

ISUM (IMPROVED STOCK UNEARTHING METHOD) COMO INICIO DE UNA EVALUACIÓN HOLÍSTICA Y A LARGO PLAZO DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO EN LOS VIÑEDOS DE GRANADA (ESPAÑA)

JESÚS RODRIGO-COMINO ([id](#))¹
ANTONIO JÓDAR-ABELLÁN ([id](#))^{2,3}
ANDRÉS CABALLERO-CALVO ([id](#))¹
JESÚS FERNÁNDEZ-GÁLVEZ ([id](#))¹
JOSÉ LUIS SERRANO-MONTES ([id](#))⁴
JESÚS GONZÁLEZ-VIVAR¹
JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ-LACHICA¹
VÍCTOR HUGO DURÁN-ZUAZO ([id](#))⁵
CASANDRA GÓMEZ⁶
SASKIA D. KEESSTRA ([id](#))^{1,7}
ARTEMI CERDÀ ([id](#))⁸

¹ Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Facultad de Filosofía y Letras, Campus Universitario de Cartuja, Universidad de Granada, 18071 Granada, España.

² Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Universidad Miguel Hernández, Ctra. Beniel km 3.2, 03312 Orihuela, España.

³ Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), Soil and Water Conservation Group, Murcia, España.

⁴ Departamento de Geografía Humana, Facultad de Filosofía y Letras, Campus Universitario de Cartuja, Universidad de Granada, 18071 Granada, España.

⁵ Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Cam. de Purchil, s/n, 18004 Granada, España.

⁶ Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Antonio Delfín Madrigal 300, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, CDMX, México.

⁷ Climate-Kic Holding B.V. Plantage Middenlaan 45, Amsterdam, Países Bajos.

⁸ Soil Erosion and Degradation Research Group, Departament de Geografia. Universitat de València. Blasco Ibàñez, 28, 46010-Valencia, España.

Autor de correspondencia: artemio.cerda@uv.es

Resumen. Comprender los suelos desde un punto de vista holístico en viñedos puede ser la única vía para proponer medidas a los agricultores que sean realistas y eficientes. Esta comunicación presenta el inicio de un proyecto que reúne a expertos y expertas de geografía física, humana y regional, y de otras disciplinas afines, para crear un modelo de investigación integrador e innovador. En primer lugar, se seleccionó una parcela experimental localizada en la provincia de Granada. Para evaluar los procesos de erosión del suelo, se aplicó el método mejorado del tocón y se realizaron análisis de propiedades del suelo y vuelos con drones (2021-2022). Adicionalmente, se instalaron parcelas de erosión (cerradas y abiertas), sensores de humedad, temperatura y salinidad en el suelo a diferentes profundidades, dendrómetros y una estación agrometeorológica (2023). Además, se han instalado cámaras de fototrampeo para monitorizar, según la variedad de uva de cada sector, la avifauna y su estacionalidad asociada a la biodiversidad del suelo. Nuestras primeras conclusiones muestran la necesidad de continuar nuestros esfuerzos hasta encontrar patrones estables y trazar una estrategia que permita combinar todos los resultados en una única línea de trabajo común para ayudar al sector de la viticultura.

Palabras clave: manejo del suelo agrícola, geografía de la viticultura, monitorización, multidisciplinariedad.

USING ISUM (IMPROVED STOCK UNEARTHING METHOD) AS THE BEGINNING OF A LONG-TERM HOLISTIC ASSESSMENT OF SOIL DEGRADATION IN THE VINEYARDS OF GRANADA (SPAIN)

Abstract. We fully consider that understanding soils holistically in vineyards may be the only way to propose realistic and efficient control measures to farmers. The question is where to start. We propose to show the beginning of a project that brings together experts from physical, human and regional geography and other related disciplines to create an integrative and innovative research model. First, an experimental plot located in the province of Granada was selected. To evaluate soil erosion processes, the improved stock unearthing method was applied, and soil property analyses and drone flights were carried out (2021-2022). Also, erosion plots (closed and open), moisture, temperature, and salinity sensors in the soil at different depths, dendrometers, and an agrometeorological station (2023) were installed. In addition, camera traps have been installed to monitor per grape variety, the avifauna and its seasonality associated with soil biodiversity. Our first conclusions show the need to continue our efforts until we find stable patterns and draw up a strategy that allows us to combine all the results in a single common line of work to help the viticulture sector.

