

CAPÍTULO 15

Agriculturización y *sapping* en San Luis y Córdoba: señal antropocénica

*María Cristina Zilio, María del Carmen Aranda Álvarez,
Analía Zamponi y Martha Florencia Roggiero*

A lo largo del libro, hemos observado distintos ejemplos de **antropogeofomas**, es decir, formas de relieve que son el resultado del creciente protagonismo de la sociedad como agente geomorfológico (galerías mineras, escombreras y lagunas, en Johannesburgo¹⁴⁵; el modelado “estético” de tierras en la cuenca baja del río Luján¹⁴⁶; el puerto de La Plata y sus islas aledañas¹⁴⁷, etc.). Podemos estar de acuerdo o no en afirmar que son manifestaciones antropocénicas pero es indiscutible que se trata de formas antropogénicas. En los casos mencionados, los cambios han sido intencionales y graduales, es decir, si bien puede determinarse su comienzo, los procesos llevaron años.

De manera diferencial, la formación de nuevos ríos en algunas áreas rurales del centro de Argentina ha sido súbita y no planificada. Por ejemplo, un medio periodístico anunciaba que, el 25 de noviembre de 2015, había nacido el **arroyo La Paraguaya**, “el único río con partida de nacimiento”, en el sudoeste cordobés (Colautti y Simo, 2016, párr. 3). Su nombre alude al pequeño cerro donde tiene su nacimiento. Se ubica entre los arroyos Chaján y Ají -los tres con desagüe arreico hasta la fecha- (figura 1). En la misma nota, se afirma que el arroyo Zelegua se formó de manera similar, unos 30 años atrás, sin embargo, el mismo ya muestra un curso abarrancado en la antigua carta geológico-económica Sierra del Morro (Sosic, 1964a).

Por su parte, en San Luis sucedía algo inesperado:

Una noche de aguacero, un campesino escucha un rugido tremendo fuera de casa. Sale y ve una grieta abrirse alrededor de su rancho. Días más tarde, un tractor amanece enterrado en un lodo que la noche anterior no estaba allí. La tierra lodosa se traga vacas y cultivos. Y finalmente, una noche de 1985, un río empieza a labrarse un camino impredecible en la pampa argentina (Rubiano, 2018, párr. 1).

¹⁴⁵ Ver Capítulo 3. *Johannesburgo (Sudáfrica): el legado de la explotación aurífera.*

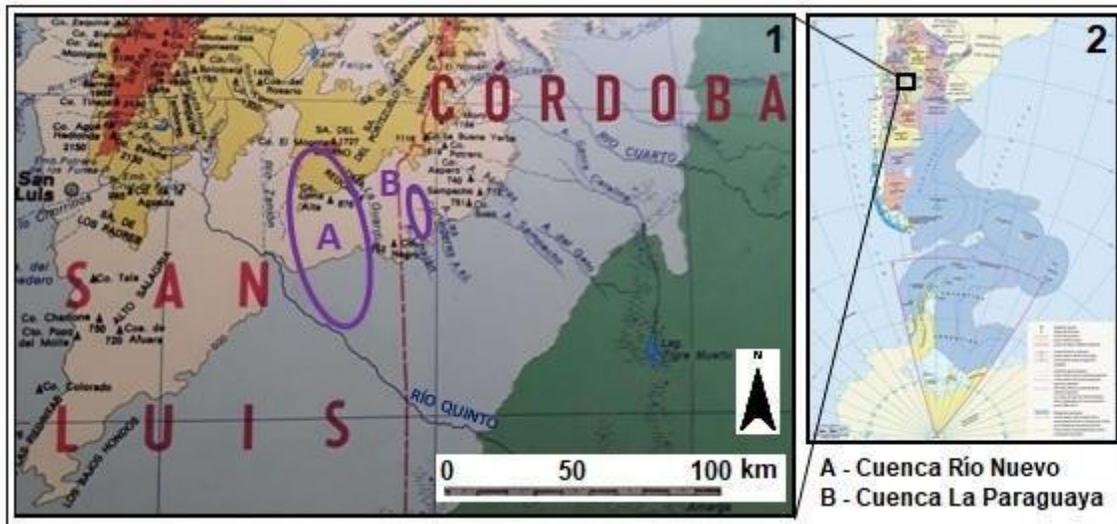
¹⁴⁶ Ver Capítulo 13. *Modelar la naturaleza: urbanizaciones cerradas en humedales.*

¹⁴⁷ Ver Capítulo 11. *Deposición y erosión inducida por obras portuarias en los estuarios.*

Era el nacimiento del **río Nuevo**. En ese momento también se formaron otros arroyos menores cuyos cauces convergen en el Nuevo, ahora tributario del Río Quinto, aguas abajo de la ciudad de Villa Mercedes.

Las llanuras vecinas a las últimas estribaciones de las Sierras Pampeanas, están siendo afectadas, en las últimas décadas, por la aparición superficial brusca de nuevos cursos de agua, aunque luego continúan creciendo y mantienen un caudal permanente -que crece después de las lluvias-. Las incertidumbres respecto de su comportamiento y el riesgo de afectación de áreas urbanas y rurales así como el corte de rutas, son algunas de las acciones que debe enfrentar la gestión para su adecuado manejo.

Figura 1. Ubicación aproximada del área de estudio



En (1) se observa la ubicación de las actuales cuencas del río Nuevo (A) y el arroyo La Paraguaya (B). En (2), ubicación del recorte espacial en el mapa bicontinental de Argentina. Fuente: modificado de Bernardes (1981, pp. 62-63) e IGN (s.f.) por María Cristina Zilio.

