

Guía de actuación

Cubiertas vegetales en viñedos





Contenido

1. Resumen ejecutivo	5
2. ¿Por qué esta guía?	7
3. ¿Qué proponemos?	11
4. Tipos de Cubiertas Vegetales	15
5. ¿Qué tipo de problema nos podemos encontrar?	19
6. Labores en las cubiertas vegetales	21
7. Resumen de los resultados obtenidos en el proyecto piloto	23
8. Bibliografía	25



1. Resumen ejecutivo

La gestión sostenible del suelo de los viñedos puede ayudar a mitigar el efecto negativo de la agricultura intensiva en el ecosistema del suelo para la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible. No obstante, la degradación del suelo es una de las mayores amenazas del siglo XXI, y concretamente en la región mediterránea la erosión del suelo en los viñedos es uno de los problemas más importantes de la viticultura que se verá agravado por el cambio climático. Además, la ausencia de cobertura vegetal en los viñedos, principalmente en los situados en zonas de pendiente, supone un fuerte riesgo en relación con la erosión, ya que las plantas de vid aportan poca protección frente a ésta.

En este contexto, es fundamental la adopción de técnicas de manejo alternativas, como pueden ser las cubiertas vegetales, ya que reducen significativamente la escorrentía superficial y, consecuentemente, la erosión además de mejorar la estructura de suelo y disponibilidad de los nutrientes entre otros. Sin embargo, el uso de las cubiertas vegetales no está suficientemente extendido principalmente por el miedo a generar una competencia excesiva por el agua.

Esta guía pretende dar a conocer la problemática que representa la erosión del suelo en los viñedos y hacer una propuesta del manejo mediante cubiertas vegetales para frenar el riesgo de erosión. La guía resume brevemente los diferentes tipos de cubiertas vegetales, el manejo que conllevan y se presenta brevemente los resultados obtenidos en el ensayo piloto llevado a cabo en un viñedo de Rioja Alavesa en el marco del proyecto INTERREG SUDOE MONTCLIMA: Clima y riesgos naturales en las montañas del SUDOE.



2. ¿Por qué esta guía?

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales (Burbano, 2016). No sólo es la base natural para la producción de alimentos y materias primas de las cuales depende la sociedad mundial (Silva y Correa, 2009; Montanarella, 2015), sino que además alberga una cuarta parte de la biodiversidad de nuestro planeta. No obstante, la degradación del suelo es una de las mayores amenazas del siglo XXI. Según estudios bibliográficos, los procesos de degradación del suelo ya han afectado al 33% de la superficie terrestre (Bini, 2009), lo que conlleva una reducción importante de la calidad y funcionalidad de éste (Lal, 2015). Entre los procesos de degradación del suelo, la erosión por agua y viento se encuentra entre los más importantes. La Agencia Europea de Medio Ambiente estima que 115 millones de hectáreas están expuestas a procesos de erosión hídrica (12% de la superficie terrestre europea) y 45 millones de hectáreas a la erosión eólica (AEMA, 2010). Se estima que anualmente 12 millones de hectáreas sufren erosión potencialmente severa en Europa (figura 1), lo que supone aproximadamente una pérdida económica de alrededor de 1.250 millones de euros (Panagos et al., 2017).

La agricultura ocupa una proporción considerable de las tierras europeas y, por tanto, desempeña un papel importante en el mantenimiento de los recursos del suelo. En este sentido, los países del sur de Europa y del Mediterráneo tienen una proporción mucho más importante de cultivos permanentes (principalmente frutales, arbustos, vides y olivos) que otros países (alrededor del 20% del uso del suelo). De hecho, la superficie total de cultivos permanentes de Grecia, Italia, España y Portugal constituye el 76% de los cultivos permanentes de Europa, lo que representa unas 8.044.900 ha. Esto puede explicarse por las condiciones climáticas favorables de estos países y por la importancia comercial de los cultivos permanentes.