Keywords: agricultural land management, geography of viticulture, monitoring, multidisciplinary.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y la asociada necesidad del aumento en la producción de alimentos, junto con los patrones de tiempo atmosférico cambiantes debido al cambio climático, están ejerciendo una presión cada vez mayor sobre el recurso suelo en nuestro planeta (Bradford et al., 2016; Smith et al., 2021; Keestra et al., 2023). Esto conlleva que uno de los retos de mayor importancia a los que nos enfrentamos en la actualidad sea el de garantizar la salud del suelo y luchar contra su degradación según la Comisión Europea (2021). El suelo es un recurso clave para la supervivencia humana debido a ser el origen de alimentos y fibras, pero además aportar recursos ecosistémicos básicos como aire y agua de calidad, paisaje o cultura (Barrios et al., 2007; Mol y Keesstra, 2012; Morel et al., 2015; Visser et al., 2019). Los suelos regulan los ciclos biogeoquímicos y el ciclo hidrológico (Detwiler, 1986; Bouwman and Leemans, 1995; Keesstra et al., 201; Luo et al., 2022). El manejo sostenible de los suelos es definitivo para la sostenibilidad del planeta ya que regulan el ciclo del carbono, nitrógeno, fósforo o del agua (Keesstra et al., 2016; Henneroh et al., 2020; López Vicente et al., 2021; Tian et al., 2021).

La buena gestión de los suelos afecta especialmente a la pérdida de suelo y aguas en los suelos (Keesstra et al., 2019; Rodríguez Sousa et al., 2020; Wu et al., 2020; Zuazo et al., 2020). Para ello se han desarrollado distintas técnicas que permiten reducir la pérdida de agua y suelo (Albert-Belda et al., 2019; Cerdà et al., 2019; Yue et al., 2020; Cerdà et al., 2021). En terrenos forestales el uso de acolchados y de barreras de troncos o faginas es habitual, especialmente después de incendios forestales, mientras que en suelos agrícolas encontramos abonos verdes, cubiertas de geotextiles, plantas o acolchados.

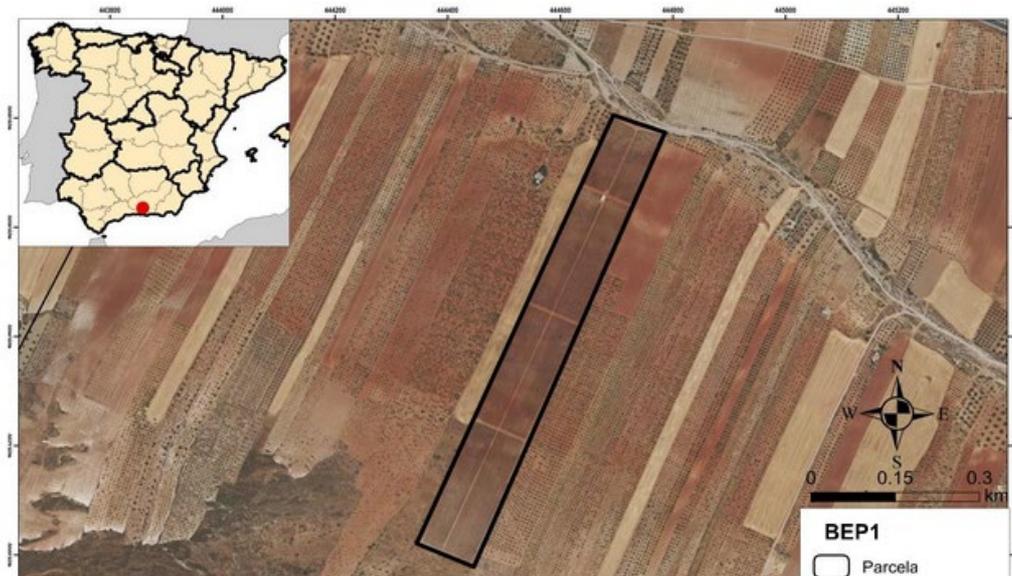
Esta comunicación tiene como objetivo mostrar un estudio integral de la degradación del suelo y sus sistemas de manejo en uno de los paisajes agrícolas más vulnerables del mundo: el viñedo (Cerdan et al., 2010; García-Ruiz et al., 2015). La finalidad es la formulación y establecimiento de modelos de manejo del suelo más sostenibles para las áreas vitivinícolas españolas tomando como ejemplo un viñedo de la provincia de Granada desde un enfoque multidisciplinar que permita comparar resultados a nivel andaluz, nacional e incluso global. Se pretende así cerrar un debate inconcluso desde hace décadas para identificar el mejor manejo del suelo desde el punto de vista de la sostenibilidad, teniendo en cuenta el presente cambio climático, y enfatizando en la necesidad de mantener la calidad y cantidad de la producción (Keesstra et al., 2018).

