los trasvases realizados en el sistema mediante canalización (Galván y Collado, 2010).

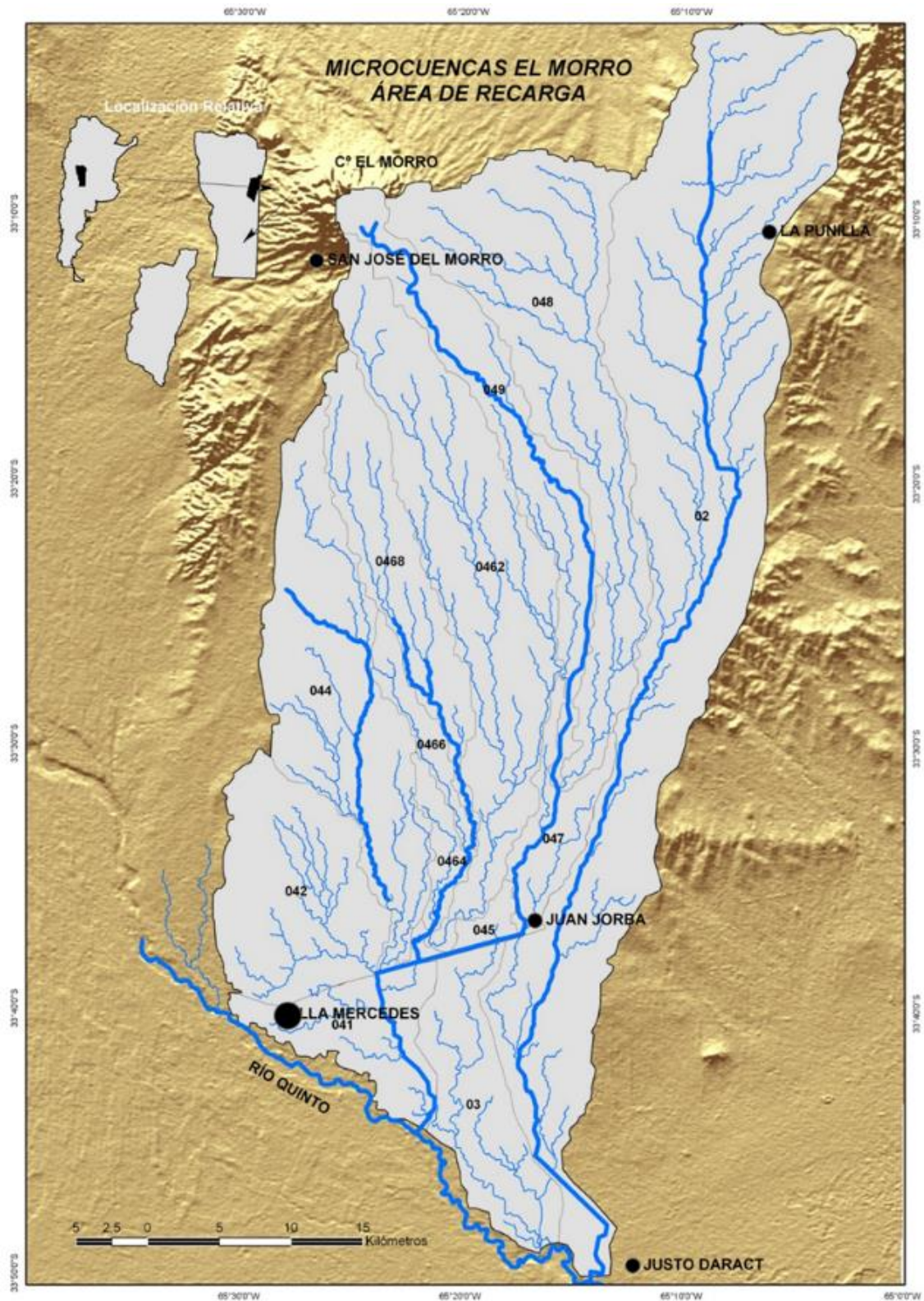


Figura 4: Principales cauces activos (en línea gruesa azul) y líneas de escorrentía superficial (en línea fina azul) en la Cuenca de “El Morro”. Los números en la figura corresponden a la codificación de cuencas de acuerdo con el método de Pfafstetter. Galván y Collado (2010).