En este sentido, los viñedos son uno de los cultivos más susceptibles a la erosión en la región mediterránea (Cerdán et al., 2010), y a su vez son uno de los cultivos más importantes en términos económicos y de empleo (Cerdán et al., 2010; García-Ruiz et al., 2010; Raclot et al., 2009; Ramos y Martínez-Casasnovas, 2006). Los viñedos de las zonas sub-húmedas o semiáridas se manejan normalmente manteniendo el suelo desnudo a través de un laboreo convencional

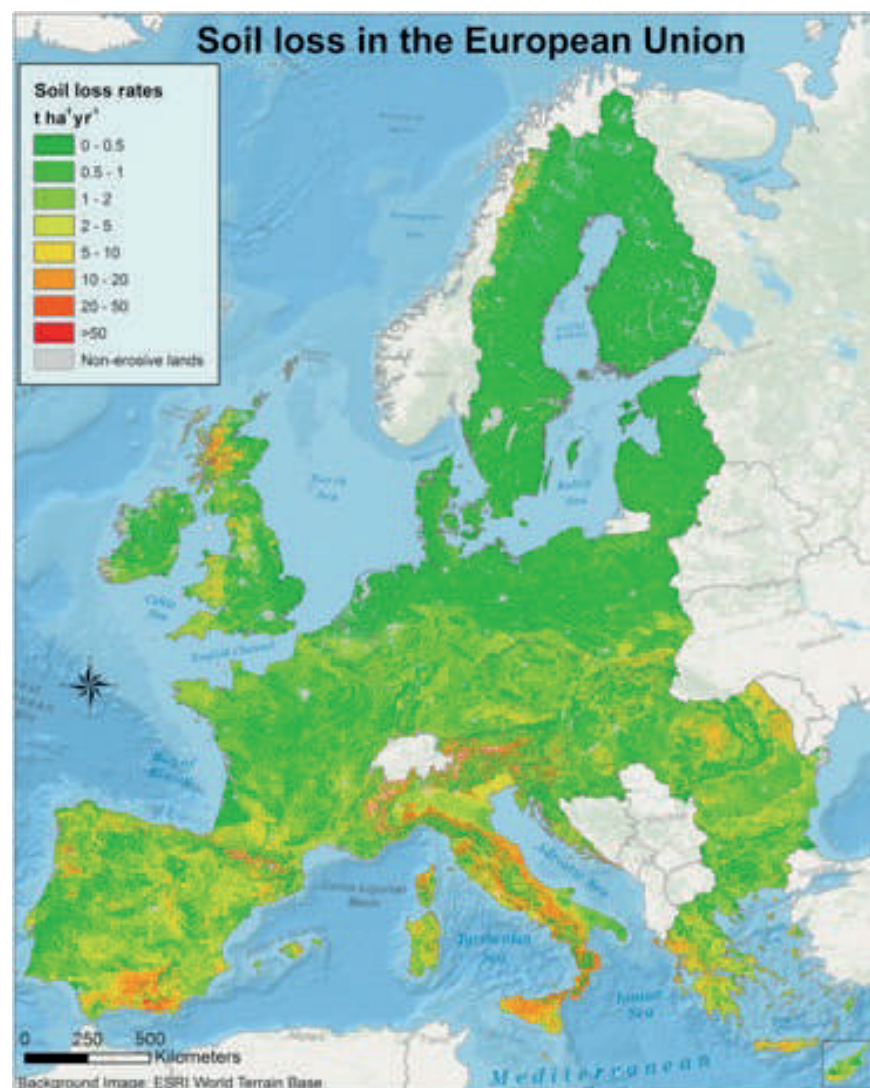


Figura 1: Mapa de las tasas de pérdida de suelo en la Unión Europea (año de referencia: 2010) basado en RUSLE2015. Fuente: Panagos et al, 2015.

