



Algunas notas sobre la erosión de suelos en la provincia de Córdoba

por Carlos Castillo, José Mora, Encarnación Taguas y José Alfonso Gómez

Diagnóstico de partida

Las tierras más aptas para la agricultura de la provincia se encuentran entre dos sierras: Sierra Morena al norte y las Sierras Subbéticas al sur. Se trata de zonas de valle, adyacentes al río Guadalquivir y dominadas por el regadío, y de campiña, caracterizada por un paisaje alomado en la que se extienden cultivos de secano. Es frecuente dividir estos espacios en la Campiña Baja, de suaves ondulaciones, ocupada predominantemente por cultivos cerealistas, y la Campiña Alta, de terreno algo más accidentado con predominio

del olivar y el viñedo. Si contemplamos la situación a menor escala para tener una perspectiva más amplia, las zonas de campiña en Andalucía se encuentran resaltadas con vivos colores en el Mapa Europeo de Suelos: esos colores señalan que son suelos con muy baja materia orgánica (<1%), con elevadas pérdidas de suelo y alto índice de sensibilidad a la desertificación ¹. Estos datos evidencian que nuestras campiñas son sistemas frágiles por su mediterraneidad climática, caracterizada por la irregularidad en las precipitaciones y una cobertura vegetal

reducida. Además, contamos con una singularidad edáfica: la presencia de los bujeos, técnicamente llamados vertisoles, suelos con más de un 30% de arcillas expansivas. Son suelos escasos en Europa (sólo ocupan el 0.5 %) y en España, donde están casi exclusivamente vinculados a la Depresión del Guadalquivir. Son suelos de extraordinaria fertilidad, aunque por su carácter arcilloso y su tendencia a expandirse cuando se humedecen y a contraerse y a formar grietas cuando se secan, son especialmente susceptibles a la erosión. Esto los hace muy poco permeables en inviernos lluviosos, generándose mucha escorrentía, y al combinarse con la presencia de un sustrato blando (margas), el avance de las cárcavas en profundidad y anchura se ve favorecido.

A pesar de que entendemos su relieve como suave, en contraste con La Sierra, la Campiña es la comarca de la provincia de Córdoba más afectada por la erosión, como consecuencia de la práctica de la agricultura en la que la superficie del suelo queda desnuda varios meses en la estación más lluviosa. Para estimar la pérdida de suelo se han utilizado modelos como la ecuación universal de pérdida de suelo que permite estimar la magnitud de la erosión en lámina y por regueros en base a factores climáticos, topográficos y de manejo. En este entorno los valores obtenidos son del orden de 50 a 100 toneladas por hectárea y año para el manejo convencional (combinación de laboreo y aplicación de herbicidas), que si lo traducimos a espesor de suelo,



Red de cárcavas drenando en el arroyo Galapagares en el T.M. de Córdoba.



Olivo seccionado por una cárcava en una finca del T.M. de Aguilar de la Frontera (Córdoba).

podrían corresponder a 3,5 y 7 mm de suelo perdidos cada año². Si comparamos estos valores con las tasas estimadas de formación de suelo, a partir del material parental, que pueden situarse en el orden de 0,1 mm anual, tomamos conciencia de esta erosión está lejos de ser sostenible. Otra forma de estimar estas pérdidas en parcelas de olivar consiste en cuantificar la altura de las peanas del tronco del árbol expuestas por la erosión. Si se conoce el año de plantación, se sabe que el suelo no se ha removido para arropar el árbol y se mide la altura de la peana (la parte superior de la misma corresponde a la altura original del suelo cuando se plantó), podemos cuantificar la erosión por salpicadura y por flujo superficial de manera local. Para olivares en pendiente con manejo convencional de la provincia de Córdoba se obtuvieron unas pérdidas medias próximas a 100 t/ha y año³. Consideremos un ejemplo