La degradación del suelo es un proceso que se traduce en la pérdida de su fertilidad, la consecuente reducción de la capacidad de producción de alimentos y la disminución de la renta de los agricultores (Panagos et al., 2014). Este proceso se muestra muy activo en los ecosistemas mediterráneos, especialmente en España, donde la agricultura ha estado presente desde hace milenios (García-Ruiz et al., 2013). El mal uso y abuso del recurso suelo resulta en su pérdida de funcionalidad agroecológica (Agassi, 1995). La erosión del suelo por la acción de las aguas de escorrentía se considera una de las principales amenazas a los recursos edáficos del Mediterráneo a la vez que resulta clave para comprender

los procesos de merma de las producciones agrícolas y sus efectos en la población rural asociados a la reducción de rentas e incluso el abandono del medio rural (Borrelli et al., 2017). Los estudios científicos no son suficientes para lograr este objetivo, ya que se requiere asimismo considerar la opinión de todas las partes involucradas (Sastre et al., 2016). Desafortunadamente, no existe hoy en día en el mundo un enfoque multidisciplinar y multiescalar (sí estudios de casos y comparativos; eg. Capello et al., 2019; Novara et al., 2015; Rodrigo-Comino et al., 2018) sobre degradación de suelos en el viñedo que involucre y considere la percepción de agricultores, empresarios, ciudadanos del medio rural y gestores de políticas ambientales y sociales dentro del análisis, junto con variables edáficas, hidrológicas o biológicas a largo plazo (Rodrigo-Comino, 2018).

En este trabajo se toma como objeto de estudio un viñedo experimental representativo de la provincia de Granada con manejo convencional y en espaldera perteneciente a la empresa con más extensión de la provincia, la Bodega Calvente. Actualmente, uno de sus viñedos en el municipio de Villamena forma parte de la red experimental del módulo 2 (EGEMAP, Environmental Geography and Mapping) del laboratorio TERRA LAB UGR: www.egemap.eu. El proyecto pretende abarcar varios años de mediciones *in situ* (seguimiento y experimentos comparativos) cuyos resultados puedan ser contrastados con la evaluación de la percepción de los actores socioeconómicos vinculados (empresas, agentes técnico-políticos implicados y de la población rural). Para ello, contamos con un equipo multidisciplinar, y abierto a especialidades para colaborar en tareas de desarrollo experimental, difusión internacional y apoyo a futuras propuestas como proyectos autonómicos, nacionales o internacionales. Se pretende además sentar las bases de una estación experimental y consolidar un proyecto a largo plazo promovido desde Granada que sirva de referencia internacional en los estudios de viñedos, sostenibilidad y percepción a nivel mundial.