(Ruiz-Colmenero et al., 2011) o mediante la aplicación de herbicidas (Raclot et al., 2009). Esta ausencia de cobertura vegetal supone, en particular en los suelos en pendiente, un fuerte riesgo en relación a la erosión (López-Bermúdez et al., 1998), ya que las plantas de vid aportan poca protección frente a ésta. Son numerosos los trabajos que se han llevado a cabo para analizar el efecto de las distintas técnicas de mantenimiento del suelo (Biddoccu et al., 2017; Blavet et al., 2009; Martínez-Casasnovas y Sánchez-Bosch, 2000; Prosdocimi et al., 2016; Raclot et al., 2009). Según estos trabajos, en zonas tradicionalmente vitícolas donde los viñedos se encuentran en pendientes y son manejados con técnicas de mantenimiento de suelo convencionales, se registran altas tasas de erosión. Es altamente probable que los índices y la extensión de los procesos de erosión del suelo experimenten cambios a causa de la mayor variabilidad climática inducida por el hombre. Concretamente, las variaciones en los patrones e intensidad de

las precipitaciones, así como en la frecuencia e intensidad de las tormentas, pueden afectar al riesgo de erosión, ya sea directamente, a través del desplazamiento físico de las partículas del suelo, o indirectamente, mediante la eliminación de la cubierta vegetal protectora (Märker et al., 2008).

En este contexto, la adopción de técnicas de manejo alternativas, como pueden ser las cubiertas vegetales, reduciría significativamente la escorrentía superficial y, consecuentemente, la erosión (Biddoccu et al., 2017; Blavet et al., 2009; Napoli y Orlandini, 2015; Novara et al., 2011).

Por todo ello, el objetivo de esta guía es mostrar los pasos a seguir para manejar un viñedo con cubiertas vegetales como alternativa de manejo para hacer frente al riesgo de erosión del suelo. Se muestran los diferentes tipos de cubiertas vegetales, así como los beneficios y cómo hacer frente a los posibles problemas que podemos encontrar.





3. ¿Qué proponemos?

Tal y como se ha comentado anteriormente, existen muchos estudios que demuestran que las tasas de erosión registradas en viñedos en pendiente en zonas vitícolas son altas. En este contexto, la adopción de técnicas de manejo alternativas, como pueden ser las cubiertas vegetales, reduciría significativamente la escorrentía superficial y, consecuentemente, la erosión (Biddoccu et al., 2017; Blavet et al., 2009; Napoli y Orlandini, 2015; Novara et al., 2011).

Históricamente, en zonas donde las condiciones eran adecuadas, era frecuente la utilización de cubiertas permanentes asociadas a cultivos leñosos (Ingels, 1998). Las cubiertas se empleaban como pastos dentro de estos cultivos, realizándose un uso combinado del terreno como ganadero y frutícola. A principios del siglo XX las cubiertas vegetales se implantaron en viñedo para reducir la erosión, aumentar la fertilidad y mejorar la infiltración del suelo (Ingels, 1998). Sin embargo, en zonas secas las técnicas de manejo del suelo se han basado en la aplicación de labores manuales o con tracción animal, pretendiendo eliminar la competencia ejercida por la vegetación espontánea del viñedo. Después de la II Guerra Mundial la irrupción de fertilizantes de síntesis, el uso de la maquinaria pesada y de herbicidas limitó el uso de cubiertas vegetales.

No obstante, en las últimas décadas el interés hacia el uso de cubiertas vegetales está creciendo de nuevo debido al también creciente interés en la agricultura sostenible y a la utilización de nuevos métodos de riego, nuevas especies de enyerbado o nuevos aperos para el manejo de las cubiertas vegetales (Hanson, 2006). Se debe tener en cuenta que las cubiertas vegetales, además de proteger la superficie del suelo del impacto de las gotas de lluvia, limitan el sellado superficial en zonas de pendiente a través de la retención de materia orgánica en superficie (Aljibury y Christensen, 1972). Las cubiertas vegetales contribuyen al aumento de materia orgánica en el suelo, ya que hasta el 50% de la biomasa de las raíces de la vegetación herbácea se retiene en el suelo como materia orgánica (Biddoccu et al., 2017).