Los estudios sobre esta transformación drástica del paisaje, con una magnitud y a una velocidad jamás vista, comenzaron en San Luis. Allí, un equipo de científicos del Grupo de Estudios Ambientales, encabezado por Esteban Jobbágy, identificó este fenómeno como *sapping*. Se refleja en el documental científico “Río Nuevo”, realizado por la Universidad Nacional de San Luis (UNSL, 2016). Definen al *sapping* como un proceso erosivo generado por agua subterránea, que provoca colapsos y cañones. En otras palabras, “el agua no cava desde arriba hacia abajo sino desde abajo hacia arriba” (Kemelmajer, 2018, p. 4).

Este proceso consta de dos fases, *piping* y *sapping*. El primero consiste en la formación de túneles y zonas inestables en la región saturada del suelo. El segundo tiene que ver con el colapso de las cabeceras y paredes del valle. En esta línea de investigación hemos mantenido el término *sapping*. Consideramos que es una terminología válida ya que se corresponde con el momento en que se visibiliza el fenómeno.

Respecto del origen de este proceso, podría suponerse que es natural –incremento de las lluvias y actividad sísmica- ya que este proceso singular no es nuevo *per se*. Sin embargo, a las causas naturales debe sumarse una causa antrópica, la sustitución masiva de bosques nativos

y pastizales por monocultivos. En este capítulo, abordaremos esta consecuencia no planificada de la agriculturización y proponemos considerar al *sapping* en el centro de Argentina como una manifestación del Antropoceno (o del Antropocapitaloceno)¹⁴⁸.

***Piping/sapping* como proceso geomorfológico**

Si bien, en las zonas vecinas a los faldeos serranos, los procesos de erosión fluvial actuales generan cárcavas (Costa *et al.*, 2005, p. 72), la formación de nuevos ríos a los que se refiere este trabajo, presenta características diferenciales y su origen tendría que ver con cambios en el uso de la tierra. Para poder identificar estas diferencias, veremos brevemente el origen de **cárcavas por erosión superficial** antes de relacionar su origen con la circulación de flujo subsuperficial a través de túneles en el suelo.

La acción fluvial está condicionada por las precipitaciones, la permeabilidad del suelo, la vegetación, la extensión de la cuenca y la pendiente del terreno. Con excepción de las áreas cubiertas por glaciares, las aguas de escurrimiento son el principal agente exógeno modificador de la superficie planetaria. Inclusive en los desiertos, donde las precipitaciones son escasas, los mayores cambios son producto de la labor de los cursos de agua.

La principal acción de la lluvia, al caer con fuerza sobre la superficie, consiste en arrastrar las partículas sueltas hacia áreas más bajas. Durante un intenso chaparrón, en áreas con pendiente, puede producirse localmente un manto de agua en movimiento que socava y transporta el suelo pendiente abajo, abriendo pequeños canalículos temporales. Este escurrimiento no encauzado o libre es totalmente transitorio. Sus dimensiones pueden alcanzar pocos centímetros de ancho y profundidad. Con las repetidas lluvias, estos surcos se van profundizando gradualmente y, al cortar una capa freática, comienzan a transportar agua. Estos canales de drenaje, por los que circula agua sólo durante e inmediatamente después de fuertes precipitaciones, se denominan **cárcavas**. Pueden alcanzar varios metros de ancho y profundidad. Estas formas son características de escurrimiento superficial encauzado (Martínez y Zilio, 2013). Este proceso de acarcavamiento es particularmente intenso en regiones áridas o semiáridas, donde el suelo desnudo o semidesnudo es afectado por precipitaciones ocasionalmente violentas. En los casos más avanzados, dan origen a terrenos casi intransitables conocidos como “tierras malas” o *badlands*, definidos por Holmes como una “intrincada red de zanjas y pequeños barrancos, separados por crestones agudos como cuchillos” (1971, pp. 142-143).

¹⁴⁸ Ver Capítulo 2. *El Antropoceno: el precio de la tecnología*.

Erosión subsuperficial: *piping* y *sapping*

En la búsqueda de literatura académica, hemos encontrado mínima referencia al concepto de *sapping* (traducido como socavación, en inglés) pero abundante información sobre *piping*. Este otro término inglés, que podría traducirse como tuberías (*pipes*) o erosión en túnel, es un proceso también conocido como sufusión o **sufusión**. Gutiérrez Elorza y Rodríguez Vidal explican que este término, propuesto por Morariu y Tufescu (1964), deriva del latín *suffossio*, y se puede traducir como excavar por debajo “y, accesoriamente, perforar de abajo a arriba” (1984, p. 75). Otros autores utilizan los términos *tunnelling*, tubificación y tubería.

La sufusión incluye un conjunto de procesos hidromorfológicos. Comprende la erosión por disolución, dispersión y transporte debidos a flujos hídricos subsuperficiales. Afecta a los sedimentos (arena, limo y arcilla), con un alto contenido en sodio. Al colapsar puede dar origen a cárcavas superficiales (*sapping*) y, en un estadio muy avanzado, a paisajes de *badlands*. Si bien se registra en todos los regímenes climáticos, la sufusión es más común en las zonas semiáridas, debido a la presencia de: 1) agrietamiento por desecación, 2) lluvias torrenciales esporádicas y 3) vegetación esteparia. Otras causas coadyuvantes pueden ser la acción biológica -presencia de animales y plantas- y la presencia de sales, especialmente el sodio. Pero a estas acciones naturales debe sumarse la acción antrópica. Prácticas agrícolas como la irrigación, la deforestación, el sobrepastoreo y los atezamientos, pueden ser desencadenantes del proceso, ya que en muchos casos favorecen la formación de estos conductos (Gutiérrez Elorza y Rodríguez Vidal, 1984, p. 76; García-Ruiz, 2011, p. 8).