Figura 1. Localización de la BEP1 (Baetic Experimental Plot 1)



2. ÁREA DE ESTUDIO

La parcela experimental se localiza en la Bodega Calvente, situada en el municipio de Villamena (provincia de Granada), situado en la comarca del Valle de Lecrín (Figura 1). Una finca de 10 años y una extensión de 1 km de largo. La temperatura media oscila entre 17,2 y 22 °C, con una precipitación anual media de 400 mm y una humedad relativa media del 48,4%, sin lluvias en verano durante los últimos años. El manejo es mediante la labor del terreno. Además, se realiza una aplicación, aproximadamente cada dos o tres años, de materia orgánica, NPK y otros elementos a modo de abono orgánico de origen animal y vegetal, deshidratado y peletizado. La textura del suelo es franco-arcillo-arenosa y el carbono orgánico inferior a 3%. Los procesos de erosión y escorrentía son muy elevados en las partes bajas de la plantación donde las plantas también se ven afectadas y la producción disminuye considerablemente.

3. MÉTODOS

3.1. ISUM: Improved Stock Unearthing Method

Para conocer la movilización a largo plazo de una parte de la parcela experimental como primer paso, se ha aplicado ISUM (Improved Stock Unearthing Method) desarrollado por Rodrigo-Comino and Cerdà (2018) en el pie de la ladera. Este método se basa en tomar como referencia la altura del injerto durante la plantación de las viñas (Casalí et al., 2009). Una medida posterior nos indicará los cambios en la topografía del suelo como nos indica la figura 2 con ayuda de muestras de suelo como la densidad aparente. Además, se permite realizar estimaciones de la erosión desde que se plantaron las vides y cartografiar las zonas con mayor erosión o sedimentación, de forma visualmente muy fácil de comprender como se puede observar en la figura 3 (Rodrigo-Comino et al., 2019a, 2019b). Para ello, fue necesario tomar muestras de suelos relacionadas con la densidad aparente, la materia orgánica, la textura y la pedregosidad. Para representar los resultados preliminares en mapas, se probaron diversos métodos de interpolación (IDW, kriging, Bayesian, etc.) en el software ArcGis 10.5 (ESRI, EE.UU.) y se utilizó el que obtuvo un R^2 mayor y un error medio menor. Los datos se representan en cm y utilizando la función *Radial Basis* (Tabla 1).

Tabla 1. Métodos de interpolación utilizados para representar la altura del nivel del suelo en la zona baja de los viñedos

Interpolation method	Statistical contrasts	
	Mean error	RMSE
Inverse Distance Weighting	-0.11	2.31
Global Polynomial Interpolation	-0.00	5.31
Radial Basis Functions*	-0.008	2.19
Local Polynomial Interpolation	0.75	2.80
Ordinary Kriging	-0.42	4.32
Simple Kriging	-0.50	2.87
Universal Kriging	-0.42	4.32
Areal Interpolation	0.11	2.17
Empirical Bayesian Kriging	0.058	2.076
Kernel Smoothing	0.06	2.09
Diffusion kernel	-0.54	4.22

*Negrita: el método seleccionado. Fuente. Elaboración propia.

