

Semillas nativas por la biodiversidad

Guías para restaurar con semillas nativas





Medio ambiente
eficiencia de recursos

Tabla de contenidos

1. <i>Uso de semillas nativas en ecosistemas mediterráneos: estado del arte</i>	3
1.1. Resumen Ejecutivo	3
1.2. Preámbulo	3
1.3. Biodiversidad y Restauración de Agroecosistemas	5
1.4. Agroecosistemas de Cultivos Permanentes	6
1.5. Pastizales Mediterráneos	8
1.6. ¿Por qué utilizar plantas silvestres de origen local?	9
1.7. Recolección y Producción de Semillas Nativas	10
1.8. Estado de amenaza de las plantas vasculares de la región SUDOE	11
1.9. Estudios y Proyectos en la región SUDOE	12
1.10. Bancos de Semillas y Productores de Semillas Nativas	14
1.11. Especies nativas adaptables a los agroecosistemas bajo la influencia del Mediterráneo	15
1.12. Referencias	16

1. Uso de semillas nativas en ecosistemas mediterráneos: estado del arte

1.1. Resumen Ejecutivo

El objetivo del Grupo de Trabajo 1 (GT1) del proyecto “Fleurs locales” es explorar el estado del arte sobre la restauración de la biodiversidad a través del uso de semillas nativas en las distintas áreas biogeográficas de SUDOE para identificar los vacíos y promover el conocimiento.

Para ello, se han diseñado tres actividades. En primer lugar, realizar una revisión bibliográfica sobre las especies nativas aptas para los agroecosistemas en las condiciones mediterráneas. A continuación, identificar las existencias de semillas disponibles en el mercado, y por último, seleccionar las especies más prometedoras en función de las especificaciones de la restauración.

Aquí revisamos el estado del arte sobre la utilización de semillas de origen local (semillas nativas) como una medida eficaz para mitigar las amenazas a la biodiversidad causadas por el cambio climático y las actividades humanas.

También abordamos las limitaciones de suministro de semillas tanto para la restauración ecológica como para la gestión de agroecosistemas y las directrices relevantes señaladas en la literatura para superar estas limitaciones en Europa.

Además, destacamos el Mediterráneo como un “punto caliente” global de biodiversidad, y la importancia del uso de semillas nativas para la restauración y mantenimiento de los servicios ecosistémicos en la simplificación del paisaje causada por la agricultura intensiva en el contexto del cambio climático. Este documento también aborda los beneficios del uso de semillas nativas en los agroecosistemas objetivo del proyecto “Fleurs locales”; las limitaciones observadas en Europa respecto a la recolección y producción de semillas nativas y su disponibilidad en los tres países de la región SUDOE.

1.2. Preámbulo

La biodiversidad vegetal esta amenaza por el cambio climático y las actividades humanas (urbanización, incendios, erosión del suelo, agricultura intensiva, sobreexplotación de recursos naturales, invasiones biológicas, etc.) y conlleva efectos negativos como: alteración de la dinámica y del área de distribución de las poblaciones, cambios en la estructura de los ecosistemas, extinción de especies, fragmentación de hábitats. Estos efectos se han visto acentuados por el cambio climático. El Proyecto Interreg SUDOE “Fleurs locales” pretende promover alternativas para prevenir la curva de erosión masiva de la biodiversidad, teniendo en cuenta los retos del cambio climático. Nuestro principal objetivo se apoya en la concienciación de la sociedad civil sobre la urgencia de estas medidas. Además de los retos medioambientales, la restauración de la biodiversidad y su adaptación al cambio climático es esencial para impulsar las actividades económicas. La nueva conciencia sobre el riesgo del cambio climático, requiere entre otras tareas, el desarrollo de iniciativas de restauración de agroecosistemas basadas en una cubierta vegetal adaptada y resiliente.