Se han realizado diversas investigaciones sobre la cuenca, cuyas conclusiones condicen. Se han registrado grandes transformaciones hidro geomorfológicas, con fuertes disecciones en el paisaje y aparición repentina de cursos de agua. El inicio de las cárcavas en sus cabeceras parece responder al colapso de la columna sedimentaria por erosión subsuperficial. Una vez abierta la incisión, los caudales base son muy constantes con un leve ascenso en la estación fría y seca, posiblemente como resultado del aporte de agua subterránea a los cauces y una leve disminución en la estación estival y lluviosa por un incremento del consumo hídrico de la vegetación, es decir, como resultado de la modificación de la condición de recarga y ascenso de los niveles freáticos.

Estos cambios se asocian principalmente al reemplazo de los bosques nativos por cultivos anuales, acompañado por el aumento regional de las precipitaciones; mientras que la actividad sísmica se ha demostrado despreciable como agente causal de los excesos hídricos en la cuenca en estudio (Santoni, 2012).

Es evidente que el cambio de uso del suelo simplifica las comunidades vegetales, los flujos de agua se pueden modificar al punto de alterar la dinámica de las sales, las que a su vez pueden producir efectos suficientes sobre la vegetación como para alterar el balance hídrico y llevar el sistema hacia un funcionamiento hidrológico diferente (Marchesini, 2011), que se observa también a escala regional (Houspanossian et al., 2023).

En el año 2015, a solicitud del Gobierno de la Provincia de San Luis, se conformó una Comisión Científico Técnica con la participación de la Universidad Nacional de San Luis, el Grupo de Estudios Ambientales - IMASL, CONICET, INTA San Luis y los Ministerios del Campo y de Infraestructura de la Provincia de San Luis, a la que se le solicitó que se expida sobre las causas que generaban los procesos hidrogeológicos en la Cuenca de "El Morro", los impactos y amenazas, y que se sugirieran acciones de mitigación.

En resumen, el informe de la comisión establece que la aparición de nuevos cursos de agua en esta zona está generando una serie de impactos negativos y presenta serias amenazas a futuro, que requiere de acciones de adaptación y mitigación. Asimismo, el proceso de formación de nuevos ríos involucra una serie de cambios en el transporte de agua, sedimentos y sales.

La causa principal de este proceso es un cambio en el balance hídrico, producto de un aumento en las precipitaciones (Figura 5) y una disminución del consumo de agua,

particularmente del suelo profundo, de los sistemas productivos por cambios de la cobertura vegetal que incluyen estaciones de crecimiento más cortas y sistemas de raíces menos profundos en los sistemas agrícolas anuales que reemplazan bosques, pastizales y pasturas perennes. Es importante también como factor predisponente la configuración geomorfológica de la cuenca que favorece los ascensos freáticos y la erosión. Los impactos asociados a este fenómeno son variados y de diversa magnitud e incluyen impactos puntuales y difusos (Comisión Provincial Científico – Técnica, 2015).