que puede ser representativo de la Campiña Baja, en este caso referente a otro mecanismo de pérdida de suelo, la erosión por flujo concentrado que genera cárcavas principalmente en las zonas de vaguada. Un estudio realizado en varias explotaciones de cultivos herbáceos en la cuenca del Arroyo Galapagares en los años 2010 a 2012, coincidentes en parte con dos años de cuantiosas lluvias, determinó que sólo como consecuencia del aumento de tamaño de las cárcavas se perdió una cantidad equivalente de suelo de 6 cm en el conjunto de la superficie de la cuenca⁴. Por lo tanto, se perdió en tres años lo que naturaleza requiere de siglos para su formación. Otra consecuencia de la erosión en las explotaciones es la fragmentación de fincas producida por las cárcavas, que impiden el paso de la maquinaria, dificultando y encareciendo las operaciones de manejo. Esto impulsa a

muchos agricultores a tapar las cárcavas utilizando el suelo aledaño a las vaguadas, con objeto de permitir el cruce de la maquinaria, en una dinámica de tapado y erosión que parece no tener fin. En las siguientes lluvias de importancia, el suelo suelto es transportado con facilidad, por lo que si el tapado continúa, es a costa de ir adelgazando los horizontes más fértiles del suelo que son sacrificados en la nivelación recurrente. Los resultados de nuestro trabajo en la Campiña de Córdoba sugieren que existe una lógica detrás del tapado, ya que cuanto mayor es una cárcava, mayor erosión provoca y más difícil es controlarla. Por lo tanto, tapar implica mantenerlas en tamaños abarcables por el equipo agrícola, consiguiendo que los procesos erosivos no se disparen.

¿Un problema nuevo?

La erosión es un proceso natural, que tiene lugar sobre la superficie terrestre al actuar los agentes naturales (fundamentalmente, agua y viento). En las manos del ser humano está alterar los ritmos en que este proceso se da, acelerándolos o retardándolos. El desarrollo tecnológico (en especial, la introducción en las últimas décadas de la mecanización, la mejora vegetal, fertilizantes y herbicidas) condujo a la aplicación de manejos intensivos que han posibilitado un aumento de las productividades hasta cotas nunca imaginadas, aunque al mismo tiempo han generado problemas ambientales que es necesario afrontar. A escala de paisaje los cambios producidos por la intensificación son fácilmente observables. Las fértiles tierras de campiña se han convertido en

muchos casos en espacios monótonos en los que apenas quedan trazos de la vegetación protectora presente anteriormente en lindes, vaguadas y setos. Un dato ilustrativo de esta realidad es el del Inventario de elementos del paisaje en la Campiña de Córdoba, que recoge que en una superficie de 82.000ha existen 770 árboles aislados, una media de 0.0094 árboles aislados por ha⁵. La recuperación de la vegetación en estos intersticios del paisaje, espacios improductivos para la agricultura, produciría un impacto muy reducido en el actual manejo de las explotaciones, aunque sus beneficios en la protección de las redes de drenaje, la diversidad biológica y del paisaje serían en cambio, muy importantes. Es frecuente caer en la tentación de achacar los problemas actuales a decisiones recientes, si bien en ocasiones es necesario realizar un ejercicio de memoria con objeto de poner a prueba esas asunciones. Por ejemplo, ortofotografías de finales de la década de los 70 de la cuenca del arroyo Galapagares demuestran que por entonces redes de cárcavas completas ya eran tapadas por la maquinaria. Estudios históricos también han comprobado que la erosión ya era intensa en olivares a principios del siglo veinte, si bien ponen de manifiesto que en las últimas tres décadas la intensificación de la agricultura ha conducido a tasas de erosión máximas. En el sector existe preocupación por los procesos que se han vivido en estos últimos años tras la ocurrencia de cuantiosas lluvias y se atribuyen a una circunstancia extraordinaria (aunque fueron de cuantía similar a las de mediados de los noventa

o finales de los sesenta del siglo veinte). Como decíamos, esta percepción puede responder parcialmente a una cierta desmemoria histórica, aunque también se combina con que la simplificación continuada del paisaje ha llevado a un umbral a partir del cual ciertos procesos erosivos se ven acentuados.