Se han hecho numerosos trabajos sobre *piping* en España, asociados a ambientes semiáridos. Por ejemplo, García-Ruiz (2011, pp. 16-17) compara las áreas de cultivo de alfalfa y de cereales en La Rioja, asociadas a prácticas de regadío. En los campos de alfalfa se registran la mayor densidad y tamaño de los colapsos. Este cultivo permanece de cuatro a diez años en la misma parcela sin que el paso anual del arado altere las grietas superficiales por las que el agua penetra o deshaga los canales subsuperficiales. Así, año tras año, el tamaño de los *pipes* aumenta hasta provocar hundimientos en la superficie. En cambio, en los campos de cereal, cualquier red incipiente de *pipes* es destruida anualmente por el arado. Por otro lado, los cereales son regados dos veces al año, mientras la alfalfa recibe hasta diez riegos, lo que acelera mucho el proceso de erosión subsuperficial. Para el autor, la sufusión puede ser el principal factor de erosión y deterioro del suelo en los campos cultivados.

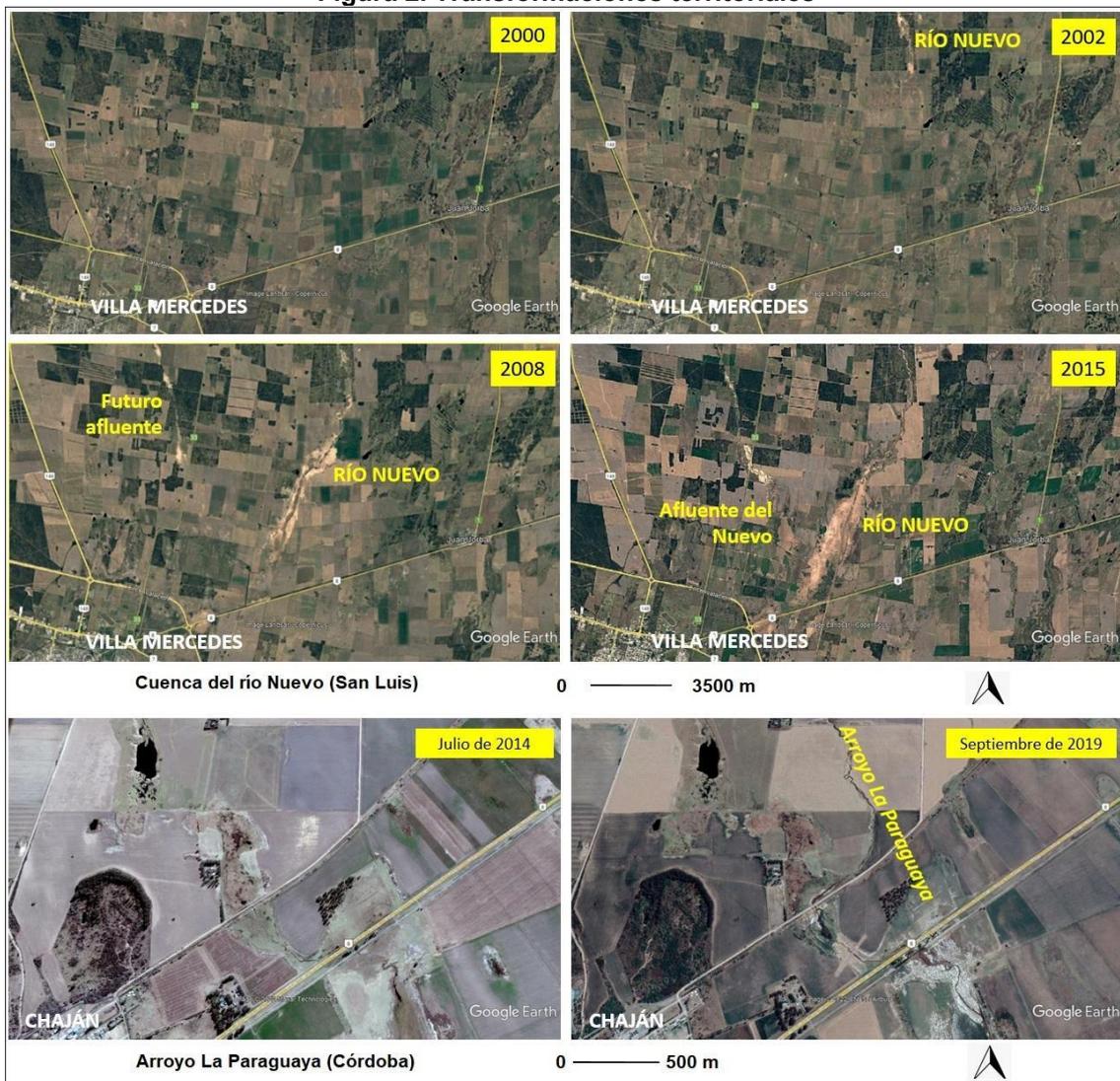
Gómez Gutiérrez *et al.* (2011, p. 68) enumeran algunos ejemplos de formación de cárcavas como consecuencia de cambio gradual o repentino en el uso del suelo: 1) en Reino Unido, propiciado por un cambio antrópico de la cubierta vegetal (siglos IX y X); 2) en Europa Central, durante el siglo XIV, debido a la elevada presión humana sobre el suelo junto con algunos eventos de precipitación de carácter extremo; 3) en Australia durante los últimos 200 años, con el proceso de colonización europeo; 4) en Nueva Zelanda debido a la deforestación excesiva llevada a cabo durante los últimos siglos, y 5) en diversos ambientes debido a la agricultura en los siglos XX y XXI -cultivos en montañas de Laos; expansión del cultivo de almendro en España, etc.-. A través de este proceso, por ejemplo, se formaron hace miles de años algunas ramas del

Gran Cañón del Colorado. Y se cree que la superficie de Marte también habría sido moldeada por *sapping*, pero no en semejante magnitud y velocidad (Kemelmajer, 2018, p. 4).

Problemática del *sapping* en Córdoba y San Luis

La rareza de este proceso es su fenomenal escala temporal, ya que se manifiesta en un breve tiempo histórico y no en el marco del tiempo geológico (figura 2). Cuando, en 2008, Jobbágy y colaboradores comenzaron a investigar la proliferación de nuevos ríos subterráneos, el río Nuevo era un cañón que tenía cinco metros de ancho por cinco de profundidad. En 2015, ya medía 50 m de ancho, 25 m de profundidad y unos 30 km de longitud (Kemelmajer, 2018, p. 6). La longitud acumulada de los cauces creció de 840 km a 1200 km, entre 2006 y 2016 (Collado, 2017, p. 9).

