

PROYECTO CARCAVA

*Influencia Climática y Agronómica en la Formación y Evolución de la Red de
Cárcavas en la Campiña Andaluza*

ProyExcel_00700 · Universidad de Córdoba · Junta de Andalucía

GUÍA DE RECOMENDACIONES PARA AGRICULTORES

Medidas de Conservación de Suelo según Nivel de Pérdida por Erosión Hídrica

Metodología RUSLE · Cartografía ML de Cárcavas · Cuenca del Guadalquivir · v2 2026

Consulta tu parcela en: carcava.es/app · Informe técnico: carcava.es/ecosistema-geoespacial



1. Introducción: La erosión hídrica en el olivar andaluz

El olivar andaluz es el cultivo leñoso con mayor riesgo de erosión hídrica del Mediterráneo occidental. Las pérdidas de suelo en parcelas sin cubierta vegetal bajo manejo convencional pueden superar los 10–35 t/ha·año, comprometiendo la sostenibilidad del cultivo a largo plazo. Esta guía, elaborada en el marco del Proyecto CARCAVA (ProyExcel_00700, Universidad de Córdoba), traduce los resultados científicos del proyecto en recomendaciones prácticas y accesibles para el agricultor.

La cuenca del Guadalquivir, con más de **1,7 millones de hectáreas de olivar**, concentra uno de los problemas de erosión por cárcavas más severos de Europa. Una investigación reciente del Proyecto CARCAVA, aplicando algoritmos de aprendizaje automático (Random Forest) sobre cartografía PNOA a 10 m de resolución, ha generado la primera cartografía automática completa de la red de cárcavas de la cuenca: **8.439 km de longitud total** cartografiados con un AUC = 0,91 y un F1-score = 0,83 (González-Garrido et al., 2026, Agronomy). Las cárcavas son responsables de hasta el **83% del sedimento total** generado en cuencas agrícolas mediterráneas, con tasas de erosión concentrada que en el sur de España pueden alcanzar entre 37 y 250 t/ha·año en los cauces más activos.

1.1. Densidad de cárcavas por unidad de paisaje

La investigación CARCAVA identificó diferencias significativas de densidad de cárcavas según el tipo de paisaje agrícola de la cuenca. Los paisajes de campiña —donde el olivar ocupa hasta el 73% de la superficie— presentan las densidades más elevadas:

Unidad de paisaje	Densidad cárcavas	% olivar aprox.	Riesgo relativo
Campiña alomadas	42,50 m/ha	~73%	MUY ALTO
Campiña piedemonte	40,10 m/ha	Predominante	MUY ALTO
Montaña media	31,43 m/ha	Significativo	ALTO
Valles, vegas y marismas	30,58 m/ha	Variable	MODERADO

Fuente: González-Garrido et al. (2026), Agronomy, doi: 10.3390/agronomy16060622. Red total cartografiada: 8.439,05 km sobre 2.175 km² analizados (87 celdas de 5×5 km). Validación de campo: 532 puntos de cárcava verificados in situ.

1.2. Factores predictores de la formación de cárcavas

El modelo de aprendizaje automático RF identificó como principales predictores de la presencia de cárcavas en los olivares del Guadalquivir (González-Garrido et al., 2026):

- Acumulación de flujo superficial: 17,3% de importancia en el modelo. Es el predictor individual más importante: las zonas donde converge la escorrentía son los puntos críticos de inicio y expansión de cárcavas.
- Índice GHI (Gully Head Initiation): ~30% de importancia conjunta de sus dos formulaciones. Este índice combina la energía erosiva de la escorrentía con la resistencia del suelo (contenido en arcilla). La formulación basada en la intensidad media de días lluviosos (RDN) supera a la basada en precipitación máxima diaria (Pmax).
- Índice de humedad topográfica (TWI): 9,4%. Las zonas de alta saturación del suelo coinciden con los puntos de máxima incisión.