Una especie vegetal nativa (o autóctona, o indígena) puede ser definida como una especie existente dentro de su área natural de distribución y rango de dispersión. En los últimos años, la importancia de utilizar semillas nativas de procedencia local se ha convertido en una “buena práctica” generalizada a al hora de plantear proyectos de restauración, pero esto no siempre se traduce en “lo ideal” sobre el terreno. Las limitaciones pueden venir por la falta de conocimiento, pero también porque la cantidad de semillas nativas no es suficiente para abastecer a los usuarios finales. Lo mejor que se puede esperar son semillas de la misma región o país y no del distrito o valle más cercano al lugar de la restauración (Ladouceur et al. 2017).

Muchos proyectos de restauración (por ejemplo, Ecovars, Alp´Grains, SOS Praderas, etc.) que utilizan semillas nativas lo han hecho para mantener o aumentar la biodiversidad de los diferentes ecosistemas, sin embargo, estudios centrados en el uso de semillas nativas, desde la recolección a su uso final, son todavía incipientes en la literatura.

La conservación de la biodiversidad, la mitigación y la adaptación al cambio climático están en la agenda de las Naciones Unidas, la UE y otras iniciativas institucionales. La conexión entre los servicios y la sociedad (Objetivo 14), y la restauración del 15% de los ecosistemas degradados en todo el mundo (Objetivo 15), se han destacado en el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD de las siglas en inglés Convention on Biological Diversity) de las UN (CBD 2015; CBD 2016). Los actuales marcos políticos “preparados” en Europa en relación con el suministro de semillas nativas de especies herbáceas, son por lo general insatisfactorios tanto para los productores como para los usuarios (Abbandonato et al. 2017). Los autores informaron de que, inicialmente, dichas políticas se diseñaron para especies forrajeras y se relacionan con la distinción, uniformidad, y estabilidad, rasgos que no reflejan la heterogeneidad genética que las especies nativas necesitan para la restauración ecológica. Recientemente, se han diseñado normas de certificación más adecuadas para la multiplicación de semillas forrajeras para la preservación del entorno natural. Sin embargo, debido a las discrepancias en el mercado de semillas en Europa, esta política rara vez es práctica y no abarca todas las especies nativas herbáceas, lo que a menudo da lugar a una venta de semillas no reguladas. El mercado de semillas nativas en Europa se caracterizó como no regulado, y la mala calidad de las semillas es un hecho común (Marin et al. 2017). Sin embargo, se necesitan grandes cantidades de semillas nativas para la restauración a gran escala y la demanda no puede satisfacerse dependiendo únicamente de los recursos silvestres (Merritt & Dixon 2014). Los costes de suministro pueden imponer limitaciones financieras en las prácticas de restauración, porque el rendimiento y calidad (incluyendo la latencia) fluctúan con la intervencibilidad e intervencibilidad del flujo de polen, las perturbaciones naturales y la variabilidad climática (Merritt & Dixon 2014; Broadhurst et al. 2016; Abbandonato et al. 2017).

Un estudio reciente (Ladouceur et al. 2017) evaluó el suministro de semillas nativas y el conjunto de especies de restauración disponibles en Europa donde los autores proponen: “(1) la expansión sustancial de la investigación y el desarrollo de la calidad, la viabilidad, y la producción; (2) la transferencia de conocimientos mediante una fuente abierta entre los sectores, y (3) la creación de una política de apoyo destinada a estimular la demanda de semillas biodiversas”.

La industria europea de semillas nativas se compone principalmente de pequeñas y medianas empresas (De Vitis et al. 2017); los usuarios de semillas nativas que responden compran anualmente una media de 3.600kg de semillas con un gasto medio de 17.600€. Estas figuras indican una oferta claramente insuficiente de semillas nativas para la restauración de ecosistemas y agroecosistemas.

El proyecto ha identificado una comunidad de interesados en el SUDOE que son potenciales usuarios de semillas nativas. Sin embargo, los volúmenes necesarios de semillas no se pueden obtener únicamente mediante la recolección en la naturaleza y el mercado actual de semillas no ofrece una respuesta adecuada, debido a la falta de producción de material vegetal nativo de origen geográfico local. Los experimentos realizados en programas anteriores (por ejemplo, Ecovars) han demostrado que la multiplicación de semillas recogidas en medio natural es posible.