3.2. VUELO DE DRON Y CÁLCULO DE ÍNDICE DE CONECTIVIDAD

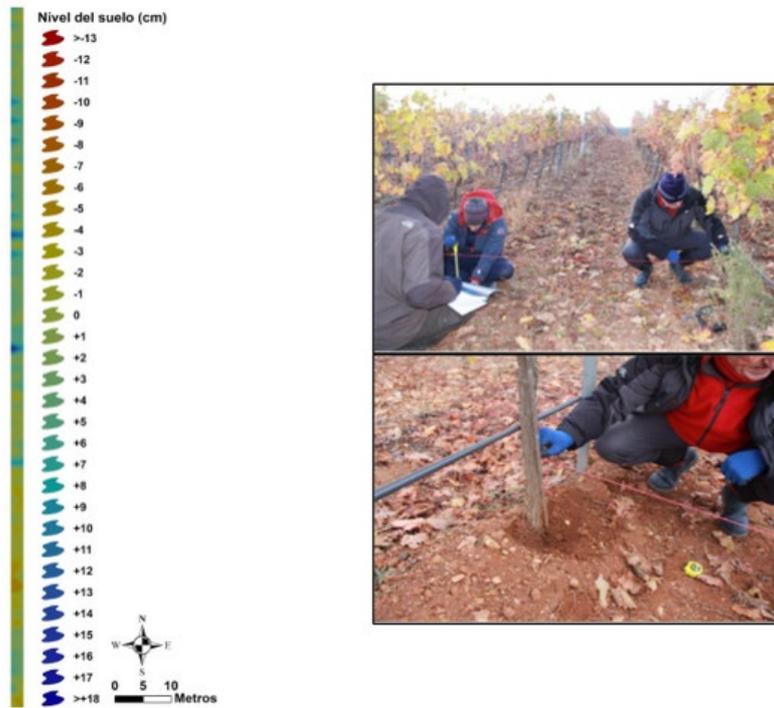
En julio de 2022, se realizaron varios vuelos de dron con un DJI Phantom 4 con objeto de detectar los puntos de inicio de la escorrentía y erosión en la parcela experimental. Los resultados esperados se representan en un mapa de conectividad hidrológica del viñedo, y en base a los resultados, asegurar el lugar con mayor índice de conectividad como el punto de riesgo de erosión potencial, es decir, un lugar donde deberíamos establecer las mediciones continuadas o realizar un monitoreo o desarrollar alguna estrategia urgente para prevenir la erosión. Se utilizó el método del índice de conectividad de Crema y Cavalli (2018) que incluye el software SedInConnect cuyos valores van desde $-\infty$ a $+\infty$, determinando que los valores de conectividad crecen cuanto más elevados son los valores.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Como se puede apreciar en la Figura 3, los procesos de movilización del suelo son muy irregulares, pero se pueden encontrar patrones comunes entre transectos de la calle muestreada, especialmente bajo las parras y entre la calle. Los colores fríos indican deposiciones de materiales superiores a 10 cm en algunas zonas debido al desplazamiento de gran cantidad de sedimentos por la remoción del tractor cuando ejecuta las acciones de laboreo. Esto se observa principalmente en las partes medias de la calle bajo las parras. En la parte superior de la calle e inferior se observan las mayores tasas de pérdida de suelo, llegando a alcanzar los rebajes de más de 13 cm de suelo. En la tabla 2, se representan los valores totales de movilización del suelo y se puede observar cómo existe una deposición de más de 17 toneladas ha año

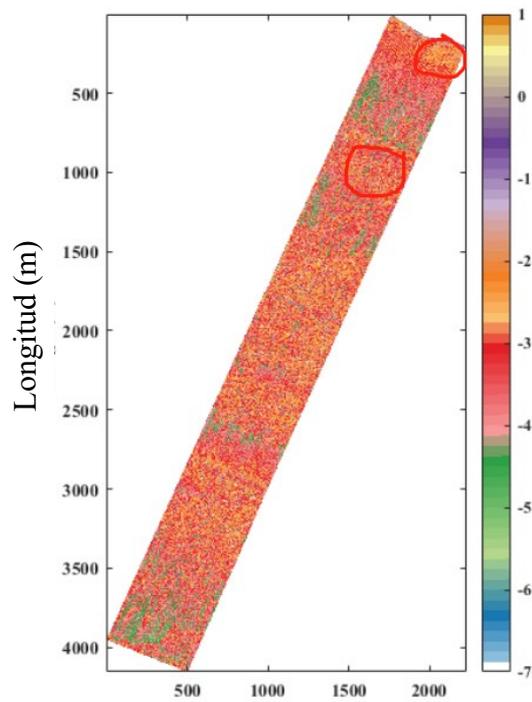
en la parcela. Esa cantidad de suelo movilizada debe provenir de la parte superior de la ladera puesto que es una parcela cerrada y solo los agricultores con el laboreo desplazan el material ladero abajo.

Figura 2. Mapa ISUM y ejemplo de la toma de muestras con ISUM (Improved Stock Unearthing Method)



Fuente. Elaboración propia.