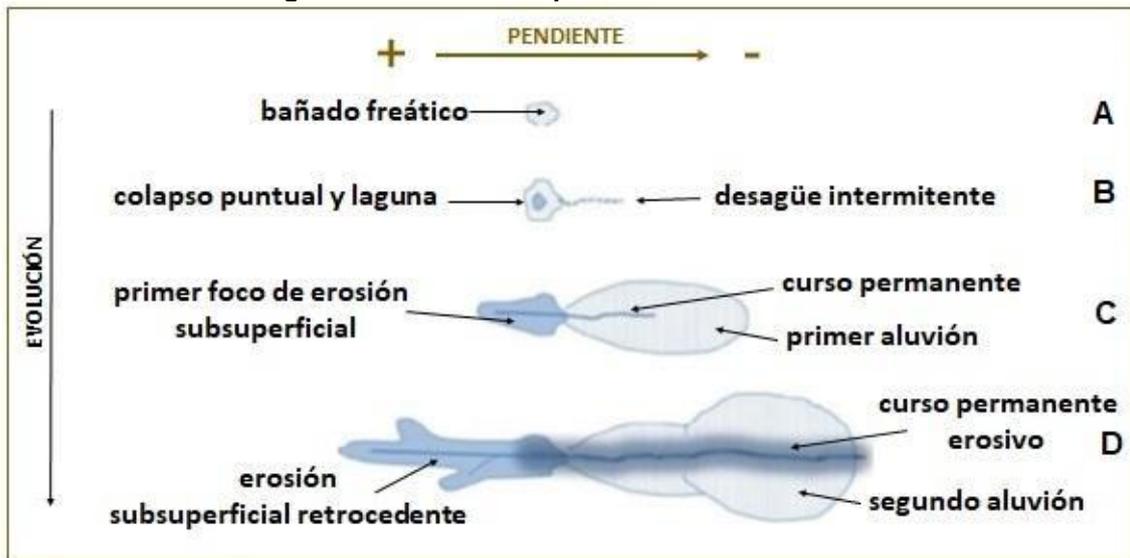
Figura 2. Transformaciones territoriales



Se han seleccionado momentos significativos de la formación de estos cursos. Todas las imágenes del río Nuevo (arriba) corresponden al mes de diciembre. Fuente: elaborado por María Cristina Zilio a partir del mapa base Google Earth Pro.

La visibilización del proceso (figura 3) comienza con: a) la formación de bañados asociados a niveles freáticos y b) el colapso de terreno en áreas históricamente secas, allí se forma una pequeña laguna que puede tener un desagüe temporal. A partir de ese momento, c) la actividad continúa en dos direcciones, pendiente arriba hay erosión subsuperficial y, pendiente abajo, se forma un curso permanente y se acumulan los sedimentos removidos, formándose áreas de depósitos en forma de aluviones. Con el paso del tiempo, d) coincidentemente con períodos de lluvias intensas –aunque no excepcionales-, se incrementa su tamaño en profundidad y ancho. Eventualmente la superficie colapsa al perder el sustento de la capa más profunda de material que es movilizada, formando pequeños valles, dejando un manto de espesor variable (pocos centímetros a más de un metro) distribuido en un área mucho mayor a la que se erosiona subsuperficialmente. Comienza un proceso de erosión superficial típico, erosionando los sedimentos que anteriormente había depositado y movilizándolos hacia posiciones más bajas. El agua comienza a fluir en forma permanente. Es dulce o levemente salobre en las nacientes pero hacia el cauce medio y bajo se vuelve más salobre. En la actualidad, los distintos cursos independientes comienzan a converger en una red de drenaje dendrítico (Consejo Provincial de Ciencia, Técnica, Desarrollo e Innovación [en adelante, Consejo Provincial], 2015, pp. 3-5).

Figura 3. Evolución esquemática de un nuevo curso



Fuente: modificado del Consejo Provincial (2015, p. 4) por María Cristina Zilio.

Un escenario propicio para el *sapping*

La zona que ha registrado la aparición súbita de cauces comprende dos sectores: a) la cuenca El Morro, al sur del cerro homónimo, en el departamento Pedernera (provincia de San Luis), formada por el río Nuevo y sus afluentes, que ya se ha integrado al sistema hidrológico del río Quinto (Collado, 2017, p. 1), y b) parte de la cuenca de la Depresión Oriental, en el departamento Río Cuarto (provincia

de Córdoba), donde se desarrollan una serie de arroyos arreicos que desaguan en cañadas y bañados. Para 2018, en esta última cuenca se observaba que el arroyo Chaján, al sumar los aportes de La Paraguaya, ya se conectaba con el arroyo Aji (Colautti, 2018).

Geomorfológicamente, comprende las **planicies** ubicadas al sudeste de la serranía de El Morro-Yulto (San Luis) y al sur de la sierra de Comechingones (Córdoba). Estas llanuras poseen una morfología suave y ondulada, producto de numerosos abanicos aluviales originados en las sierras (Santoni, 2012, p. 14). Predominan los procesos eólicos en el modelado de geofomas, con una acción fluvial subordinada. La mayoría de estos depósitos se asignan al Holoceno (Costa *et al.*, 2005, pp. 51 y 71). El área serrana favorece la formación de lluvias orográficas, de rápido escurrimiento debido a las fuertes pendientes, lo que influye positivamente en la recarga de las cuencas adyacentes. Pero, ya en la planicie, el paisaje presenta una leve pendiente regional hacia el sur, que se caracterizaba (tiempo pretérito adrede) por la ausencia de una red de escurrimiento superficial.