Con este proyecto, esperamos promover el uso de semillas nativas en los agroecosistemas abordando las principales limitaciones actuales. Los gestores de paisaje, científicos, productores de semillas, las comunidades y los usuarios identificarán las principales carencias técnicas y económicas.

1.3. Biodiversidad y Restauración de Agroecosistemas

La agricultura depende intrínsecamente de las condiciones climáticas y, consecuentemente, es uno de los sectores más vulnerables a los riesgos del cambio climático global. La cuenca mediterránea está reconocida como un “punto caliente” global de biodiversidad, que comprende algunas de las zonas biogeográficas más singulares con una gran diversidad de especies y endemismo (Myers et al. 2000). La cuenca mediterránea es una de las regiones donde los efectos del cambio climático van a ser más negativos para la agricultura. Por ejemplo, se ha reportado que esta región está en alto riesgo de sequía (Carrão et al., 2016), y se ha estimado que el calentamiento global por encima de 1,5°C llevará a los ecosistemas mediterráneos más allá de la variabilidad del Holoceno (Aguilera et al. 2020). Los agroecosistemas mediterráneos están igualmente amenazados por los impactos provocados por el hombre, como la erosión del suelo tras décadas de laboreo y el uso de herbicidas (Laguna and Giráldez, 1990).

Los servicios ecosistémicos relacionados con la biodiversidad, incluidos los servicios culturales, son esenciales para la producción agrícola. En los paisajes agrícolas, los pesticidas y la mecanización amenazan la biodiversidad, conducen a la simplificación del paisaje y pueden reducir los servicios ecosistémicos. Por otra parte, los consumidores son cada vez más conscientes de los problemas medioambientales en la producción de alimentos (Hervé et al. 2017). Estos cambios tienen un impacto sustancial en la biodiversidad protegida por las directivas de la UE. Recientemente, se han adoptado planes agroambientales y medidas de mejora de los hábitats de la fauna silvestre para evitar la pérdida de biodiversidad, aunque solo una pequeña proporción de su presupuesto total se destina directamente a la conservación de la biodiversidad. Las medidas en favor de la vida silvestre se limitan generalmente a zonas restringidas, durante un período de tiempo corto y en la mayoría de los casos, no se han evaluado ni aplicado adecuadamente (Sokos et al. 2013). Las graves amenazas que el cambio climático y los impactos humanos suponen para los agroecosistemas mediterráneos exigen la adaptación como factor clave que determinará la gravedad futura de los impactos sobre la agricultura y la producción de alimentos en el Mediterráneo (Iglesias et al., 2010; Aguilera et al. 2020). Como respuesta, la agricultura de conservación promueve un conjunto de prácticas de manejo como el “no laboreo” y la “cobertura del suelo” en cultivos leñosos para proteger al suelo de la erosión y mejorar la calidad ambiental (González-Sánchez et al., 2015; Jiménez-Alfaro et al. 2018).

1.4. Agroecosistemas de Cultivos Permanentes

Las cubiertas vegetales son especialmente recomendables para prevenir la erosión del suelo en cultivos permanentes mediterráneos. Esto se consigue cubriendo la superficie del suelo con materia inerte, vegetación espontánea, o sembrando semillas (González-Sánchez et al., 2015), donde produce múltiples beneficios físico-químicos, ecológicos y económicos (Pantera et al., 2018). El uso de coberturas vegetales ha sido identificado como una de las estrategias más efectivas para adaptarse al cambio climático, principalmente a través de la reducción de la vulnerabilidad a la erosión, aumentar las opciones de manejo durante los períodos de sequía, y la retención de N mineralizado debido al calentamiento (Aguilera et al. 2020). Cuando se siembra una cobertura vegetal, la selección de especies se debe adaptar a las condiciones ambientales de la región mediterránea, tales como los veranos secos y calurosos y la escasez de agua. Los rasgos deseables más importantes de las especies de cobertura de suelos en cultivos permanentes son: la capacidad de auto-siembra, poca altura, rápido crecimiento, capacidad de control de malas hierbas, desarrollo radicular superficial, no ser competidoras de los recursos hídricos, capacidad de capturar y poner en ciclo los nutrientes (tanto macro como micro elementos), alta producción de biomasa, protección del suelo frente a la erosión y la escorrentía, capacidad de estructurar el suelo para mejorar la porosidad, la retención de agua y la actividad biológica, aumento de la capacidad de carga del suelo,