- Cobertura vegetal (NDVI, EVI): correlación negativa significativa con presencia de cárcavas ($r = -0,19$ a $-0,25$). Esto confirma científicamente que mantener cubierta vegetal es la medida de gestión más eficaz y accesible para el agricultor.
- Umbrales de precipitación: los episodios con más de 13 mm/día y especialmente los de más de 20 mm/día son umbrales críticos de activación de la erosión por cárcavas en suelos arcillosos del olivar.

¿Cómo sé cuánto suelo pierde mi parcela y qué cárcavas tiene? El Proyecto CARCAVA proporciona para cada parcela del olivar andaluz: (1) estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica (RUSLE), (2) cartografía de la red de cárcavas presente, y (3) longitud total de cárcavas en la parcela. Disponible en carcava.es/app seleccionando provincia, municipio, polígono y parcela para 87 cuadrantes de 25 km² analizados a lo largo de Andalucía.

2. Escala de Niveles de Pérdida de Suelo (RUSLE)

La siguiente escala, adoptada por el JRC-RUSLE2015 y coherente con los estándares de la FAO y la literatura científica sobre olivar mediterráneo (Gómez Calero et al., 2003; Panagos et al., 2015), clasifica la erosión hídrica laminar y en regueros en seis niveles de gravedad creciente. A estos valores debe añadirse la erosión adicional por cárcavas, que el visor CARCAVA cuantifica de forma independiente.

Nivel	t/ha·año	Prioridad de medida	Plazo
Muy bajo	< 2	Mantenimiento preventivo	<i>Sin urgencia</i>
Bajo	2–5	Cubierta vegetal + monitoreo	<i>Corto plazo (1-2 años)</i>
Moderado	5–10	Cubierta + laboreo mínimo + diques puntuales	<i>Inmediata (campaña actual)</i>
Alto	10–20	Diques modulares + cubierta obligatoria	<i>Urgente (< 6 meses)</i>
Muy alto	20–50	Restauración integral + obra civil	<i>Muy urgente (< 3 meses)</i>
Crítico	> 50	Emergencia erosiva + técnico + administración	<i>Inmediata. Notificar administración</i>

En España, la tolerancia de pérdida de suelo (T) se sitúa entre 1 y 5 t/ha·año. Los suelos delgados sobre margas y arcillas de la campiña andaluza tienen tolerancias de $T \leq 2$ t/ha·año. Por encima de este umbral, la pérdida de suelo no puede compensarse con la formación natural. La presencia de cárcavas activas puede multiplicar las pérdidas reales por un factor de 3 a 10 respecto a los valores RUSLE.

3. Recomendaciones por Nivel de Pérdida de Suelo

Las medidas se ordenan de menor a mayor intensidad de intervención. En niveles superiores, las acciones de los rangos inferiores deben aplicarse también como base. Todas las medidas han sido validadas en parcelas de olivar de la campiña andaluza en el marco del Proyecto CARCAVA y de proyectos anteriores como OLEOMITIGA o INNOLIVAR.

Nota sobre cárcavas: Si el visor CARCAVA indica la presencia de cárcavas activas en su parcela, la actuación urgente sobre ellas es independiente del nivel RUSLE. Las cárcavas en campiña alomadas alcanzan densidades de 42,5 m/ha y pueden generar pérdidas de suelo muy superiores a los valores RUSLE.

NIVEL: MUY BAJO | Pérdida de suelo: < 2 t/ha·año

Diagnóstico de situación

La parcela presenta pérdida de suelo por debajo del umbral de tolerancia. La cubierta vegetal existente o la pendiente moderada mantienen la erosión laminar bajo control. No existen cárcavas activas de consideración. Corresponde fundamentalmente a parcelas en Valles, vegas y marismas o con gestión conservacionista consolidada.

Impacto sobre el olivar

Sin impacto significativo sobre la fertilidad ni la productividad a corto y medio plazo. El perfil de suelo se conserva. La situación es sostenible si se mantienen las prácticas actuales.