Geológicamente, en profundidad se encuentra un basamento rocoso impermeable, cubierto por un estrato de baja permeabilidad que alberga una red de paleocauces¹⁴⁹. Sobre estos se encuentran rocas permeables constituidas por sedimentos transportados por el viento y el agua, en donde gran parte de la lluvia se infiltra y se almacena como agua subterránea. Los materiales más superficiales, predominantemente de origen eólico, fueron depositados hace 9000 años (Santoni, 2012, p. 34). Estos sedimentos forman parte del espeso manto que cubre la llanura Chaco-Pampeana y que se conoce como **loess** pampeano. Son de color amarillo a castaño, de textura predominantemente arenolimsa a limosa, están desprovistos de estratificación, y contienen precipitados de carbonato de calcio de variadas morfologías. Como los depósitos en gran parte han sido re-transportados por agentes fluviales reciben el nombre de loessoides o limos loessoides (Rico, 2017, p. 89). El área presenta estructuras de fracturación paleozoicas asociadas a las Sierras Pampeanas y, desde entonces, muchas de ellas habrían experimentado numerosas reactivaciones (Costa *et al.*, 2005b, p. 67).

Los **suelos** son arenosos, poco desarrollados, frágiles y propensos tanto a la erosión eólica como hídrica (Sosic, 1964b, p. 13; Costa *et al.*, 2005, p. 61). El clima es **semiárido**, con una fuerte amplitud térmica -diaria y estacional- y una gran variabilidad en las precipitaciones, predominantemente estivales. Hay un marcado descenso de lluvias de este a oeste de la provincia, particularmente en el noroeste. Si bien alternan los ciclos secos y húmedos, las precipitaciones muestran una tendencia creciente (Collado, 2017, p. 4)

Aparte del **río Quinto**, en la parte austral de la cuenca, los cortos arroyos que descendían de la Sierra de El Morro eran poco significativos antes del inicio de los procesos de *sapping* (Sosic, 1964b, p. 41). La cuenca alta, con mayores pendientes, es el área que menos transformaciones superficiales presenta. En la cuenca media, la pendiente es menor y, además, es donde se ubica una falla geológica. Es el tramo en el que se producen los colapsos y la erosión subsuperficial. Por último, en la parte baja de la cuenca, la pendiente es menor, presenta erosión superficial y sedimentación (Consejo Provincial, 2015, p. 5). En este último tramo, el agua subterránea se

¹⁴⁹ Cauces abandonados, verdaderos “ríos fósiles”, testimonios de la antigua presencia de cursos de agua.

encuentra a menos de cinco metros de profundidad) pero su uso está limitado por la salinidad que presenta (Sáenz *et al.*, 2016, p. 3).

El área corresponde a la provincia fitogeográfica del **Espinal**, según Cabrera (1971, pp. 20-21), hoy alterada por la actividad antrópica. Históricamente, ha presentado vegetación leñosa, constituida por bosques abiertos con una cobertura importante de pastos. Las especies arbóreas principales son los algarrobos negro (*Prosopis nigra*) y blanco (*Prosopis alba*), acompañados por el tala (*Celtis spinosa*) y el caldén (*Prosopis caldenia*). Un estrato más bajo de arbustos está compuesto por piquillín (*Condalia microphylla*), sombra de toro (*Jodina r. hombifolia*) y jarilla (*Larrea divaricata*), entre las especies más abundantes. Los pastos robustos y plantas herbáceas forman el estrato más bajo.

Señal antropocénica: la agriculturización como factor novedoso

Los principales investigadores del área consideran que la formación de estos nuevos cursos fluviales “puede ser explicado por una serie de factores concurrentes que incluyen condiciones predisponentes (estas explican por qué el proceso ocurre en esta región) y factores desencadenantes (estos explican por qué ocurren en la actualidad)” (Consejo Provincial, 2015, p. 7). Los primeros incluyen la configuración geológica y geomorfológica, el clima y la vegetación. Los segundos tienen que ver con tres factores básicos, no excluyentes entre sí, que coinciden con el período en el que se duplicaron los cauces (1977-1985): incremento en las precipitaciones, actividad sísmica y el reemplazo de vegetación leñosa por herbácea.

La cercanía de relieves serranos favorece el escurrimiento rápido de las aguas y la presencia de sedimentos permeables favorece la recarga subterránea, pero el aumento de las lluvias por sí solo no explica la acumulación de excesos hídricos en el sistema de aguas subterráneas. Para Viglizzo *et al.* (1997, citado en Santoni, 2012, p. 54), el **incremento en las precipitaciones** habría actuado de dos maneras, directamente –favoreciendo mayores tasas de recarga en terrenos cultivables y procesos de escorrentía más violentos- e indirectamente –propiciando el avance de la agricultura pampeana-.

Los **sismos**, dependiendo de la magnitud, también pueden tener un fuerte impacto sobre la estabilidad de los sedimentos y su posible ruptura. No se observan líneas de falla bajo los nuevos ríos, pero sí en las cercanías, lo cual podría llegar a relacionarse con el colapso del suelo (Costa *et al.*, 2005, p. 67). La actividad sísmica, a través del mecanismo de licuefacción¹⁵⁰, podría actuar como disparador o “gatillo” en los procesos de *piping/sapping* y la circulación de agua subterránea. En suelos poco cohesivos, arenosos y saturados, el paso de un estado sólido a líquido es el resultado del aumento de la presión de los poros (Santoni, 2012, pp. 33-34). Si el terreno se licúa podría favorecer una posterior circulación de agua por túneles. Los temblores asociados con el gran terremoto de Caucete (San Juan, 1977), bajo la nueva situación de humedad de los

¹⁵⁰ Leer sobre este proceso en Capítulo 5. *Terremotos: similares magnitudes, diferentes consecuencias... ¿Por qué?*