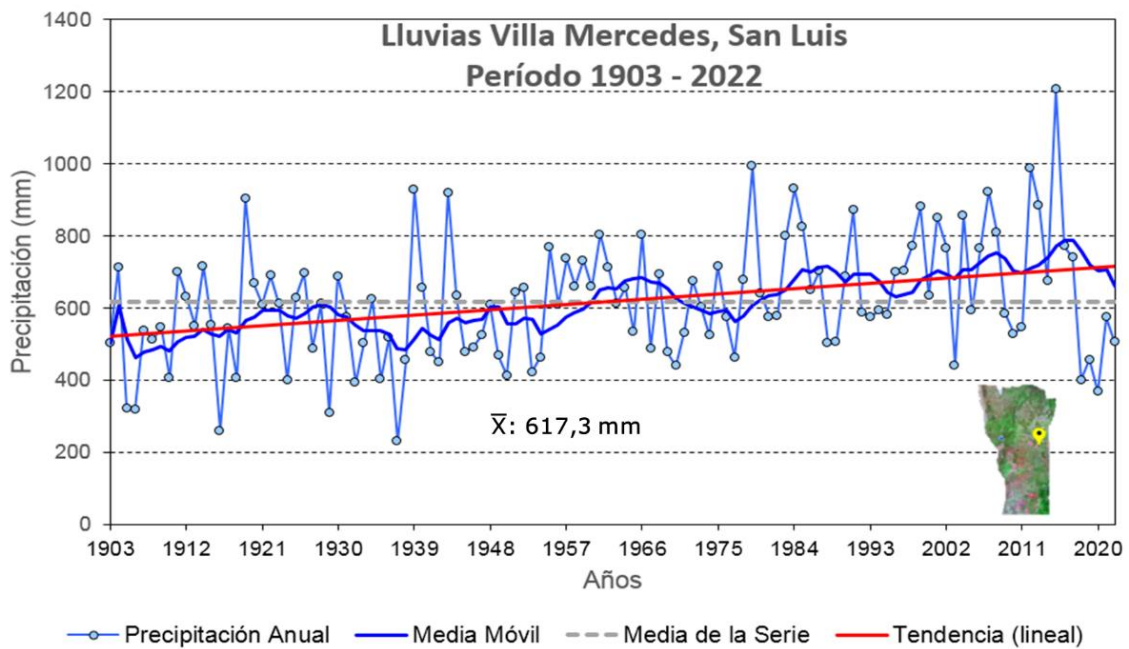


Figura 5: Precipitaciones históricas en Villa Mercedes. Collado (2023).

El agua de lluvia traslada y aporta mediante las precipitaciones ínfimas cantidades de sales que, con un consumo exhaustivo de los aportes hídricos por parte de la vegetación natural, se acumulan en el perfil del suelo durante décadas a milenios por la escasa recarga que se produce hacia la napa freática. Al producirse cambios en el balance hídrico de la región e incrementarse la recarga de agua hacia la napa por cambios en los agroecosistemas, estas sales son arrastradas en profundidad hasta alcanzar la napa freática. El agua freática no está estática, se mueve a baja velocidad por gradiente hidráulico desde las zonas altas hacia las bajas y además asciende, arrastrando las sales disueltas en la misma. Así, al llegar a áreas donde por capilaridad el agua freática es capaz de alcanzar la superficie del suelo, se evapora hacia la

atmósfera dejando en la superficie del suelo las sales disueltas que contenía, conformando el proceso de salinización de suelos.

Los cambios en la cobertura vegetal con una disminución importante de la superficie de bosque en la cuenca, quedando hoy como relictos aislados dentro de una matriz de tierras de cultivo más vasta, explica la recuperación estacional del nivel de la napa freática pero sugiere que una cubierta forestal generalizada - como la que albergaba la cuenca antes del inicio de la agricultura - podría haber sostenido el consumo y los niveles de agua subterránea profunda incluso bajo eventos de recarga ocasionales. Las transformaciones en “El Morro” muestran que estos efectos interactivos pueden cambiar la partición del agua entre la evapotranspiración y el flujo de la corriente, incluso hasta el punto de crear corrientes donde antes no existían (Jobbágy et al, 2021).

El daño a las obras viales y de infraestructura emerge como el impacto más apremiante y como una de las amenazas más serias, dado que la parte baja de la cuenca es atravesada por dos rutas nacionales (RN N.º 7 y RN N.º 8) que en conjunto crean el principal corredor vial este-oeste del país y uno de los más importantes del continente (Figura 6). Además de estas rutas, la Ruta Provincial N.º 33 es la principal vía de ingreso y egreso de la cuenca que, sumado a caminos vecinales, resultan de vital importancia para el movimiento y la salida de granos, forrajes y animales en la cuenca.



Figura 6: Sedimentación en la cuenca baja sobre la Ruta Nac. N.º 8 en el año 2008.

Mitigación

Dentro de las acciones de mitigación, las instituciones que intervinieron en la Comisión Científico Técnica de la Provincia de San Luis (2015) plantearon la necesidad de un ordenamiento hidrogeológico y territorial a fin de manejar el balance hídrico de la cuenca. Para ello se proponen las siguientes acciones:

- ✓ Promover las salidas evapotranspirativas de la cuenca para favorecer el biodrenaje.
- ✓ Favorecer la evacuación ordenada de los excesos hídricos y el manejo correcto de la carga de sedimentos.