Figura 3. Mapa de conectividad extraído de los vuelos de dron

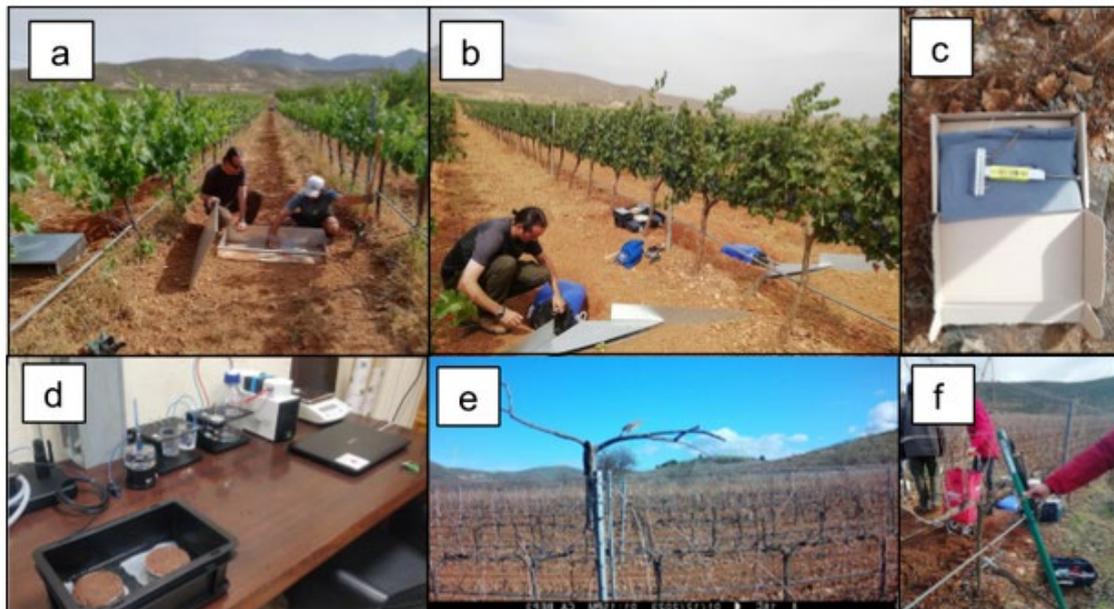


Fuente. Elaboración propia.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los agricultores desempeñan el papel más importante en la gestión de la sostenibilidad del suelo y la calidad del producto final. Tras llevar a cabo las mediciones con ISUM y los vuelos de drones, podemos concretar los puntos ideales para desarrollar las diferentes tareas de investigación. Sin embargo, los estudios de suelos generalmente se realizan sin un análisis previo, como el que llevamos a cabo con ISUM y los drones, y sin ser discutidos con los propietarios. A nivel mundial, la agricultura, como tantos otros aspectos de la vida social, se caracteriza por disparidades de opiniones. Por estas razones, las iniciativas encaminadas a promover prácticas agrícolas sostenibles también deben apuntar a considerar que cada propietario encuentra dificultades según sus necesidades. Por ejemplo, el problema del agua, la relación entre la degradación del suelo y la biodiversidad (insectos, aves, mamíferos, plantas, etc.), o la calidad de la planta. En la Figura 4, presentamos a partir de este estudio, algunos métodos utilizados para responder a las cuestiones anteriormente formuladas. Incluir en el futuro todos estos puntos en una misma herramienta de toma de decisiones será innovador en esta propuesta multidisciplinaria y transversal: parcelas de erosión cerradas (Figura 4^a; 5 y 10 m²) y abiertas (Figura 4B; 0,5 y 1 m de largo); dendrómetros para medir el estado de la planta asociadas a las parcelas de erosión (Figura 4C); muestras inalteradas en anillos para medir la conductividad saturada hidráulica y la curva de retención de agua con el HYPROP 2 y Ksat (Figura 4D); cámaras de fototrampeo (Figura 4E) situadas en el centro del viñedo y cerca de las calles de trayectos de los tractores) para monitorizar la avifauna; y, sondas de humedad, temperatura y salinidad bajo las parras (Figura 4F). Esta parcela experimental propone que diversas estrategias que se apliquen para demostrar a la población rural y las empresas un nuevo concepto multidisciplinario de investigación en viñedos mediante la combinación de indicadores de degradación de la tierra y la percepción humana multiescalar.

Figura 4. Combinación de metodologías en la Baetic Experimental Plot 1 (BEP1) de Villamena perteneciente al módulo 2 EGEMAP (Environmental Geography and Mapping) del Terra Lab UGR. a: parcelas de erosión abiertas; b: parcelas de erosión cerradas; c: dendrómetro; d: Hyprop 2 y Ksat; e: cámaras de fototrampeo; f: sondas de humedad



Fuente. Elaboración propia.