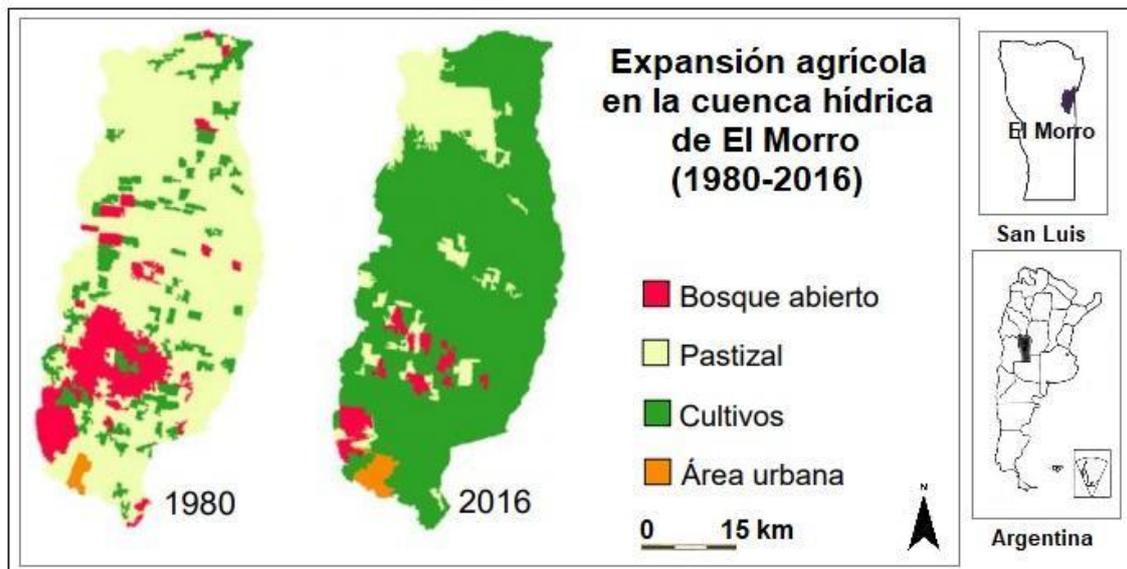
suelos, pueden haber “gatillado” corte de cauces por licuefacción -aunque el proceso de erosión subsuperficial podría ser anterior- (Santoni, 2012, p. 33).

Si el incremento de las precipitaciones o los sismos por sí solos fueran los únicos causantes de los cambios observados en el paisaje, deberían haberse verificado episodios similares en el pasado geológico, situación que no se registró en los últimos 9000 años. Por lo tanto, Santoni (2012, pp. 35 y 53) considera que la deforestación asociada al cambio en el uso del suelo es el único agente causal novedoso en la historia de la cuenca.

La expansión de la frontera agropecuaria¹⁵¹ ha sido estimulada por la tendencia creciente de las precipitaciones, los inviernos menos rigurosos y las condiciones socioeconómicas y de mercado. A ello se suma la aparición de inversores foráneos que desconocen el comportamiento climático fluctuante en la región (Collado, 2017, p. 6), situación que promueve el uso inadecuado del suelo.

En el caso de San Luis, las estadísticas son muy gráficas, si bien hay una mínima discrepancia en los valores indicados. Collado (2017, p. 7) señala que en la cuenca de El Morro, entre 1980 y 2016, la agricultura creció de 18% a 78% mientras que los campos con explotación ganadera disminuyeron de 82% a 2%, tal como puede verse en el análisis espacio-temporal a partir de imágenes satelitales (figura 4). Por su parte, Sáenz *et al.* (2016, p. 4) afirman que, al momento de su trabajo, el 77 % de la superficie era agrícola, el 21 % es no agrícola compuesto por zonas de bosque, salinizadas o afectadas por los cursos de agua y 2 % de pasturas en base a alfalfa que se encuentran principalmente en la parte baja de la cuenca. Por último, la investigadora Bogino (citada por Colautti y Simo, 2016) indicaba que en la década de 1960 quedaba el 50% del bosque nativo original y, en 2016, apenas subsistía el 10%, aunque se ha iniciado un plan de reforestación masiva.

Figura 4. Avance de la frontera agropecuaria en la cuenca El Morro



Fuente: modificado de Collado (2017, p. 7) por María Cristina Zilio.

¹⁵¹ Ver Capítulo 14. *Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos.*

La implantación del modelo agroindustrial privilegia la rentabilidad a corto plazo, desconociendo la heterogeneidad, vulnerabilidad y sustentabilidad de los ecosistemas. Este modelo de producción se caracteriza por el reemplazo de la rotación de cultivos por la práctica de un cultivo anual recurrente –con predominio de soja-, adopción masiva de la siembra directa asociada al control de malezas con glifosato, un aumento en la escala de la maquinaria y la presencia del régimen de contrato anual.

La desaparición de los bosques nativos y pastizales naturales¹⁵² así como el reemplazo de la ganadería -que requería de pasturas todo el año- por cultivos -por lo general, sólo de verano-, alteraron las condiciones naturales. Se modifica el balance hidrológico y, también, el flujo de sales de los ecosistemas, pudiendo generar cambios geomorfológicos y ecológicos (Jobbágy *et al.*, 2008, p. 307). Por ejemplo, las plantas dan cuenta del ascenso de la napa freática: se mueren los árboles que no soportan el anegamiento pero prosperan otras especies, como las cortaderas -*Cortaderia selloana*- (UNSL, 2016, 8m2s). La menor cobertura vegetal permanente determina que las tierras sean más erosionables y el uso de maquinarias agrícolas favorece la compactación de suelos (Colautti y Simo, 2016).

A modo de cierre

Si bien el proceso de *sapping* no es nuevo en sí mismo, en este caso el detonante tiene que ver con cambios en el uso del suelo, en particular, la agriculturización al servicio de la agroindustria. Es imprescindible encarar la problemática de manera integral con prácticas que garanticen el equilibrio de estos ecosistemas. Es necesaria la participación de los diferentes actores sociales para lograr la permanencia de áreas suficientemente grandes que puedan sostener la biodiversidad existente, garantizar la estabilidad del balance hídrico y minimizar el riesgo de *sapping*.