aumento de fauna beneficiosa y/o polinizadores, fácil de segar/cortar/atropellar, compatibilidad con la sembradora y persistente como materia muerta en el suelo. Es especialmente importante que las coberturas vegetales se desarrollen durante el invierno, proporcionando una protección eficaz del suelo y una alta producción de biomasa, sin competir por el agua con el cultivo leñoso durante el verano (Alcántara et al. 2011; Jiménez-Alfaro et al. 2018).

A pesar de que todavía es necesario investigar más para entender mejor los efectos de los diferentes tipos de coberturas vegetales cuando se utilizan como herramientas de la conservación de la vida silvestre (Rollan et al., 2018), diversos autores han notado un incremento de especies de fauna silvestre asociadas con la presencia de coberturas de suelo, incluyendo especies de interés para la conservación (Carpio et al., 2017; Castro-Caro et al., 2015; Giralt et al., 2018, Barbaro et al., 2021, Hendershot et al. 2020).

El objetivo de la gestión de las cubiertas del suelo en cultivos permanentes es encontrar un equilibrio entre la provisión de servicios ecosistémicos y una baja competencia por los recursos de suelo y agua con el cultivo principal (García et al., 2018). Dada la creciente limitación hídrica para el crecimiento de los cultivos bajo el cambio climático, un manejo adaptativo de las cubiertas vegetales es primordial en los sistemas leñosos mediterráneos, lo que subraya la necesidad de una investigación específica en cada condición agroclimática para encontrar las especies y las prácticas de manejo de los cultivos de cobertura más adecuadas (Delpuech and Metay, 2018; Robačar et al., 2016; Aguilera et al. 2020). La intensificación de los cultivos leñosos mediterráneos (viñedos, olivares y frutales) ha cambiado drásticamente los paisajes tradicionales que eran relativamente sostenibles antes del siglo XX. Los olivares (*Olea europaea* L.) son un ejemplo por excelencia de agroecosistemas aptos para prácticas regenerativas porque son sistemas culturales perennes actualmente degradados por la erosión, la desertificación y la pérdida de biodiversidad (Jiménez-Alfaro et al. 2020).

El mantenimiento de la cubierta herbácea del suelo (principal medida agroambiental en olivares) es una inversión rentable que permite la recuperación de polinizadores cuando se trata de explotaciones de olivares situadas en paisajes de complejidad intermedia (Martínez-Núñez et al. 2020). Del mismo modo, la degradación de suelos en viñedos es un contexto extremadamente favorable para la pérdida de suelo en comparación con otras tierras agrícolas (Le Bissonnais et al., 2002, Brenot et al., 2006, Quiquerez et al. 2008). El cambio climático ya ha provocado un calentamiento importante en la mayoría de zonas vitícolas del mundo, y las condiciones climáticas determinan, en gran medida, las variedades de uva que pueden cultivarse, así como la calidad del vino.