El Gobierno de la Provincia de San Luis sancionó la Ley N.º IX-0939-2016, con el objeto de mitigar y detener la erosión y degradación del suelo, así como de controlar el desbalance hídrico. Exigió planes de manejo predial a los productores de la cuenca, incentivando a la forestación del 5 % de la superficie de los establecimientos agropecuarios. Además, instaló una red de estaciones agrometeorológicas y de sensores para investigar la evolución de los niveles freáticos, caudales de los cauces y de calidad de agua.

Se han realizado diversos trabajos evaluando el caudal y calidad de agua de los arroyos. El caudal de los cauces superficiales es variable en función de las precipitaciones, en general se alimentan de la napa freática que actúa como efluente de estos (Barbeito et al, 2009; Jobbágy et al. 2021). El agua está dispersa en la cuenca, predominando las sales sulfato de sodio, en general la calidad no es apta para riego o es apta con limitaciones por salinidad (Sáenz, 2008).

En los sistemas ganaderos bovinos de la cuenca se presentan problemas de deficiencia de cobre, producto de los excesos de sulfato en el agua de bebida, lo que genera una disminución en la ganancia de peso vivo diario de los bovinos, estimando una pérdida de 15 % de la producción anual de carne (adaptado de Sager, 2001).

La expansión agrícola en la cuenca ha reducido el consumo evaporativo de agua, mientras que la expansión de áreas de humedal sobre tierras de cultivo abandonadas por el anegamiento lo ha aumentado. Las aguas de la cuenca son levemente salobres, pero mejoran su condición ya que su contenido de sales en la última década ha disminuido, particularmente en la cuenca media que es la que más carga de sales aporta (Jobbágy et al., 2019).

Se ha trabajado con modelos de simulación de balances hídricos a nivel de cuenca. Se propuso promover la utilización de pasturas perennes en base a alfalfa y de cultivos de cobertura para mejorar el balance hídrico aumentando el consumo de agua por parte de los sistemas de producción (Sáenz et al., 2016). Se han realizado diferentes trabajos de investigación que permiten conocer diferencias en el consumo de agua y del estado de las napas, en lotes con la cobertura natural original y con pasturas implantadas de alfalfa, respecto del consumo de agua por parte de los cultivos agrícolas que se realizan en la región (Jobbágy et al., 2021).

En el año 2016 el Gobierno de la Provincia de San Luis creó ALFAZAL con el objetivo de exportar heno de alfalfa desde la región, generando una demanda local de heno y promoviendo el cultivo de esta leguminosa que tiene un elevado consumo de agua, particularmente en el suelo profundo. Si bien es una medida indirecta relevante que tiende a lograr un equilibrio entre los ingresos de agua mediante las precipitaciones y los egresos mediante la evapotranspiración de los sistemas productivos, el incremento de la superficie cultivada con pasturas perennes crece a una tasa baja y su impacto será a futuro.

Por lo expuesto resta favorecer la salida de los excedentes hídricos hacia el río Quinto tal como lo plantea el trabajo interinstitucional. Poco se ha avanzado al respecto, probablemente debido a la complejidad de la infraestructura existente en la cuenca baja y al fenómeno de la Niña que generó una sequía muy importante en el centro del país durante los últimos cinco años, enmascarando temporalmente la problemática.

Sin embargo, es en años de sequía en que se deben considerar los puntos donde puede haber problemas y trabajar para mejorar el drenaje de la cuenca anticipándose a periodos con precipitaciones superiores a las esperables en la zona.

Puntos críticos en la cuenca de “El Morro” y propuestas de mitigación

Diferentes modelos de simulación que orientan sobre los efectos del cambio climático en las próximas décadas, coinciden que en la región central del país es de esperar un incremento de las precipitaciones y una mayor frecuencia de eventos de magnitud en el futuro. Por ende, es probable que continúe la tendencia creciente que se dio durante el último siglo (IPCC, 2023), es decir un clima con mayores precipitaciones, eventos extremos y alta variabilidad climática con alternancia de épocas húmedas y marcadas secas.