Aguas abajo

¿Hacia dónde se dirige todo ese suelo que se pierde aguas arriba? El suelo es transportado a lo largo de la red de drenaje, produciendo depósitos de las partículas más gruesas en aquellas zonas de menor pendiente, mientras que los más finos siguen su trayecto aguas abajo. Por lo tanto, los sedimentos se van redistribuyendo dentro de las mismas cuencas y sólo una parte de ellos alcanzan los ríos. Donde más visible es el fenómeno

de la erosión es en los embalses. Dos de los embalses del sur de la provincia de Córdoba construidos en la década de los 50, el Cordobilla y el Malpasillo, han visto reducida su capacidad en torno al 90 %. Paradójicamente, si bien han perdido gran parte de su funcionalidad originalidad, son entornos que han adquirido relevancia ambiental, como demuestra su inclusión en el Inventario de humedades de Andalucía. La pérdida de capacidad anual de los embalses por deposición de sedimentos suele oscilar entre el 0.5 % -p.ej. pantano de Iznájar en Córdoba- y el 5% -Doña Aldonza y Pedro Marín en Jaén, que en tan solo 20 años se han visto casi completamente colmatados⁶. Otra parte de los sedimentos se deposita en los márgenes de los principales ríos de la región, reduciendo las secciones efectivas y aumentando la extensión de las llanuras



Puente Romano. Febrero 2010.

de inundación. Esta es una de las razones que ayudan a explicar los daños producidos en propiedades aledañas a los ríos en las últimas inundaciones. Estas zonas de deposición favorecen la extensión de vegetación riparia que aumenta el efecto de la reducción en sección efectiva del cauce para transportar el agua.

¿Soluciones?

Hemos de mirar aguas arriba, allí donde el problema radica, si queremos abordar esta problemática. Existen alternativas al manejo convencional que pueden contribuir a reducir las tasas de erosión a niveles más sostenibles. En cultivos leñosos, como el olivar en pendiente, las cubiertas vegetales pueden ofrecer una protección eficaz frente a las pérdidas de suelo ^{7,8}. En cultivos herbáceos, la aplicación de técnicas de conservación como la siembra directa o el mínimo laboreo han demostrado ser eficaces en la minimización de la degradación física y química del suelo ⁹. En las zonas de vaguada, el mantenimiento de la vegetación asociada a los cauces naturales, puede ayudar a controlar la erosión por cárcavas, actuando como filtro reteniendo sedimentos, así como reteniendo mecánicamente las paredes de los cauces. En situaciones de gran degradación, es necesario previamente crear unas condiciones propicias para la vegetación mediante la creación de tramos de escalones con regímenes lentos mediante diques de retención. La mayor parte de estas medidas de conservación son conocidas desde antiguo, otras en cambio se han propuesto

en las últimas décadas. ¿Por qué no se encuentran generalizadas estas medidas de conservación? Para responder a estas cuestiones hemos de considerar varios aspectos que nos ayudan a comprender la complejidad del problema. En primer lugar, el conocimiento de la magnitud de la pérdida de suelo en los mejores casos es conocido únicamente desde hace unas décadas; en otros casos, como ocurría con la erosión por cárcavas en la campiña, sólo estamos comenzando a conocerlo en detalle actualmente. Así, por ejemplo, el Inventario Nacional de erosión de suelos, no reconoce el fenómeno de la erosión por cárcavas en ninguna de las zonas agrícolas del sur de Córdoba. Además, para disponer de información significativa, los estudios deben abarcar un amplio período de tiempo, lo que dificulta la obtención de conclusiones definitivas. Esta sería lo que podríamos llamar la limitación científica. Otro aspecto a resaltar es la “invisibilidad” de la pérdida de suelo para los agricultores. ¿Si una finca ha perdido en las últimas décadas 30 o 40 cm del horizonte superficial no debería notarse en la producción? Lo cierto es que las mejoras tecnológicas han ocultado las consecuencias negativas de los procesos erosivos, de forma que las producciones no han dejado de aumentar sostenidamente durante el último medio siglo o más. Además, los años lluviosos, aunque producen más erosión, suelen estar asociados con buenas cosechas en cultivos de secano como el olivar. El aumento en los precios de los insumos arroja serias dudas sobre la viabilidad de la estrategia