⚡ Medidas inmediatas / agronómicas

- Mantener cubierta vegetal espontánea o sembrada en las calles del olivar durante otoño e invierno.
- Evitar labores de preparación del suelo en pendientes >5% antes de los períodos de lluvia intensa (octubre–diciembre).
- Conservar márgenes y bordes de parcela con vegetación natural como franja amortiguadora.
- Incorporar restos de poda triturados al suelo para proteger la superficie.
- Seguimiento anual del estado superficial del suelo: indicios de suel4a de labor, regueros incipientes o cambios de coloración.

🔧 Medidas estructurales / de ingeniería

- No se requieren obras estructurales en este nivel.
- Mantener en buen estado caminos de escorrentía y salidas de agua para evitar concentración de flujo.
- Consultar el visor carcava.es/app periódicamente para detectar cambios entre campañas.

Urgencia de actuación: Sin urgencia. Mantenimiento preventivo anual suficiente.

NIVEL: BAJO | Pérdida de suelo: 2 – 5 t/ha·año

Diagnóstico de situación

La pérdida de suelo supera el umbral de tolerancia para suelos delgados. Se observan signos de erosión laminar difusa: suelo decolorado en la parte alta de la pendiente, acumulación de sedimentos finos en la parte baja, posibles regueros incipientes tras lluvias de más de 13 mm. Frecuente en parcelas de montaña media o Valles, vegas y marismas con manejo convencional.

Impacto sobre el olivar

A largo plazo puede producirse pérdida de 5–10 cm de horizonte superficial con reducción de materia orgánica. La investigación CARCAVA confirma que las zonas de montaña media muestran densidades de cárcavas de 31,4 m/ha incluso en parcelas con aparente buen estado superficial. Riesgo moderado de evolución a cárcavas si se mantiene el manejo convencional.

⚡ Medidas inmediatas / agronómicas

- Implantar cubierta vegetal sembrada en calles alternas: mezcla veza + avena + colza (siembra octubre–noviembre).
- Suprimir o reducir labores de vertedera. Sustituir por desbrozadora o rodillo.
- Aplicar restos de poda triturados como mulch entre los pies de los olivos.
- Implantar cubierta permanente en las fajas próximas a cauces o cárcavas existentes.
- Evitar tráfico de maquinaria pesada en suelo húmedo para reducir la compactación.

🔧 Medidas estructurales / de ingeniería

- Pequeños alcorques o caballones a nivel en el pie de cada olivo para favorecer la infiltración.
- Revisión y limpieza de desagües y salidas de parcela para evitar concentración de escorrentía.
- Instalar barreras vegetales perpendiculares a la pendiente cada 25–50 m de desnivel.
- Consultar subvenciones PAC disponibles para cubiertas vegetales (Ecorregímenes PEPAC 2023–2027).

Urgencia de actuación: Corto plazo. Cubierta vegetal en la campaña siguiente al diagnóstico.

NIVEL: MODERADO | Pérdida de suelo: 5 – 10 t/ha·año

Diagnóstico de situación

Erosión activa y visible. Regueros recurrentes, inicio de pequeñas cárcavas en cabeceras de ladera. Los estudios en la campiña andaluza (Gómez et al., 2009) registran entre 8 y 12 t/ha·año en olivares convencionales con pendientes del 5–10%. La campiña alomada — el paisaje de mayor riesgo según CARCAVA, con densidades de 42,5 m/ha— concentra la mayor parte de las parcelas en este nivel. Episodios de lluvia superiores a 13–20 mm/día son los desencadenantes principales.

Impacto sobre el olivar

Pérdida de 15–25 cm de suelo fértil en 10 años sin intervención. Reducción de la capacidad de retención hídrica. Riesgo real de formación de cárcavas permanentes. La alta densidad de la red de cárcavas en campiña (42,5 m/ha) indica que el umbral de iniciación topográfica se supera fácilmente en estas condiciones de suelo arcilloso.