En la cuenca de “El Morro”, durante los últimos 35 años se ha incrementado el nivel de la napa freática a razón de $0,15 \text{ m año}^{-1}$. Este incremento en los niveles del agua ha generado nuevos cauces permanentes durante las últimas cuatro décadas (Contreras et al., 2012). Los episodios de incisión más recientes ocurrieron en septiembre de 2001, enero-febrero de 2008, diciembre de 2009 y febrero de 2015, luego de períodos de varios meses de lluvias intensas y que afectaron principalmente a las subcuencas Río Nuevo y Quebrachal (Buono et al., 2018; Contreras et al., 2012).

Debido a estas nuevas vías de drenaje y a la evolución de las existentes, es esperable que el tiempo de concentración del agua en la cuenca sea menor y se generen picos de crecientes de importancia con arrastre de sedimentos que podrían generar problemas en puntos críticos de la cuenca. La carga de sedimentos puede llegar a ser extrema si los eventos de crecienta van acompañados por nuevos episodios de erosión de tipo “sapping”, creándose flujos densos con proporciones equivalentes de agua-sedimento.

Esta problemática actualmente no se visualiza por haber transitado cinco años con precipitaciones por debajo de la media como se observa en la Figura 5. Además de la red de caminos rurales distribuida por toda la cuenca y que son cortados reiteradamente por los nuevos cauces, la infraestructura existente en la cuenca baja es muy importante. En ella se encuentran la Ciudad de Villa Mercedes y la V Brigada Aérea (Fuerza Aérea), además es atravesada por las Rutas Nacionales N.º 7 y 8 que componen un corredor bioceánico muy importante, pasan dos poliductos de YPF, un gasoducto y dos líneas férreas del Ferrocarril General San Martín. En esta zona podemos identificar puntos críticos que no se han solucionado, que están interrelacionados y que afectarían principalmente a las Rutas Nac. N.º 8 y 7 y su área de influencia ante periodos con precipitaciones superiores a la media (Figura 7).