Durante la última década, el manejo mediante cubiertas vegetales se ha extendido, observándose numerosos beneficios como son: la protección frente a la erosión, regulación del crecimiento de la vid, aumento en la fertilidad del suelo, mejora de la estructura del suelo, aumento de la capacidad de retención de agua, aumento de la biodiversidad, control de plagas, hábitat para

predadores beneficiosos y mejora del acceso para operaciones agrícolas (Fourie, 2010; Morlat y Jacquet, 2003). Además de acentuar la calidad de la uva y el vino, y de causar una posible disminución de la producción, mediante las cubiertas se puede conseguir un ahorro del 80% en el caso de un solo tratamiento con herbicida. Del mismo modo, Medrano et al. (2014) analizaron los costes y beneficios que pueden suponer diferentes cubiertas vegetales en distintas situaciones climáticas, recomendando en cada caso distintos tipos de cubierta, tal y como se resume en la Tabla 1.

Tabla 1: Comparación coste-beneficio de cubiertas vegetales bajo distintos climas sin estrés hídrico en relación con climas con una sequía estival típica.

	Beneficios	Costes	Cubierta vegetal recomendada
Climas sin limitación de lluvia	Protege el suelo contra la erosión y la formación de costra. Mejora la fertilidad del suelo y la estructura aumentando la capacidad de retención de agua del suelo. Regula el crecimiento de la cepa (vigor) y la producción reduciendo la disponibilidad de agua para la uva.	Coste de establecimiento y de mantenimiento regular. El manejo del riego, fertilización y otras prácticas deben satisfacer las necesidades de ambos cultivos: vid y cubierta vegetal.	Cubiertas vegetales permanentes o perennes y/o vegetación espontánea herbácea cubriendo todo el viñedo durante el ciclo vegetativo de la vid. En suelos profundos con una capacidad prevista de agua disponible adecuada, la cubierta vegetal adecuada incluye especies herbáceas de rápido crecimiento.
Climas con lluvia limitada	Mejora la fertilidad del suelo y la actividad biológica (micorrizas) implicada en la absorción de agua y nutrientes. Mejora la capacidad de retención de agua del suelo disminuyendo la resistencia mecánica del suelo y aumentando la infiltración del agua. Disminuye la evaporación directa del suelo durante el verano. En suelos profundos, aumenta el crecimiento de las raíces de la cepa y limita la competición directa por los recursos de agua. Un ajuste temprano de la superficie del área foliar reduce necesidades de agua posteriores.	Coste de establecimiento y de mantenimiento regular. Competición por el agua y los nutrientes con la viña. No recomendada en el establecimiento del viñedo.	Cubiertas vegetales no permanentes o anuales sin crecimiento durante el verano. Cubierta vegetal parcial (alternando calles con y sin cubierta vegetal). En suelos someros que reciben lluvias limitadas y para viñedos en ladera, la mezcla que se recomienda incluye diversas festucas (<i>Festuca</i> spp.). En áreas semiáridas una mezcla de hierbas y leguminosas.

Fuente: Medrano et al. (2014).



Esta guía pretende ser una ayuda para los viticultores que opten por manejar sus viñedos con cubiertas vegetales, puesto que este manejo permite frenar los graves procesos de erosión que están sufriendo como consecuencia entre otros, del manejo convencional. Además, propone un manejo del suelo que potencia la resiliencia de este recurso frente a la erosión hídrica, como estrategia combinada de reducción de riesgos y adaptación al cambio climático. Esta óptica es especialmente relevante en consideración a la probable intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos que aceleran los procesos de degradación del suelo (IPCC, 2022).