⚡ Medidas inmediatas / agronómicas

- Cubierta vegetal en TODAS las calles (no solo alternas): mezclas de veza + avena + leguminosas de porte alto. La investigación CARCAVA confirma correlación negativa significativa entre vegetación (NDVI) y presencia de cárcavas: la cubierta reduce el factor C de RUSLE de ~0,25 a 0,05–0,15.
- Eliminación de labores de vertedera. Sustituir por laboreo mínimo o no laboreo con herbicida de banda.
- Aporte de estiércol o compost (10–20 t/ha cada 3 años) para mejorar estructura e infiltración.
- Sembrar franjas vegetales de 1–2 m de ancho perpendiculares a la pendiente cada 20 m.
- Vigilar las cabeceras de ladera tras episodios de lluvia >20 mm: umbral crítico de activación de cárcavas en suelos arcillosos según el modelo CARCAVA.

🔧 Medidas estructurales / de ingeniería

- Instalación de diques modulares de retención de sedimentos en las cárcavas identificadas por el visor CARCAVA. Un dique modular se instala en 1–2 horas sin maquinaria pesada.
- Caballones en contorno cada 15–25 m de pendiente para fraccionar la escorrentía.
- Revegetación de taludes de cárcava con mezclas específicas: jaguarzo, esparto, retama, lastón, aromáticas.
- Consultar la longitud y posición exacta de las cárcavas de su parcela en carcava.es/app para priorizar actuaciones.

Urgencia de actuación: *Inmediata. Medidas agronómicas en la campaña actual; estructurales antes del otoño.*

NIVEL: ALTO | Pérdida de suelo: 10 – 20 t/ha·año

Diagnóstico de situación

Erosión severa con cárcavas activas en la parcela. Este nivel es frecuente en parcelas de campiña alomadas con pendientes del 8–15% bajo manejo convencional sin cubierta. Los paisajes de campiña (alomadas y piedemonte) concentran las densidades más altas de la cuenca del Guadalquivir: 40–42,5 m/ha. La cartografía CARCAVA permite identificar la red exacta de cárcavas de su parcela, incluyendo longitud total y posición de cabeceras.

Impacto sobre el olivar

Pérdidas de suelo fértil irreversibles a escala de una generación. Reducción documentada del rendimiento del olivar en cultivos con más de 15 años de erosión intensa. Las cárcavas activas generan riesgo de colapso de taludes, contaminación de cauces y pérdida de infraestructura. El modelo CARCAVA (Random Forest, AUC = 0,91) identifica el flujo acumulado como el predictor más importante: las cabeceras de cárcava se concentran en las líneas de la red de drenaje.

⚡ Medidas inmediatas / agronómicas

- Cubierta vegetal permanente en todas las calles con especies de arraigo profundo: leguminosas de porte alto, gramíneas perennes (festuca, lastón) como componente estabilizador a largo plazo.
- No laboreo estricto: eliminar cualquier laboreo entre filas. Solo herbicida de banda bajo el olivo si es necesario.
- Aporte intensivo de materia orgánica (compost, alpechín tratado, orujo) para recuperar estructura e infiltración.
- Siembra de franjas vegetales densas perpendiculares a la pendiente cada 20 m: la eliminación de la concentración de flujo es la medida más efectiva para evitar el avance de cabeceras.
- Vigilancia periódica de cabeceras de cárcava tras cada episodio de lluvia intensa (>20 mm/24 h).

🔧 Medidas estructurales / de ingeniería

- Series de diques modulares en TODAS las cárcavas activas identificadas: uno cada 10–15 m para frenar el retroceso de cabecera, según la pendiente. El visor CARCAVA indica la longitud exacta y la posición de las cárcavas de su parcela.
- Encauzamientos en entradas de agua a la parcela: cunetas, caños de carreteras, vertederas de entrada en el contorno.
- Revegetación forzada de taludes con estaquillado de especies leñosas (taray, retama, álamo, aromáticas) o hidrosiembra.
- Terrazas o banales en sectores con pendiente >12% con asesoramiento técnico.
- Solicitar informe a la Consejería de Agricultura (Junta de Andalucía). Explorar subvenciones PAC para restauración de suelos degradados (Intervención 23, PEPAC 2023–2027).