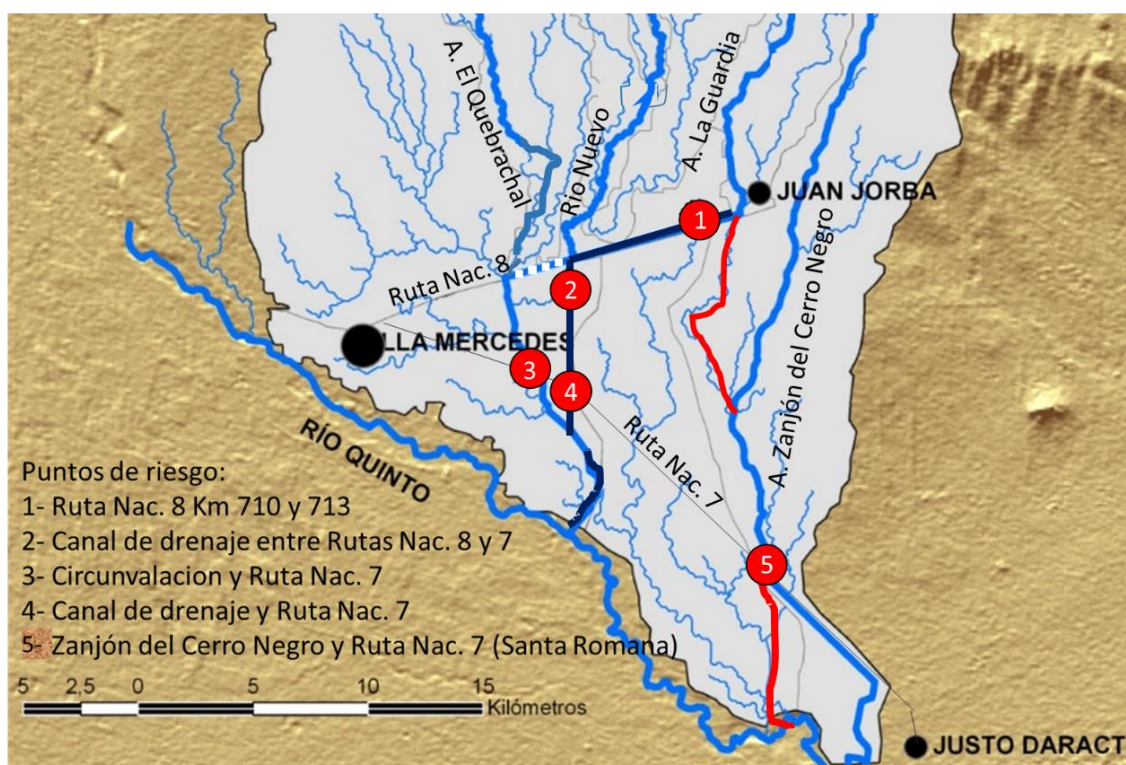


Figura 7: Puntos críticos en la cuenca baja de “El Morro” marcados con círculos rojos.

Estos puntos se presentan en la Figura 7 y corresponden al siguiente detalle:

1. El Arroyo La Guardia que es afluente del Arroyo Zanjón del Cerro Negro, en su intersección con la Ruta Nac. N.º 8 km 710 fue trasvasado hacia el oeste, hacia el Arroyo El Quebrachal en su intersección con la Ruta Nac. N.º 8 (bajo de la salada) en la década de 1980, el arroyo tenía caudal esporádico, previo a las condiciones hídricas actuales. Actualmente este arroyo arrastra sedimentos que colmatan el canal de trasvase poniendo en riesgo la circulación sobre Ruta Nac. N.º 8. Si este curso trae caudales excepcionales, puede realizar un cambio de recorrido espontáneo, generando mayores daños. La solución planteada para este punto es abrir el drenaje natural del arroyo la Guardia hacia el arroyo Zanjón del Cerro Negro como se indica en línea roja en la Figura 7. Lo que implica la necesidad de construir un puente sobre la Ruta Nac. N.º 8 para su cruce y otro sobre la Ruta Nac. N.º 7 en el punto crítico indicado con el número 5.

2. Durante la década de 2010 se realizó la canalización del río Nuevo entre las Rutas Nacionales 8 y 7. El diseño de este canal preveía un alto caudal por lo que su pendiente es baja. Al arrastrar sedimentos el río Nuevo los va depositando entre estas rutas, corriendo riesgos de desbordes del canal hacia el oeste. La solución propuesta para esta situación es modificar el salto ubicado sobre su cauce en el punto crítico N.º 4 de la Figura 7.
3. El arroyo El Quebrachal cruza la intersección de la Ruta Nac. N.º 7 y Circunvalación de Villa Mercedes por una alcantarilla ajustada a su caudal. En el caso de que el canal del río Nuevo desborde hacia el oeste como se describe en el punto anterior, la misma se puede ver sobrepasada y dificultar la circulación sobre la Ruta Nac. N.º 7. Elevando además el nivel freático en el Este de la ciudad de Villa Mercedes, principalmente inestabilizando las construcciones en los barrios del Plan Lote Eva Perón. Es muy importante una planificación urbana de la ciudad de Villa Mercedes, así como el mantenimiento y modificación de los sistemas de desagüe, de modo que sea posible evacuar rápidamente el agua de la ciudad ante eventos extremos.
4. Como se mencionó anteriormente en el punto 2 la canalización del río Nuevo tiene una pendiente baja que retiene agua y sedimentos aguas arriba, con riesgos de colmatación del canal, su nivel de base es elevado dificultando el drenaje subterráneo, generando problemas de ascenso freático y salinización en su área de influencia.

La solución propuesta a este problema es bajar la altura del salto que tiene esta canalización en su intersección con la Ruta Nac. N.º 7 mediante un corte en forma de "V", y así bajar el nivel de fondo del mencionado canal e incrementar la velocidad de escurrimiento, facilitando la salida de sedimentos hacia el río Quinto. Se presentaron los detalles de esta propuesta en la Municipalidad de Villa Mercedes (Sáenz y Hellmers, 2015). Desde este punto hasta el río Quinto la velocidad del agua no permite la sedimentación.
5. El arroyo Zanjón del Cerro Negro, en su intersección con la Ruta Nac. N.º 7 es desviado hacia el este mediante un canal revestido paralelo a la ruta, para luego desaguar sobre el río Quinto en proximidad a la localidad de Villa Salles. El cruce de la ruta se hace mediante una alcantarilla que trabaja al límite de su capacidad desde hace décadas, generando desbordes sobre la Ruta Nac. N.º 7 durante las crecientes importantes. La mencionada

alcantarilla es de una sección muy inferior a la del puente construido sobre el mismo arroyo aguas arriba en su paso por debajo de la Ruta Nac. N.º 8 en proximidad de la localidad de Juan Jorba.