4. Tipos de Cubiertas Vegetales

Los tipos de cubierta vegetal se pueden diferenciar en función de la temporalidad, intensidad y tipo de establecimiento. Según el tiempo que permanezca o la superficie que abarque se clasifican en:

- 1. Cubiertas permanentes (Perenne):** Permanecen activas durante todo el año, su control y el de la competencia que ejercen se hace mediante siegas o delimitando la superficie cubierta. Son más habituales en climas húmedos y tienen como principal objetivo reducir el vigor y mejorar el microclima y la calidad de la cosecha. También se les pueden atribuir otros beneficios como la protección ante procesos erosivos y la mejora en el acceso a la parcela. Se pueden componer de distintos tipos de plantas, como leguminosas perennes (*Lotus corniculatus* L., *Trifolium fragiferum* L., *Trifolium repens* L.), gramíneas perennes (*Bromus carinatus* Hooker & Arnnot, *Dactylis glomerata* L., *Elymus glaucus* Buckley., *Festuca arundinacea* Schreber, *Festuca idahoensis* Elmer., *Festuca ovina*, *Festuca rubra* L., *Hordeum brachyantherum* Nevski., *Lolium perenne* L., *Poa secunda* J. Presl.) (Figura 2).
- 2. Cubiertas temporales:** Permanecen activas durante un período limitado de tiempo. Son más habituales en climas más cálidos y secos con el fin de reducir la erosión, aumentar la capacidad portante del suelo o mejorar su infiltración y fertilidad. Normalmente esta vegetación se suele encontrar activa cuando la vid está inactiva, y habitualmente se eliminan cuando comienzan a competir. Estas cubiertas se pueden clasificar según la especie predominante que las componga, el manejo de la propia cubierta o el tiempo durante el cual permanecen sobre el terreno (Ingels et al., 1998).
- 3. Cubiertas de invierno anuales en viñedos labrados:** El fin principal es la mejora de la fertilidad del suelo mediante el aporte de materia orgánica, la reducción de la erosión o la limitación del vigor si se les permite competir con la viña (Ingels, 1998). Normalmente están compuestas por especies que generan gran cantidad de biomasa y se laborean en primavera para retirarlas. Se suelen componer de gramíneas (*Avena sativa* L., *Hordeum vulgare* L., *Secale cereale* L., *Triticum aestivum* L., *Triticale* Wittmark (*Triticum*



Figura 2: Vegetación espontánea en el primer año después de dejar el laboreo del suelo.

sp. X *Secale* sp.), *Lolium multiflorum* Lam.), leguminosas (*Pisum sativum* L., *Trifolium alexandrinum* L., *Vicia faba* L., *Vicia sativa* L., *Vicia villosa* Roth., *Vicia ervilia* L., *Vicia benghalensis* L.), crucíferas (*Brassica nigra* (L) Koch, *Raphanus sativus* L., *Brassica rapa* L.) (Figura 2).

4. **Cubiertas de invierno anuales en viñedos no labrados:** Tienen como fin proteger el suelo del viñedo durante la totalidad del año, pero minimizando la competencia con la vid. Para ello, se seleccionan especies que vegetan durante otoño-invierno, agostando o produciendo semillas durante la brotación de la vid, permitiendo así su establecimiento sin necesidad de resiembras en años sucesivos (Ingels, 1998). Suelen estar compuestas por gramíneas (*Bromus hordeaceus* L., *Hordeum murinum* L., *Bromus tectorum* L., *Vulpia myurus* (L) C.C. Gmelin, *Festuca loguifolia* auct., non Thuill.), leguminosas (*Trifolium subterraneum* L., *Trifolium incarnatum* L., *Trifolium hirtum* All.), o bien pueden ser cubiertas naturales controladas (Figura 3). Estas últimas se seleccionan mediante siegas o herbicidas selectivos, y la competencia también se controla con siegas y herbicidas no residuales.



Figura 3: Cubierta vegetal de cebada de invierno (*Hordeum vulgare* L.).