Urgencia de actuación: *Urgente. Intervención estructural antes de las primeras lluvias del otoño.*

NIVEL: MUY ALTO | Pérdida de suelo: 20 – 50 t/ha·año

Diagnóstico de situación

Situación de erosión grave. Cárcavas de gran desarrollo con red activa visible a simple vista. Corresponde a parcelas en pendientes >12–15% con suelo desnudo y alta erosividad. La investigación del Proyecto CARCAVA documenta erosión concentrada en cárcavas de 37–250 t/ha·año en las zonas más activas de la cuenca del Guadalquivir. Este nivel puede coincidir con zonas clasificadas como de riesgo muy alto en el mapa RUSLE2015-JRC de Europa.

Impacto sobre el olivar

Pérdida de productividad agrícola ya visible. Peligro estructural: colapso de taludes con lluvias débiles persistentes, socavación de caminos, descalce de raíces de olivos. Los sedimentos contaminan cursos de agua y embalses. El suelo puede estar en proceso de irreversibilidad. La campiña de piedemonte, con densidades de 40,1 m/ha y pendientes de hasta 0,37 m/m, es especialmente vulnerable.

 Medidas inmediatas / agronómicas

- Contactar de inmediato con técnico especializado en conservación de suelos para plan de actuación urgente.
- Suspender todo tipo de laboreo hasta la evaluación técnica.
- Implantar cubierta de emergencia con semillas de rápida germinación (avena, veza, nabos forrajeros) antes del primer episodio de lluvia.
- Señalizar y acordonar las zonas de mayor peligro (bordes de cárcavas profundas, taludes inestables, caminos).
- Documentar fotográficamente y georreferenciar la red de cárcavas para el expediente técnico.

 Medidas estructurales / de ingeniería

- Plan integral de restauración: obra civil de reconsolidación de cárcavas (embanques o estrechamientos de sección, fajos o Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN), diques de gavión o mampostería seca).
- Series densas de diques modulares como medida de emergencia sin obra civil (uno cada 5–10 m).
- Terrazas estructurales con muros de piedra seca o gaviones en toda la ladera afectada.
- Revegetación integral con plantación de especies leñosas y herbáceas nativas, con protección.
- Solicitar declaración de zona de actuación urgente ante Consejería de Agricultura y MAPA.
- Tramitación ante la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir para actuaciones integradas.

Urgencia de actuación: *Muy urgente. Intervención técnica especializada en máximo 3 meses.*

NIVEL: CRÍTICO | Pérdida de suelo: > 50 t/ha·año

Diagnóstico de situación

Estado de emergencia erosiva. La parcela ha superado el punto de no retorno en las condiciones actuales. La cartografía CARCAVA (González-Garrido et al., 2026) documenta tasas de erosión concentrada de hasta 250 t/ha·año en los cauces más activos de la cuenca del Guadalquivir. La roca madre puede aflorar en sectores de la parcela. La densidad de cárcavas puede superar ampliamente los 42 m/ha en paisajes de campiña.

Impacto sobre el olivar

La parcela ha perdido o está perdiendo su capacidad productiva. El daño se extiende más allá de la finca: sedimentación de cauces y embalses, contaminación de acuíferos. Las cárcavas son responsables de hasta el 83% del sedimento total en cuencas mediterráneas. Puede constituir daño ambiental de relevancia con implicaciones legales.

⚡ Medidas inmediatas / agronómicas

- Notificar a la Consejería en materia de Agricultura, de la Junta de Andalucía.
- Contactar con técnico habilitado para proyecto de restauración de suelos.
- Suspender actividades agrícolas en las zonas más degradadas hasta estabilización del terreno.
- Implementar medidas de emergencia de contención de sedimentos en cauces aguas abajo.
- Documentar el estado actual: fotografías, vuelo de dron UAV y cartografía con la app CARCAVA.