En la Comisión Científico Técnica de la Provincia de San Luis como en la comisión de evaluación hídrica del río Quinto y Río Nuevo de la Municipalidad de Villa Mercedes se planteó la necesidad de tratar a los cauces de la cuenca de “El Morro” como arroyos y derivarlos al Río Quinto por las líneas de máxima pendiente que permitan el drenaje y desalinización de sus áreas de influencia. En este caso, el arroyo Zanjón del Cerro Negro debería ser canalizado por la línea roja que se presenta en la Figura 7 y conecta el punto 5 con el cauce del río Quinto, y se debiera construir un puente sobre la Ruta Nac. N.º 7 para el drenaje seguro de los caudales erogados por los arroyos Zanjón del Cerro Negro y La Guardia.

El ordenamiento de los cauces en la cuenca baja requiere de un trabajo interinstitucional de los diferentes estamentos del Estado, lo cual permitiría reducir los riesgos de daño en la infraestructura existente y su consecuente inhabilitación temporal. Así como evitar accidentes, incluso fatales como los que ya han ocurrido, y mejorar las condiciones productivas de la zona por el drenaje del agua freática superficial y reducción de la salinidad en la cuenca baja de “El Morro”.

Necesidades de ordenamiento agro-hidrológico y monitoreo

Reconociendo el rol de la vegetación y la oportunidad que representa la Agro-Zal en Villa Mercedes, es necesario continuar con las medidas que favorezcan la implantación de la alfalfa en aquellos sectores adecuados para su cultivo. En este sentido no existen estadísticas sobre su distribución y extensión en la cuenca.

Si bien se ha avanzado en la adaptación de tecnologías como el uso de variedades o mejores manejos, aún existen brechas o vacíos de información que se deberían continuar investigando. Tampoco existe una síntesis del impacto producido por los planes de manejo en la cuenca (Colazo et al., 2017).

Con respecto al monitoreo se ha avanzado en una red de información de caudales, niveles freáticos y precipitaciones. Es de importancia sustancial asegurar el mantenimiento de dicha red, para contar con información de alerta temprana. También existen iniciativas, como la del sitio piloto del Observatorio Nacional de Desertificación,

que estudia los procesos de degradación producidos en la cuenca y permiten contar con indicadores para la toma de decisiones.

Bibliografía

- Barbeito, O.; Beltramone, C.; Ambrosino, S. & Contreras, P. 2009. *Estudio Geomorfológico de la Cuenca del Morro*. Informe técnico del Instituto Nacional del Agua, Centro Regional Región Semiárida.
- Buono, N.; Jobbágy, E.G.; Noretto M.D.; Menéndez, A.N. & Cáceres, R. 2018. *Aspectos hidrogeológicos en la formación abrupta de cursos fluviales en cuencas semiáridas sedimentarias*. Actas del XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Buenos Aires, Argentina.
- Colazo, E.R.; Colazo, J.C.; Galván, M. & de Dios Herrero, J. 2017. *Conservación de suelo en el marco de la emergencia ambiental en la Cuenca El Morro (San Luis)*. Actas de las III Jornadas Naciones de Suelos en Ambientes Semiáridos. Bahía Blanca, Argentina.
- Consejo Provincial de Ciencia y Técnica de la Provincia de San Luis. 2015. *Los Nuevos Cursos de Agua en la Cuenca de El Morro: Descripción del Proceso y Pautas para su Gestión*. Grupo de Estudios Ambientales-IMASL, CONICET: Jobbágy EG, Noretto MD. INTA San Luis: Bernasconi HO, Colazo JC, Galvan MJ, Mercu JL, Saenz CA. Ministerio del Campo del Gobierno de la Provincia de San Luis: Colazo ER, Larrusse CE, Marchi AA. Universidad Nacional de San Luis: Barbosa OA, Giaccardi A, Hellmers MM, Martínez Alvarez D. Consultor externo: Alfonsina Tripaldi - UBA. Informe técnico.
- Contreras, S.; Santoni, C.S. & Jobbágy, E.G. 2012. Abrupt watercourse formation in a semiarid sedimentary landscape of central Argentina: the roles of forest clearing, rainfall variability and seismic activity. *Ecohydrology* 6(5): 794 – 805 .<https://doi.org/10.1002/eco.1302>
- Galván, M.J. & Collado, A.D. 2010. *Escurrimientos Hídricos Superficiales en la Cuenca Hidrográfica de El Morro*. Provincia de San Luis. Información técnica 175 EEA San Luis. Ediciones INTA.
- Houspanossian, J.; Gimenez, R.; Whitworth-Hulse, J.; Noretto, M; Tych, W.; Atkinson, P.; Rufino, M. y Jobbágy, E. 2023. Agricultural expansion raises groundwater and increases flooding in the South American plains. *Science* 380(6652):1344-1348. <https://doi.org/10.1126/science.add5462>