- 5. Cubiertas de verano en viñedos labrados:** Ejercen una competencia intensa sobre la vid y son raramente utilizadas. Los objetivos varían dependiendo de la especie. Se utilizan cuando se pretende generar una gran cantidad de biomasa en condiciones de alta fertilidad. Las especies más utilizadas son *Fagopyrum esculentum* Moench., *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf., *Vigna unguiculata* (L.) Walp (Ingels, 1998).

Las cubiertas vegetales tanto si son temporales como si son permanentes se pueden también clasificar según la superficie que ocupan en la parcela:

1. Las **cubiertas totales**, cubren la totalidad de la superficie del viñado. Pueden reducir el vigor intensamente, por lo que sólo son recomendables en climas muy húmedos y suelos muy fértiles. El manejo de este tipo de cobertura en el hilo de la vid suele ser complicado, por lo que la hilera se suele mantener con suelo desnudo.
2. Las **cubiertas parciales**, cubren sólo parte de la superficie del terreno. De este modo se puede adecuar la competencia a la disponibilidad del medio. En general, se implanta la cubierta en la calle entre hileras, ajustándose el ancho de la cobertura, o también estableciéndose la cubierta en calles alternas. De este modo, se evita el exceso de competencia entre la cubierta utilizada y el cultivo.



5. ¿Qué tipo de problema nos podemos encontrar?

En general, las cubiertas vegetales en viticultura son consideradas como un elemento de calidad, con más ventajas que desventajas (Salazar y Melgarejo, 2005). Así, se ha propuesto que la coexistencia de ambos cultivos exige manejos, riegos y fertilizaciones que respondan a las necesidades de los dos (Colugnati et al., 2004). Estos autores indican que la mayoría de las cubiertas permanentes suelen ser apropiadas para suelos con gran capacidad de almacenamiento de agua y elevada fertilidad, y también para aquellos zonas con elevada disponibilidad hídrica (precipitaciones superiores a 500 mm año⁻¹), ya que pueden competir por el agua con las vides (Colugnati et al., 2004).

Si bien es cierto que dependiendo de las condiciones climáticas y características del viñedo es importante considerar los inconvenientes que se citan a continuación:

1. Competencia excesiva por nutrientes (fundamentalmente nitrógeno).
2. Competencia excesiva por el agua.
3. Riesgo de heladas primaverales.
4. Fermentaciones más largas.
5. Posibles problemas con los sabores en algunos vinos blancos.



6. Labores en las cubiertas vegetales

En el caso de una cubierta sembrada, es importante realizar antes de la siembra una adecuada preparación previa del terreno, eliminando la vegetación espontánea existente y dejando la superficie del suelo en condiciones óptimas para la germinación. Una vez preparado el suelo, la siguiente labor es la siembra de la cubierta. Para ello se utiliza una sembradora de pratenses o de cereal ajustada a la anchura de trabajo y adaptada al pequeño tamaño que generalmente tienen las semillas de las especies plantadas. Para facilitar la nascencia se aconseja realizar una labor de pase de rulo tras la siembra.

Posteriormente, se realiza la siega mecánica de la cubierta mediante una desbrozadora. Esta actividad se lleva a cabo entre primavera y verano con el objetivo de controlar el crecimiento del enyerbado, evitando así una competencia excesiva con el viñedo. Un punto importante es mantener la cubierta vegetal lo más corta posible durante el periodo de heladas primaverales, para prevenir heladas de irradiación y evaporación, y para prevenir también la proliferación de ciertas plagas o enfermedades.

Merece especial atención el control de la necesidad hídrica de la planta, ya que como se ha comentado anteriormente dependiendo las condiciones climáticas se puede generar una excesiva competencia por el agua. Además, también hay que tener en cuenta que debido a que las aplicaciones de nitrógeno en la fertilización son escasas o nulas en el viñedo, también puede ocurrir una competencia por este nutriente que tenga consecuencias en el desarrollo de la cepa (Kortabarría, 2017).