¿Sabías que los árboles actúan como “bombas de agua”?

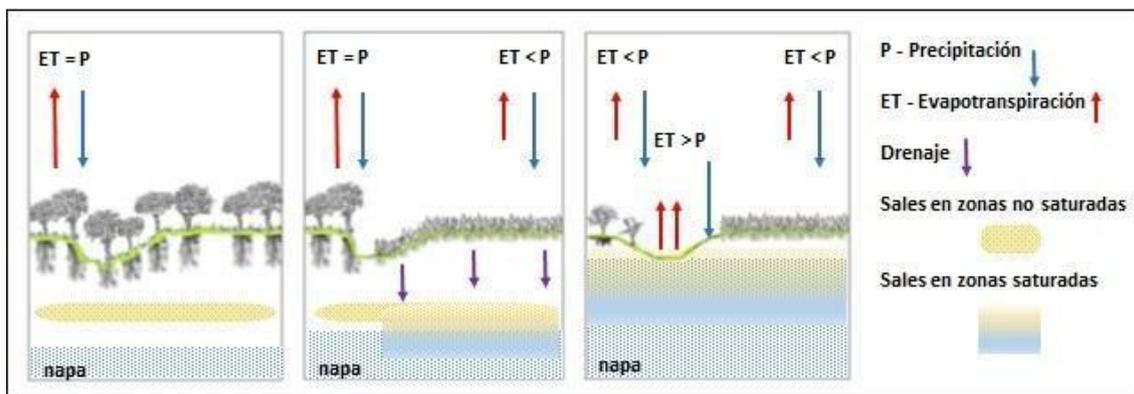
Los árboles actúan como verdaderas bombas extractoras de agua, explica Ernesto Viglizzo (UNSL, 2016, 12m19s). A diferencia de los cultivos de secano, la vegetación leñosa posee mayor capacidad transpirativa. Toma el agua por sus raíces y la elimina a la atmósfera, por evapotranspiración. Al reemplazar los árboles -de raíces profundas- por cultivos -de raíces cortas y temporales-, disminuye la evapotranspiración y aumenta el drenaje profundo¹⁵³ (figura 5) movilizand

¹⁵² Tanto el reemplazo de vegetación leñosa (bosques y plantaciones forestales) por herbácea (pastizales y cultivos herbáceos), como a la inversa (implantación de bosques en pastizales) modifican las condiciones hídricas.

¹⁵³ Volumen de agua que, al no ser tomado por las raíces ni por los cursos superficiales, continúa su camino hacia abajo y alimenta la napa freática (parte del suelo donde todos los poros están ocupados por agua).

sales acumuladas durante milenios. El mayor volumen de agua no consumido produce un ascenso progresivo de las aguas subterráneas que, a su vez, genera un proceso de salinización y deterioro de los suelos¹⁵⁴. Los excesos hídricos se evacúan por evaporación directa de suelo y charcos (Jobbágy *et al.*, 2008, p. 310). Se pueden observar manchas de sal en superficie y el crecimiento de plantas halófilas. Este exceso es un limitante de primer orden ya que dificulta la absorción de agua por parte de la planta y, obviamente, es causante de pérdidas de cosechas.

Figura 5. Balance hidrológico y salinización



Fuente: modificado de Jobbágy *et al.* (2008, p. 310) por María Cristina Zilio.

También en otras regiones del mundo (como en las planicies semiáridas del Sahel, en las llanuras del oeste y sudeste de Australia y en el suroeste de las grandes llanuras norteamericanas), la sustitución masiva de bosques secos por cultivos de secano es la causa principal de los ascensos freáticos (Jobbágy *et al.*, 2008, p. 309). Pero Santoni ha observado que, a diferencia de lo que sucede en otras regiones, en el caso de la cuenca de El Morro, la leve pendiente regional no favorece los anegamientos e inundaciones con aguas salinas y, por el contrario, propicia la evacuación horizontal de los excedentes hídricos, con la formación de cauces y arrastre gradual de sales (2012, p. 54).

Preguntas para reflexionar

- Si la agriculturización al servicio de la agroindustria¹⁵⁵, propia de la racionalidad capitalista, es la mayor responsable de los procesos de erosión hídrica ¿podrán considerarse de manera equilibrada los intereses de los distintos actores sociales? ¿Cuáles son los actores más vulnerables dentro de este contexto?

¹⁵⁴ Cerca de Villa Mercedes (San Luis) se observaron ascensos freáticos de unos 10 metros en los últimos 30 años y, en algunos casos, afloramientos superficiales de aguas subterráneas con alta salinidad (Jobbágy *et al.*, 2008, p. 312).

¹⁵⁵ Debemos tener en cuenta que, si bien el término agroindustria es habitualmente utilizado para este tipo de prácticas agrícolas, Gudynas (2015), enfatiza en que el extractivismo no es una industria ni un "modo de producción", sino un "modo de apropiación" (p. 19).

- El diseño de planes de reforestación con especies nativas puede mejorar el equilibrio de estos ecosistemas. ¿Qué otras estrategias de adaptación y de mitigación pueden llegar a controlar el balance hídrico y minimizar el riesgo de *sapping*?
- Teniendo en cuenta que las aguas del río Nuevo ahora drenan en el río Quinto ¿Cuál será el comportamiento futuro de este curso arreoico?
- ¿Es el *sapping* en Córdoba y San Luis una manifestación visible del Antropoceno (o del Antropocapitaloceno)?