El uso de coberturas vegetales sigue siendo un obstáculo en las zonas mediterráneas, donde las escasas precipitaciones de verano y la elevada demanda de evaporación suelen provocar una grave sequía estival; ya que las coberturas de suelos vivos compiten por el agua del suelo, esto provoca un mayor estrés hídrico (Celette et al., 2009) y, por consiguiente, un menor crecimiento y rendimiento. Sin embargo, informes recientes mostraron que los viñedos con cultivos de cobertura nativos tenían una riqueza global de especies significativamente mayor, en comparación con los viñedos con cultivos de cobertura exótica y con suelo desnudo (Eckert et al. 2020). Sin embargo, el uso de agua en primavera por parte de los cultivos de cobertura ayuda a controlar la altura de la vid, mejorando el microclima (Dokoozlian and Kliewer, 1996), y por lo tanto la calidad de la uva y el vino (Ingels et al. 2005). Por lo tanto, el uso de cultivos de cobertura para controlar el excesivo vigor en primavera podría convertirse en una interesante herramienta agronómica para una gestión más sostenible de los recursos del suelo y el agua, es decir, si las reducciones en el rendimiento se ven compensadas con aumentos en la calidad de la uva y el mosto (Matthews et al. 1990; Pou et al. 2011).

El uso de fertilizantes, la supresión de la vegetación ajena al cultivo y las prácticas modernas de riego han maximizado la producción de los cultivos a costa de la salud del suelo, comprometiendo la sostenibilidad de un sector económico estratégico en los países mediterráneos (Gómez et al. 2017). A su vez, la combinación del laboreo y el uso de herbicidas ha provocado grandes extensiones de suelo desnudo (Vicente-Vicente et al. 2016) por la pérdida de las capas herbáceas que cubrieron los olivares durante siglos. Estas prácticas aumentan la dependencia del agua y la pérdida progresiva de materia orgánica, lo que lleva a la necesidad de restaurar las cubiertas del suelo y equilibrar la producción con la conservación de los servicios naturales y culturales (Power et al. 2010). Se ha sugerido ampliamente que las variedades comerciales utilizadas como coberturas de suelo son inadecuadas para el clima mediterráneo y compiten con el cultivo principal por la humedad del suelo, mientras que las especies nativas, especialmente las anuales de invierno, podrían proporcionar los beneficios de las cubiertas de suelo sin los aspectos negativos de las especies exóticas (Nunes et al. 2016; Gómez et al. 2017; Jiménez-Alfaro et al. 2020).

1.5. Pastizales Mediterráneos

Los pastizales son un componente importante del paisaje en el área SUDOE. Estas tierras abiertas fueron creadas por la utilización humana durante los últimos miles de años. Estos pastizales son, en su mayoría, ecosistemas antropogénicos que se mantienen en equilibrio dinámico mediante el cultivo y el pastoreo (Henkin, 2016). En la actualidad, una opción interesante para muchos propietarios de tierras, es la conversión de las parcelas cultivadas, por ejemplo, viñedos abandonados, en ecosistemas pastizales

funcionales con alta resistencia a la intensidad de pastoreo y también una importante resiliencia en relación a los riesgos climáticos (Sternberg et al. 2015).

La rehabilitación o restauración de pastizales sigue las etapas naturales de sucesión, basadas en especies anuales y bianuales durante los dos primeros años, a las que sigue el establecimiento de comunidades vegetales perennes. Los efectos prioritarios proporcionan una ventaja a las especies de establecimiento temprano y afectan significativamente al curso de la sucesión. El efecto duradero de la siembra inicial confirma la contingencia de la vía sucesional sobre la presión de los propágulos en el momento del inicio de la sucesión debido a los efectos de prioridad (Švamberková et al., 2019).

Con frecuencia, las comunidades anuales y bianuales son especialmente ricas en flores y, por tanto, de gran interés para los polinizadores, otros invertebrados y depredadores asociados. Por lo tanto, la estrategia de restauración debería centrarse en la disponibilidad de especies nativas no solo para pastizales perennes como objetivo a medio plazo, sino también en las semillas para las etapas tempranas.