7. Resumen de los resultados obtenidos en el proyecto piloto

Ante esta situación, se planteó dentro del proyecto INTERREG MONTCLIMA un ensayo en un viñedo comercial de Rioja Alavesa con el objetivo de evaluar el efecto de una cubierta vegetal espontánea como manejo del suelo que puede mitigar la erosión. Así, se analizó el efecto de dicha cubierta vegetal en las tasas de erosión comparado con el laboreo tradicional, durante el periodo de 01/04/2020-31/12/2022 en un viñedo de Elvillar, Álava. Las tasas de erosión se midieron mediante cajas Gerlach y se instalaron seis pluviómetros para el seguimiento de la precipitación en la parcela. Según los resultados obtenidos, la cubierta vegetal redujo de manera considerable la erosión hídrica, incluso durante eventos de precipitación torrenciales. La pérdida media anual para cada tratamiento fue de 2,10 ($\pm 0,09$) t ha⁻¹ año⁻¹ en el caso de cubierta vegetal y 17,89 ($\pm 1,14$) t ha⁻¹ año⁻¹ en caso del laboreo.

El crecimiento del viñedo se redujo debido a la competencia generada por la cubierta vegetal desde la primera campaña en el que el tratamiento de laboreo presentó un peso de poda en cada cepa de 0,86 kg en el tratamiento de laboreo y 0,68 en el de cubierta vegetal.

En cuanto a los parámetros productivos se observó una reducción del rendimiento en la segunda campaña del ensayo. Así, en el tratamiento de cubierta vegetal la viña produjo 4,2 kg cepa⁻¹ y el de cubierta vegetal 3,2 kg cepa⁻¹. Este descenso se originó debido a un menor número de racimos y a un menor peso de racimo.

Prácticamente no hubo diferencias cualitativas en la uva o el mosto. Pero en la campaña 2020 el ácido málico fue menor en el tratamiento de cubierta vegetal y en la vendimia de 2021 el potasio en mosto fue mayor en el tratamiento de laboreo.



8. Bibliografía

- AEMA. 2010. El Medio Ambiente en Europa. Estado y perspectiva-Síntesis. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhagen.
- Aljibury, F.K., Christensen, L.P. 1972. Water penetration of vineyard soils as modified by cultural practices. *American Journal of Enology and Viticulture*. 23(1): 35-38.
- Blavet, D., De Noni, G., Le Bissonnais, Y., Leonard, M., Maillo, L., Laurent, J.Y., Asseline, J., Leprun, J.C., Arshad, M.A., Roose, E. 2009. Effect of land use and management on the early stages of soil water erosion in French Mediterranean vineyards. *Soil and Tillage Research*. 106(1): 124-136.
- Biddoccu, M., Ferraris, S., Pitacco, A., Cavallo, E. 2017. Temporal variability of soil management effects on soil hydrological properties, runoff and erosion at the field scale in a hillslope vineyard, North-West Italy. *Soil and Tillage Research*. 165: 46-58.
- Bini, C. 2009. Soil: a precious natural resource. *CONSERV. NAT. RESOUR*: 1-48.
- Burbano, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *REV. CIENC. AGR*. 33 (2): 117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- Cerdán, O., Govers, G., Le Bissonnais, Y., Van Oost, K., Poesen, J., Saby, N., Gobin, A., Vacca, A., Quinton, J., Auerswald, K., Klik, A., Kwaad, F.J.P.M., Raclot, D., Ionita, I., Rejman, J., Rousseva, S., Muxart, T., Roxo, M.J., Dostal, T. 2010. Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology*. 122(1-2) 167-177.
- Colugnati, G., Cattarossi, G., Crespan, G. 2004. Gestione del terreno in viticoltura. *Vigne Vini*. 11: 53-83.
- Fourie, J.C., Louw, P.J.E., Agenbag, G. 2006. Cover Crop Management in a Chardonnay / 99 Richter Vineyard in the Coastal Region , South Africa . 2 . Effect of Different Cover Crops and Cover Crop Management Practices on Grapevine Performance. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 27(2): 178-186.
- García-Ruiz, J.M., Lana-Renault, N., Begueria, S., Lasanta, T., Regues, D., Nadal-Romero, E., Serrano-Muela, P., López-Moreno, J.I., Alvera, B., Martí-Bono, C., Alatorre, L.C. 2010. From plot to regional scales: Interactions of slope and catchment hydrological and geomorphic processes in the Spanish Pyrenees. *Geomorphology*. 120(3-4) 248-257.