🔧 Medidas estructurales / de ingeniería

- Imprescindible consolidar la ubicación actual de la cabecera para frenar el avance aguas arriba de las zonas más dañadas.
- Proyecto integral de restauración hidrológico-forestal con obra civil mayor.
- Reforestación total de los sectores no productivos con especies autóctonas de alto arraigo.
- Estudio de viabilidad de abandono agronómico o reconversión a sistemas extensivos de bajo impacto.
- Tramitación de expediente de daños ante seguro agrario o ayudas PAC por catástrofes naturales.
- Coordinación con organismos de cuenca para actuaciones integradas a escala de subcuenca.

Urgencia de actuación: EMERGENCIA. Actuar de forma inmediata. La inacción puede derivar en responsabilidad administrativa por daños ambientales a terceros.

4. Las Medidas del Proyecto CARCAVA

El Proyecto CARCAVA ha desarrollado y validado un sistema de apoyo a la toma de decisiones que combina la cartografía automática de la red de cárcavas mediante Machine Learning (González-Garrido et al., 2026) con la estimación de pérdidas de suelo RUSLE, y las ha trasladado en dos medidas de conservación de bajo coste y alta efectividad validadas en campo.

4.1. Diques modulares de retención de sedimentos

Los diques o albarradas modulares son estructuras de contención formadas por bloques apilables prefabricados que se instalan en el cauce de las cárcavas de manera transversal. No requieren obra civil, maquinaria pesada ni excavación.

- Función principal: frenar el retroceso de la cabecera de la cárcava y retener sedimentos, permitiendo la revegetación natural aguas arriba. La investigación CARCAVA confirma que el flujo acumulado (17,3% de importancia en el modelo RF) y el índice GHI (~30%) son los principales factores de incisión: los diques actúan directamente sobre la energía erosiva del flujo.
- Instalación recomendada: uno cada 10–15 m lineales de cárcava dependiendo de la pendiente, comenzando por la cabecera. El visor carcava.es/app proporciona la longitud exacta de cárcavas de su parcela para estimar el número de diques necesarios.
- Coste orientativo: 150–400 €/dique. Un operario puede instalar un dique en menos de 2 horas.
- Los sedimentos retenidos actúan como sustrato para la colonización de vegetación, creando un ciclo positivo de estabilización creando islas de biodiversidad. En la campiña alomada (42,5 m/ha de densidad de cárcavas), la instalación de series de diques ha reducido la tasa de retroceso de cabecera en más de un 70% en el primer año.
- Prioridad de instalación: utilizar el visor CARCAVA para identificar las cabeceras activas de cárcava en su parcela (puntos de mayor acumulación de flujo y mayor índice GHI) y comenzar la instalación por esos puntos.

4.2. Cubiertas vegetales con mezclas de semillas específicas

La implantación de cubiertas vegetales es la medida más eficaz y mejor documentada para reducir la erosión hídrica en olivar andaluz. El análisis de importancia de variables del modelo CARCAVA confirma que el NDVI (correlación $r = -0,25$ con presencia de cárcavas) y el EVI ($r = -0,19$) son indicadores estadísticamente significativos: mayor cobertura vegetal equivale a menor probabilidad de cárcavas (González-Garrido et al., 2026; Gómez Calero et al., 2010).

- Mezcla base para campiña andaluza (suelos arcillosos, precipitación 550–600 mm): veza (*Vicia sativa*) 60 kg/ha + avena (*Avena sativa*) 40 kg/ha + rábano forrajero (*Raphanus sativus*) 5 kg/ha. Siembra en octubre–noviembre en tempero.
- Para zonas de campiña alomadas y piedemonte (los paisajes de mayor riesgo, densidades >40 m/ha): añadir festuca (*Festuca arundinacea*) 10 kg/ha o lastón (*Brachypodium retusum*) como componente perenne de arraigo profundo para resistencia a episodios de lluvia >20 mm.
- Para zonas de montaña media (mayor pendiente, menor precipitación ~435 mm): cubiertas espontáneas gestionadas + no laboreo + leguminosas adaptadas a condiciones de sequía.
- La cubierta reduce el factor C de RUSLE de ~0,25 (suelo desnudo) a valores de 0,05–0,15, lo que supone reducciones de erosión del 40–80% según pendiente (Gómez Calero et al., 2009).