Los pastos europeos, sobre todo en los entornos mediterráneos, están sometidos a un doble proceso de abandono en las áreas menos productivas y de intensificación en las más productivas y accesibles. El abandono del pastoreo afecta a la composición florística, a rasgos funcionales como la altura de la vegetación, peso seco de las hojas, el inicio de la floración, la forma de vida y la masa de las semillas, a la diversidad funcional global de las comunidades y otros muchos aspectos ambientales como la calidad e intensidad de la luz y las características del suelo (revisado por Carmona et al. 2012). Sin embargo, los impactos ecológicos del pastoreo dependen del tipo de ecosistema, de la comunidad vegetal, y de las condiciones del lugar en concreto. Uno de los impactos del pastoreo es el sobrepastoreo, que es ampliamente conocido por su efecto sobre la composición y estructura de las comunidades vegetales y de las costras biológicas del suelo, al reducir la biomasa, el enriquecimiento de nutrientes del suelo y la regeneración general.

1.6. ¿Por qué utilizar plantas silvestres de origen local?

Nuestro enfoque se basa en la premisa de que las plantas nativas pueden ser ideales cubiertas de suelo, porque tienen un mejor ajuste ecológico con el sistema, asumiendo que pueden ser cultivadas para producir la cantidad adecuada de semillas para establecer y restaurar las cubiertas del suelo, así como que son capaces de establecer comunidades de pastizales perennes resilientes. Como indica Jiménez-Alfaro et al. (2020), todos los estudios sobre plantas nativas evaluaron rasgos ecológicos relevantes para su valor como cubiertas (por ejemplo, capacidad de auto-siembra, desarrollo de altura, forma de crecimiento, cobertura de hierbas, desarrollo radicular o fijación de nitrógeno), pero ninguno de ellos consideró el potencial cultivo de

semillas. Este es un vacío importante en las investigaciones, porque la necesidad de un suministro de semillas es una prioridad para el establecimiento de cubiertas del suelo (Nunes et al. 2016; Gómez et al. 2017; Jiménez-Alfaro et al. 2020).

La identificación de marcadores funcionales relacionados con la prestación de servicios puede ayudarnos a la selección de especies o comunidades que podrían realizar interesantes compensaciones entre múltiples servicios debido a una adecuada combinación de marcadores relacionados. Los rasgos funcionales también pueden proporcionar información para la selección de plantas con el fin de seleccionar especies de plantas nativas que son óptimas para diferentes tipos de agroecosistemas con el objetivo de proporcionar servicios agroecosistémicos.

Como se ha mencionado anteriormente, las variedades comerciales de semillas que se ofrecen en el mercado, y que son usadas en la mayoría de cobertura de suelos de agroecosistemas, son inadecuadas para el clima Mediterráneo y compiten con los cultivos por la humedad del suelo, mientras que las especies nativas, especialmente las anuales de invierno, podrían proporcionar los beneficios de las coberturas del suelo sin los aspectos negativos de las especies exóticas. Los puntos débiles de las semillas comerciales o los riesgos asociados a ellas se revelan rápidamente:

- Cubierta vegetal que no se reconstituye de forma sostenible;
- Una baja tasa de germinación;
- La necesidad de grandes dosis de semillas y fertilizantes y otros productos químicos;
- Competencia con la flora silvestre local que puede provocar desapariciones locales, con un mayor riesgo cuando se introducen plantas originarias de otras regiones climáticas;
- Riesgos de hibridación o contaminación genética con la flora silvestre que conlleva una pérdida de adaptación a las condiciones edafoclimáticas locales;
- Menos interés para los polinizadores locales y otros animales que interactúan con la vegetación.

Por lo tanto, se recomienda gestionar los agroecosistemas y restaurar tanto los pastizales anuales como los perennes con plantas silvestres de origen local

1.7. Recolección y Producción de Semillas Nativas

La Estrategia de Biodiversidad 2020 de la Unión Europea tiene como objetivo restaurar al menos el 15% de los ecosistemas degradados para el año 2020 y destaca la importancia del sector de las semillas nativas, así como la necesidad de mejorar la producción a gran escala y la disponibilidad de semillas nativas de calidad. Para unos objetivos tan ambiciosos, se ha reconocido que la escasez de material vegetal nativo es una limitación crítica para llevar a cabo la restauración ecológica a la escala necesaria (Tischew et al. 2011;

Merritt, et al. 2011). Dentro de Europa, el comercio y uso de semillas herbáceas están menos regulados en comparación con el material de reproducción forestal (Vander et al. 2010; De Vitis et al. 2017).