exclusivamente tecnológica, como se está poniendo de manifiesto en el hecho de que existen agricultores que comienzan a aplicar medidas de conservación (p.ej. reducción del laboreo) para ahorrar costes de producción. También, la acentuación de la erosión por cárcavas (un fenómeno más visible que la erosión laminar) ha contribuido a poner la erosión en el centro de las preocupaciones del sector. Desgraciadamente, tampoco podemos afirmar que la cuestión técnica esté completamente resuelta. Así, se sigue trabajando en determinar qué cubiertas vegetales son las más adecuadas tanto para la protección del suelo como para minimizar la competencia con el cultivo principal y las medidas de conservación en cultivos herbáceos que minimizan las operaciones mecánicas requieren sin embargo de un uso, en ocasiones, importante de herbicidas para el control

de las malas hierbas. Asimismo, todavía se sigue investigando acerca de los criterios más adecuados para el diseño de actuaciones con diques y no está claro en qué medida la implantación de vegetación puede ser efectiva para el control de la erosión por cárcavas. Aun asumiendo que las dos limitaciones anteriores (la científica y la técnica) fueran superadas, debemos a enfrentarnos a la limitación económica. ¿Cuánto cuestan estas medidas? ¿Son rentables? En el contexto actual, los agricultores se ven sometidos a una fuerte presión competitiva en los mercados, que empujan hacia ingresos más reducidos, al mismo tiempo, que el coste de los insumos sigue aumentando en consonancia con los precios de la energía. En muchos casos, los propietarios pelean más que por la rentabilidad, por la subsistencia de sus explotaciones. Así, que la inversión

en activos a medio plazo (medidas de conservación) suele quedar relegada ante las urgencias del corto plazo.

Los costes de la erosión

Un aspecto que puede ayudar a romper este círculo vicioso en el que parece que estamos envueltos es el considerar, además de los costes que tiene la implantación de medidas de conservación, los beneficios que nos reportan. Los costes de la degradación de suelos en Europa por pérdida de materia orgánica han sido valorados en torno a los 5 billones de euros, un valor similar a los ocasionados por la erosión¹. Si repartimos esos 10 billones entre los 175 millones de ha de superficie agrícola utilizada en Europa, obtendríamos un coste medio de 57 €/ha. Este valor es similar al obtenido en Estados Unidos al considerar los costes directos en la finca¹⁰. Si además se consideran los efectos aguas abajo (colmatación de embalses e infraestructuras y contaminación), estimados en unos 30 €/ha adicionales, hacen un total más de 80 €/ha, que es sin duda un valor (estrictamente económico) a tener en cuenta.

¿Un nuevo orden de cosas?

Es necesario aplicar en muchas ocasiones altas dosis de trabajo, creatividad y valentía para poder superar las limitaciones de las que algunos de los enfoques propuestos adolecen. Asimismo, es conveniente enfrentarse a esta problemática con voluntad de aprendizaje, autocrítica y cooperación, ya que tanto los propietarios, técnicos e investigadores nos

necesitamos mutuamente. Este camino ya se ha comenzado, como prueba, por poner un solo ejemplo, la celebración de las Jornadas de Diversificación del Paisaje Rural de la Campiña de Córdoba de octubre de 2012 promovidas por el Ayuntamiento de Córdoba con una presencia nutrida de representantes del sector. De nuestra capacidad de colaboración en pos de un objetivo común depende que la tierra bajo nuestros pies siga ahí, ayudándonos a producir alimentos para personas, que en otras muchas cosas maravillosas, puedan seguir paseando por un río lleno de vida y, quién sabe, si con unas aguas algo menos turbias.