Agradecimientos: Los datos e instrumental fueron obtenidos a través de la financiación recibida del proyecto de investigación de la Beca Leonardo a Investigadores y Creadores Culturales 2021 de la Fundación BBVA” (Ref. BBVA2021-Leonardo2; IP: J. Rodrigo-Comino) “Creación de una base nacional de erosión en viñedos para potenciar la protección del suelo fértil”, y dos proyectos del Plan Propio de la Universidad de Granada (2021-2022): Visiting Scholar y Programa especiales con convenios con empresa.

Asimismo, los autores del trabajo agradecen enormemente a los propietarios de la parcela la disponibilidad, asesoramiento e información facilitada sobre los cultivos de la parcela en cuestión.

REFERENCIAS

- Agassi (1995). Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation. CRC Press.
- Albert-Belda, E., Bermejo-Fernández, A., Cerdà, A., Taguas, E. V. (2019). The use of Easy-Barriers to control soil and water losses in fire-affected land in Quesada, Andalusia, Spain. *Science of the Total Environment*, 690, 480-491.
- Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological economics*, 64(2), 269-285.)
- Borrelli, P., Robinson, D.A., Fleischer, L.R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Meusburger, K., Modugno, S., Schütt, B., Ferro, V., Bagarello, V., Oost, K.V., Montanarella, L., Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications* 8. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Bouwman, A. F., Leemans, R. (1995). The role of forest soils in the global carbon cycle. *Carbon forms and functions in forest soils*, 503-525.
- Bradford, M. A., Wieder, W. R., Bonan, G. B., Fierer, N., Raymond, P. A., Crowther, T. W. (2016). Managing uncertainty in soil carbon feedbacks to climate change. *Nature Climate Change*, 6(8), 751-758.
- Casalí, J., Giménez, R., De Santisteban, L., Álvarez-Mozos, J., Mena, J., Del Valle de Lersundi, J. (2009). Determination of long-term erosion rates in vineyards of Navarre (Spain) using botanical benchmarks. *Catena* 78, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.02.015>
- Cerdà, A., Ackermann, O., Terol, E., Rodrigo-Comino, J. (2019). Impact of farmland abandonment on water resources and soil conservation in citrus plantations in eastern Spain. *Water*, 11(4), 824.
- Cerdà, A., Lucas-Borja, M. E., Franch-Pardo, I., Úbeda, X., Novara, A., López-Vicente, M., Pulido, M. (2021). The role of plant species on runoff and soil erosion in a Mediterranean shrubland. *Science of The Total Environment*, 799, 149218.
- Detwiler, R. P. (1986). Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soils. *Biogeochemistry*, 2, 67-93.
- García-Ruiz, J.M., Nadal-Romero, E., Lana-Renault, N., Beguería, S. (2013). Erosion in Mediterranean landscapes: Changes and future challenges. *Geomorphology* 198, 20–36. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.023>
- Henneron, L., Kardol, P., Wardle, D. A., Cros, C., Fontaine, S. (2020). Rhizosphere control of soil nitrogen cycling: a key component of plant economic strategies. *New Phytologist*, 228(4), 1269-1282.
- Keesstra, S. D., Bouma, J., Wallinga, J., Tittonell, P., Smith, P., Bardgett, R. D. (2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Soil*, 2, 111-128
- Keesstra, S. D., Rodrigo-Comino, J., Novara, A., Giménez-Morera, A., Pulido, M., Di Prima, S., Cerdà, A. (2019). Straw mulch as a sustainable solution to decrease runoff and erosion in glyphosate-treated clementine plantations in Eastern Spain. An assessment using rainfall simulation experiments. *Catena*, 174, 95-103.
- Keesstra, S., Veraart, J., Verhagen, J., Visser, S., Kragt, M., Linderhof, V., Groot, A. (2023). Nature-Based Solutions as Building Blocks for the Transition towards Sustainable Climate-Resilient Food Systems. *Sustainability*, 15(5), 4475.
- Keesstra, S., Veraart, J., Verhagen, J., Visser, S., Kragt, M., Linderhof, V., Groot, A. (2023). Nature-Based Solutions as Building Blocks for the Transition towards Sustainable Climate-Resilient Food Systems. *Sustainability*, 15(5), 4475.
- López-Vicente, M., Kramer, H., Keesstra, S. (2021). Effectiveness of soil erosion barriers to reduce sediment connectivity at small basin scale in a fire-affected forest. *Journal of Environmental Management*, 278, 111510.
- Luo, M., Moorhead, D. L., Ochoa-Hueso, R., Mueller, C. W., Ying, S. C., Chen, J. (2022). Nitrogen loading enhances phosphorus limitation in terrestrial ecosystems with implications for soil carbon cycling. *Functional Ecology*, 36(11), 2845-2858.
- Mol, G., Keesstra, S. (2012). Soil science in a changing world; Editorial overview. *Environ. Sustainable*, 4, 473-477.