- Hanson, J. 2006. History of tillage. En: 28th Annual Zero tillage workshop program. <http://www.mandakzerotill.org/books/proceedings/Proceedings%202006/History%20of%20tillage.htm>
- Ingels, C.A. 1998. Grower Practices, en: Ingels, C.A., Lyman-Bugg, R., McGourthy, G.T., Christensen, P. (Eds.), Cover Cropping in Vineyards: A Grower's Handbook. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland, E.E.U.U. pp. 138-150.
- IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- Kortabarria, 2017. Cubiertas vegetales en un viñedo de Rioja Alavesa: influencia sobre el estado hídrico, crecimiento vegetativo, producción y calidad. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Lal, R. 2015. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. SUSTAINABILITY 7: 5875-5895.
- López-Bermúdez, F., Romero-Díaz, A., Martínez-Fernández, J. 1998. Vegetation and soil erosion under a semi-arid Mediterranean climate: a case study from Murcia (Spain). Geomorphology. 24(1): 51-58.
- Märker, M., Angeli, L., Bottai, L., Costantini, R., Ferrari, R., Innocenti, L., & Siciliano, G. (2008). Assessment of land degradation susceptibility by scenario analysis: A case study in Southern Tuscany, Italy. Geomorphology, 93(1-2), 120-129.
- Martínez-Casasnovas, J.A., Sánchez-Bosch, I. 2000. Impact assessment of changes in land use/conservation practices on soil erosion in the Penedès–Anoia vineyard region (NE Spain). Soil and Tillage Research. 57(11-2): 101-106.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.-M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., Bota, J. 2014. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. Agronomy for Sustainable Development. 35: 499-517.
- Morlat, R., Jacquet, A. 2003. Grapevine root system and soil characteristics in a vineyard maintained long-term with or without interrow sward. American Journal of Enology and Viticulture. 54(1): 1-7.
- Montanarella, L. 2015. Agricultural policy govern our soils. Nature. 528: 32-33.
- Napoli, M., Orlandini, S. 2015. Evaluating the Arc-SWAT2009 in predicting runoff, sediment, and nutrient yields from a vineyard and an olive orchard in Central Italy. Agricultural Water Management. 153: 51-62.
- Novara, A., Gristina, L., Saladino, S.S., Santoro, A., Cerdá, A. 2011. Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard. Soil and Tillage Research. 117: 140-147.

- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., ... & Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental science & policy*, 54, 438-447.
- Panagos, P., Standardi, G., Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L., Bosello, F. 2017. Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. *LAND DEGRAD. DEV.* 29: 471-484.
- Prosdocimi, M., Cerda, A., Tarolli, P. 2016. Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. *Catena*. 141: 1-21.
- Raclot, D., Le Bissonnais, Y., Louchart, X., Andrieux, P., Moussa, R., Voltz, M. 2009. Soil tillage and scale effects on erosion from fields to catchment in a Mediterranean vineyard area. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 134(3-4): 201-210.
- Ramos, M.C., Martínez-Casasnovas, J.A. 2007. Soil loss and soil water content affected by land levelling in Penedes vineyards, NE Spain. *Catena*. 71(2): 210-217.
- Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Marques, M.J. 2011. Soil and water conservation dilemmas associated with the use of green cover in steep vineyards. *Soil and Tillage Research*. 117: 211-223.
- Salazar, D., Melgarejo, P. 2005. *Viticultura. Técnicas de cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Silva, S., Correa, F. 2009. Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico*. 23: 13-34.