Bibliografía

- (1) European Environment Agency (2012) *The state of soil in Europe*. JRC Reference Reports.
- (2) Ministerio de Medio Ambiente (2006) *Inventario Nacional de Erosión de suelos, provincia de Córdoba*.
- (3) Vanwalleghem, T., Laguna, A., Giráldez, J.V. & Jiménez-Hornero, F.J. (2010) Applying a simple methodology to assess historical soil erosion in olive orchards. *Geomorphology*, **114**.
- (4) Castillo, C. (2012) *Metodología de medida de la erosión por cárcavas y modelado de su control mediante diques de retención*. Tesis doctoral, Universidad de Córdoba.
- (5) Mora, J., Muñoz, F.J., Lora, A. & Rojo, M. (2007) Bases para la promoción y diseño de un modelo de diversificación del paisaje rural de la campiña del término municipal de Córdoba. *Actas del I Congreso Europeo sobre Agricultura y Medio Ambiente*, Sevilla.
- (6) Cobo, R. (2008) Los sedimentos en los embalses españoles. *Ingeniería del Agua*, **15(4)**.
- (7) Gómez, J.A., Sobrinho, T.A., Giráldez, J.V. & Fereres, E. (2009) Soil management effects on runoff, erosion and soil properties in an olive grove of Southern Spain. *Soil and Tillage Research*, **102**: 5-13.
- (8) Taguas, E.V., Peña, A., Ayuso, J.L., Pérez, R., Yuan Y. & Giráldez, J.V. (2010) Rainfall variability and hydrological and erosive response of an olive tree micro-catchment under no-tillage with a spontaneous grass cover in Spain. *Earth Surface Processes and Landforms*, **35**: 750-760.
- (9) Asociación Española de Agricultura de Conservación (2012) <http://www.agriculturadeconservacion.org/quienes-somos.html>.
- (10) Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. & Blair, R. (1995) Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*, **267**.



Summary

The most fertile agricultural lands in Cordoba province are located throughout the Valley and Campiña. Despite their productivity, the Mediterranean climatic conditions impose several constraints (rainfall irregularity, reduced vegetation cover) that contribute to increasing soil loss. Moreover, the hydrological properties of vertic soils (the most frequent soil type in the Campiña, with high clay content and runoff production) along with a soft underlying parent material (marls) may favour the formation of concentrated flow erosion features such as rills and gullies. In many cases involving both annual crops and olive orchards in Cordoba, the degradation of the soil by water erosion has been proven to be well above sustainable rates. This is a consequence of intensive agriculture management, landscape simplification, and the absence of soil conservation practices. In addition, there are several off-site erosion effects such as reservoir siltation and sediment deposition in riparian areas that lead to the reduction of effective channel sections and hence flooding. The solution to these problems requires the participation of different stakeholders including farmers, researchers, policy-makers and technicians, as well as the consideration of economical issues. It is important that feasibility studies on conservation measures include the costs of unmanaged on-site and off-site erosion. According to soil institution reports, these may be within the same order of magnitude as conservation costs. Further coordinated efforts are needed to address this key environmental aspect, despite the fact that there have been

some recent advances within the sector.





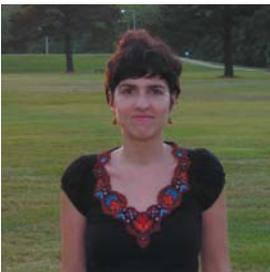
Carlos Castillo

Es Dr. ingeniero de Montes y trabaja como investigador contratado en el Instituto de Agricultura Sostenible-CSIC de Córdoba. Ha dedicado su tesis doctoral al estudio de la erosión por cárcavas en cultivos herbáceos de la Campiña de Córdoba.



José Mora

Licenciado en Gestión Ambiental y Máster en Protección, Gestión y Ordenación del Paisaje. Es coordinador técnico del Programa de Diversificación del Paisaje Rural de la Campiña de Córdoba promovido por el Ayuntamiento de Córdoba desde el año 2005.



Encarnación Taguas

Dra. Ingeniera de Montes y profesora de la E.T.S.I.A.M. de la Universidad de Córdoba, desarrolla su labor investigadora en hidrología y conservación de suelos en olivar.



José Alfonso Gómez

Dr. Ingeniero Agrónomo y Científico titular del Instituto de Agricultura Sostenible-CSIC, coordina el laboratorio de erosión de suelos de ese organismo. Es experto en medida, modelización y control de la erosión hídrica, y en la sostenibilidad de sistemas agrarios como el olivar.