- Jobbágy, E.G.; Nosetto, M.D.; Marchesini, V. & Buono, N. 2019. *Transporte de agua, sales y sedimentos en la cuenca del El Morro: Herramientas para su manejo*. Informe técnico.
- Jobbágy, E.G.; Lorenzo, S.; Buono, N.; Páez, R.; Díaz, Y.; Marchesini, V. & Nosetto, M.D. 2021. Plants versus streams: Their groundwater-mediated competition at “El Morro,” a developing catchment in the dry plains of Argentina. *Hydrological Processes* 35(5): e14188. <https://doi.org/10.1002/hyp.14188>
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2023. <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>
- Peña Zubiate, C.A. y d’Hiriart, A., 1985. *Erosión eólica e hídrica en San Luis*. Revista IDIA 433 – 436: 40 – 46.
- Marchesini, V. 2011. *Cambios en el uso de la tierra y el balance de agua en ecosistemas semiáridos: el desmonte selectivo en el Chaco árido analizado a diferentes escalas espaciales*. Tesis para acceder al grado de Doctor. UBA.
- Sáenz, C.A. 2008. *Respuesta del cultivo de maíz y las características físico químicas del suelo al riego complementario con agua salina en la región semiárida pampeana*. Tesis para acceder al Grado de Magister Scientae. UNCu.
- Sáenz, C.A. & Hellmers, M.M. 2015. Informe Técnico presentado a la Municipalidad de Villa Mercedes. Actas de reuniones de comisión de evaluación hídrica del río Quinto y río Nuevo de la Municipalidad de Villa Mercedes.
- Sáenz, C.A.; Rusoci, N. & Colazo, J.C. 2016. *Balance hídrico de diferentes escenarios en la cuenca de El Morro*. Información Técnica 192 EEA San Luis. Ediciones INTA.
- Sager, R. L. 2001. *Calidad de Agua de Bebida. Relación con la Suplementación Mineral y Problemas Sanitarios*. Conferencia en el Congreso de Ganadería de Zonas Áridas y Semiáridas. Herramientas para un negocio ganadero competitivo.
- Santoni, C. 2012. *Circulación vertical del agua y su relación con la vegetación en zonas áridas y semiáridas*. Tesis para optar al grado de Doctor. UBA.
- Tripaldi, A. & Forman, S. L. 2016. Eolian depositional phases during the past 50 ka and inferred climate variability for the Pampean Sand Sea, western Pampas,

Argentina. *Quaternary Science Reviews* 139: 77- 93.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.03.007>

El cambio en el balance hídrico de la Cuenca de “El Morro” ha generado en las últimas décadas una serie de impactos negativos en el territorio, representando un perjuicio para los sistemas productivos y una amenaza para la ciudad de Villa Mercedes y la infraestructura presente en la región.

La siguiente publicación tiene como objetivo poner en relevancia la investigación llevada adelante hasta la actualidad, plantear puntos críticos ante posibles eventos, proponiendo medidas de mitigación en cada uno de ellos, y discutir sobre las necesidades de ordenamiento agro-hidrológico y monitoreo en la cuenca.



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Ministerio
de Economía
República Argentina