Referencias

- Bernardes, A. (1981). Córdoba y San Luis. En E. Chiozza, y R. Figueira. *Atlas total de la República Argentina*, 1, 1-192. Buenos Aires: CEAL S. A.,
- Cabrera, A. (noviembre, 1971). *Fitogeografía de la República Argentina*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, XIV(1-2), pp. 1-50.
- Colautti, F. y Simo, J. (17 de diciembre de 2016). Un nuevo río, que no será el último de Córdoba. *La Voz*. Recuperado de <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/un-nuevo-rio-que-no-sera-el-ultimo-de-cordoba/>
- Colautti, F. (10 de abril de 2018). Siguen naciendo nuevos ríos en el sudoeste de Córdoba. *La Voz*. Recuperado de <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/siguen-naciendo-nuevos-rios-en-el-sudoeste-de-cordoba/>
- Collado, A. (26-29 de abril de 2017). Cambio Climático, Transformaciones y Conflictos Territoriales en la Cuenca Hídrica de “El Morro”, Provincia De San Luis, Argentina. XVI EGAL, La Paz, Bolivia, 1-16 Recuperado de <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Procesosambientales/Climatologia/12.pdf>
- Consejo Provincial de Ciencia, Técnica, Desarrollo e Innovación (2015). *Nuevos Cursos de agua en la cuenca de El Morro. Descripción del fenómeno y pautas para su gestión*. Gobierno de la Provincia de San Luis, CONICET, Universidad Nacional de San Luis, INTA y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 1-24. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_informe_nuevos_cursos_de_agua_.pdf
- Costa, C., Ortiz Suarez, A., Miro, R., Chiesa, J., Gardini, C., Carugno Durán, A., Ojeda, G., Guersstein, P., Tognelli, G., Morla, P., Strasser, E., Aymar, C. y Martos, D. (2005). Hoja Geológica 3366-IV, Villa Mercedes, Provincias de Córdoba y San Luis. *Instituto de Geología y Recursos Minerales*, 348, 1-98. Buenos Aires: SEGEMAR. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280043420_Hoja_Geologica_3366-IV_Villa_Mercedes_Provincias_de_San_Luis_y_Cordoba

- García-Ruiz, J. M. (2011). Una revisión de los procesos de sufosión o *piping* en España. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. Universidad de La Rioja, 37(1), 7-24. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1243-1175-1-PB.pdf>
- Gómez Gutiérrez, Á., Schnabel, S. y Lavado Contador, F. (2011). Procesos, factores y consecuencias de la erosión por cárcavas; trabajos desarrollados en la península ibérica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. Área de Geografía Física, 55, 1-22. Universidad de Extremadura, España. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3606511>
- Gudynas, E. (2015). *Extractivismos. Ecología, economía y política de un modo de entender el desarrollo y la Naturaleza*. Cochabamba: CEDIB, Centro de Documentación e Información, Bolivia. pp. 1-453. Recuperado de: <http://gudynas.com/wp-content/uploads/GudynasExtractivismosEcologiaPoliticaBo15Anuncio.pdf>
- Gutiérrez Elorza, M. y Rodríguez Vidal, J. (1984). Fenómenos de sufosión (*piping*) en la depresión media del Ebro. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. Universidad de la Rioja, 10, 75-83. Recuperado de <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/cig/article/view/926/821>
- Holmes, A. (1971). *Geología Física*. Barcelona: Omega, 6° edición.
- IGN (s.f.). Mapa bicontinental de la República Argentina. Recuperado de <https://www.ign.gob.ar/AreaServicios/Descargas/MapasEscolares>
- Jobbágy, E.G., Nosetto, M.D., Santoni, C.S. y Baldi, G. 2008. El desafío ec hidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecol. Austral*, 18(3): 305–322. Recuperado de http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1377/743
- Kemelmajer, C. (2017). “Río Nuevo”: un documental sobre la extraña formación de cursos de agua en San Luis. *CONICET*. Informe Especial. 1-8. Recuperado de https://www.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/01_Informe_Especial_2017.pdf
- Martínez, O. y Zilio, M. (2013). Geomorfología. Apuntes de cátedra. Inédito
- Rico, Y. (2017). Región Pampeana Continental Loess y loessoides. En E. Fucks - M. F. Pisano. *Cuaternario y geomorfología de Argentina. Distribución y características de los principales depósitos y rasgos geomorfológicos*. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. EDULP, 1-276. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66040>
- Rubiano, M. P. (3 de abril de 2018). El río argentino que nació por culpa de la deforestación y el cambio climático. *Argentina Ambiental*. Recuperado de <https://argentinambiental.com/notas/ecopress/rio-argentino-nacio-culpa-la-deforestacion-cambio-climatico/>
- Sáenz, C., Rusoci, N. y Colazo, J. C. (diciembre, 2016), Balance hídrico de diferentes escenarios en la cuenca El Morro. INTA.EEA San Luis. Información Técnica 192. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/balance_hidrico_publicacion.pdf
- Santoni, C. S. (2012). *Circulación vertical del agua y su relación con la vegetación en zonas áridas y semiáridas* (Tesis Doctoral). FAUBA. Facultad de Agronomía. UBA, 1-112. Recuperado de <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/doctorado/2012santoniceinasofia.pdf>

- Sosic, M. (1964a). Hoja 24 h, Sierra del Morro. San Luis - Córdoba. Escala 1:200.000. *Carta Geológico-Económica de la República Argentina*. Buenos Aires, Dirección Nacional de Geología y Minería. Recuperado de <https://repositorio.segemar.gov.ar/bitstream/handle/308849217/547/24h-SIERRA%20DEL%20MORRO.jpg?sequence=8&isAllowed=y>
- Sosic, M. (1964b). Descripción Geológica de la Hoja 24 h, Sierra del Morro. San Luis - Córdoba. Escala 1:200.000. *Carta Geológico-Económica de la República Argentina*. Boletín 95, 1-53. Buenos Aires, Dirección Nacional de Geología y Minería. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Sierra%20del%20Morro.pdf>
- UNSL (2016). *Río Nuevo* [Documental científico]. Universidad de San Luis. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=JEJBD2nrhQ4&t=1385s&ab_channel=UNSLTV