- Morel, J. L., Chenu, C., Lorenz, K. (2015). Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas (SUITMAs). *Journal of soils and sediments*, 15, 1659-1666.
- Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., Alewell, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of The Total Environment* 479–480, 189–200. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.010>
- Rodrigo-Comino, J. (2018). Five decades of soil erosion research in “terroir”. The State-of-the-Art. *Earth-Science Reviews* 179, 436–447. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.02.014>
- Rodrigo-Comino, J., Barrena-González, J., Pulido-Fernández, M., Cerdà, A., 2019a. Estimating Non-Sustainable Soil Erosion Rates in the Tierra de Barros Vineyards (Extremadura, Spain) Using an ISUM Update. *Applied Sciences* 9, 3317. <https://doi.org/10.3390/app9163317>
- Rodrigo-Comino, J., Cerdà, A., 2018. Improving stock unearthing method to measure soil erosion rates in vineyards. *Ecological Indicators* 85, 509–517. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.042>
- Rodrigo-Comino, J., Keshavarzi, A., Zeraatpisheh, M., Gyasi-Agyei, Y., Cerdà, A., 2019b. Determining the best ISUM (Improved stock unearthing Method) sampling point number to model long-term soil transport and micro-topographical changes in vineyards. *Computers and Electronics in Agriculture* 159, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.03.007>
- Rodríguez Sousa, A. A., Parra-López, C., Sayadi-Gmada, S., Barandica, J. M., Rescia, A. J. (2020). Evaluation of the objectives and concerns of farmers to apply different agricultural managements in olive groves: The case of Estepa region (Southern, Spain). *Land*, 9(10), 366.
- Smith, P., Keesstra, S.D., Silver, W.L., Adhya, T.K. (2021). The role of soils in delivering Nature’s Contributions to People. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 376, 20200169. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0169>
- Tian, J., Ge, F., Zhang, D., Deng, S., Liu, X. (2021). Roles of phosphate solubilizing microorganisms from managing soil phosphorus deficiency to mediating biogeochemical P cycle. *Biology*, 10(2), 158.
- Visser, S., Keesstra, S., Maas, G., De Cleen, M., Molenaar, C. (2019). Soil as a basis to create enabling conditions for transitions towards sustainable land management as a key to achieve the SDGs by 2030. *Sustainability*, 11(23), 6792.
- Wu, G. L., Liu, Y. F., Cui, Z., Liu, Y., Shi, Z. H., Yin, R., Kardol, P. (2020). Trade-off between vegetation type, soil erosion control and surface water in global semi-arid regions: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 57(5), 875-885.
- Yue, L., Juying, J., Bingzhe, T., Binting, C., Hang, L. (2020). Response of runoff and soil erosion to erosive rainstorm events and vegetation restoration on abandoned slope farmland in the Loess Plateau region, China. *Journal of Hydrology*, 584, 124694.
- Zuazo, V. H. D., Rodríguez, B. C., García-Tejero, I. F., Ruiz, B. G., Távira, S. C. (2020). Benefits of organic olive rainfed systems to control soil erosion and runoff and improve soil health restoration. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 41.