Proyecto CARCAVA · Guía de Recomendaciones para Agricultores según Nivel de Erosión Hídrica

Esto se traduce en descensos de nivel RUSLE de uno o dos escalones en la escala de esta guía.

- Compatibilidad con la PAC: los Ecorregímenes del PEPAC 2023-2027 financian la implantación de cubiertas vegetales en olivar con pagos adicionales por hectárea.

4.3. La app y el visor de cárcavas: cómo usar los datos CARCAVA

El visor CARCAVA (carcava.es/app) es el resultado de cartografiar mediante Random Forest (AUC = 0,91) 8.439 km de cárcavas de la cuenca del Guadalquivir sobre datos PNOA 2022, CHIRPS de precipitación, Sentinel-2 y la base SIGPAC histórica 2006–actualidad. Para cada parcela el visor muestra:

- Red de cárcavas superpuesta a límites de parcela y recinto SIGPAC, con longitud total en metros.
- Estimación de pérdida de suelo por erosión laminar (RUSLE) y nivel de riesgo según la escala de esta guía.
- Histórico de uso del suelo (secano/regadío) desde 2006, para analizar correlaciones entre cambios de manejo y actividad erosiva.
- Métricas de pendiente media, tipo de paisaje y distribución espacial de la red de cárcavas.
- Los datos se actualizan con cada nueva campaña de vuelos PNOA y permiten monitorear la evolución de la red de cárcavas a lo largo del tiempo.

5. Referencias Científicas y Fuentes

- **González-Garrido, P., Peña-Acevedo, A., Mesas-Carrascosa, F.-J. & Julca-Torres, J. (2026).** Regional-Scale Mapping of Gully Network in Mediterranean Olive Landscapes Using Machine Learning Algorithms: The Guadalquivir Basin. *Agronomy*, 16(6), 622. <https://doi.org/10.3390/agronomy16060622> [Proyecto CARCAVA — datos principales de cárcavas de esta guía]
- **González-Garrido, P., Peña-Acevedo, A., De Geeter, S. et al. (2026).** What drives gullies in Spain's olive landscapes? A regional analysis of gully activity. *Catena*, 263, 109699. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.109699> [Proyecto CARCAVA]
- **Panagos, P. et al. (2015).** The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54, 438–447. [RUSLE2015-JRC]
- **Gómez Calero, J.A. et al. (2009).** Soil management effects on runoff, erosion and soil properties in an olive grove of Southern Spain. *Soil & Tillage Research*, 102(1), 5–13.
- **Gómez Calero, J.A. et al. (2010).** Proterra y Biosuelo, siete años de ensayos de cubiertas vegetales para control de la erosión en un olivar de verdeo. *Agricultura*, 935, 910–915.
- **Gómez Calero, J.A. & Fereres Castiel, E. (2004).** Conservación de suelo y agua en el olivar andaluz en relación al sistema de manejo de suelo. Junta de Andalucía – Consejería de Agricultura y Pesca.
- **Renard, K.G. et al. (1997).** Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agricultural Handbook No. 703.
- **USDA-NRCS (2006).** Erosion Control Treatment Selection Guide. USDA Forest Service, Technology & Development Program.
- **Joint Research Centre – Comisión Europea (2015).** RUSLE2015: Soil erosion by water in Europe. European Soil Data Centre (ESDAC). esdac.jrc.ec.europa.eu

Proyecto CARCAVA (ProyExcel_00700)

Financiado por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía (PAIDI 2020, BOJA n.º 239, 15/12/2021)

Universidad de Córdoba · ETSIAM · Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes

Versión v2 – Marzo 2026 - carcava.es