El cultivo de semillas de especies vegetales nativas es crucial para cumplir los objetivos de restauración, pero puede verse obstaculizado por la desconexión de la investigación académica en la ciencia de las semillas y la falta de políticas eficaces que regulen la producción/suministro de semillas nativas. Para ilustrar este problema, Ladouceur y varios colaboradores (2017) identificaron 1.122 especies de plantas importantes para los pastizales europeos, de interés para la conservación, y encontraron que sólo el 32% tiene datos fundamentales de germinación de semillas disponibles y que pueden ser compradas como semillas. El “conjunto de especies de restauración”, o conjunto de especies disponibles en la práctica, actúa como un importante filtro de selección para el uso de especies en proyectos de restauración.

Para implementar el uso de los orígenes locales de las semillas, la delimitación geográfica de las zonas de semillas, dentro de las cuales las semillas deben ser recogidas, propagadas y sembradas, puede ser crítica (Nevill et al. 2016; Durka et al. 2017). En Europa, los primeros intentos de delinear zonas de semillas nacionales para plantas herbáceas se han realizado recientemente (Durka et al. 2017). La definición de zonas de semillas transnacionales puede ser crucial para asegurar la adaptación ecológica de las especies vegetales en lugar de la actual fijación en las fronteras administrativas que a menudo tienen poca relevancia en un sentido ecológico o biológico. Una evaluación reciente de la industria europea de semillas nativas (De Vitis et al. 2017) concluyó que la producción de material vegetal nativo parece estar limitado por los altos costes de producción y la falta de experiencia en la propagación/producción. En particular, la producción de mezclas de semillas específicas para el lugar, que requieren líneas de pureza, es significativamente más cara y más arriesgada que para la producción de semillas convencionales (Krautzer et al. 2010). Por otro lado, muchos problemas en la producción, almacenamiento y uso de las semillas han sido superados por la práctica y la experiencia, pero sigue existiendo mucha falta de conocimiento que requiere más investigación científica (Merritt et al. 2011; De Vitis et al. 2017). El sector privado de la producción de semillas nativas se ha organizado recientemente creando la ENSPA (por sus siglas en inglés de la Asociación Europea de Productores de Semillas Nativas), agrupando bajo un código de conducta las iniciativas europeas comprometidas con este método de producción y sus limitaciones.

La obtención, recolección, producción y almacenamiento de semillas nativas supone un reto mayor que en el caso de las especies agrícolas (Bischoff et al. 2010; Broadhurst et al. 2008) para las que se han criado cultivares estables, uniformes y diferenciados (Ladouceur et al. 2017). Según Pedrini et al. (2020), existen tres enfoques principales para el suministro de semillas nativas para proyectos de restauración: (1) la recolección de semillas de poblaciones naturales/salvajes, (2) la cosecha de poblaciones manejadas, y (3) los sistemas de producción de semillas cultivadas (como las fincas productoras de semillas nativas). Estas

tres estrategias de suministro de semillas se sitúan a lo largo de un continuo en el que se requieren cada vez mayores aportaciones. Se debería seguir un enfoque similar para el suministro de semillas nativas para su uso en agroecosistemas y restauración de pastizales.

El establecimiento de cultivos de semillas nativas, en los que las semillas se producen en entornos de cultivos (similares a la producción agrícola u hortícola), tiene el potencial de satisfacer la creciente demanda de semillas nativas (Delpratt & Gibson-Roy 2015; Nevill et al. 2016; Jiménez-Alfaro et al. 2020; Pedrini et al. 2020). La multiplicación de semillas nativas usando un enfoque de producción cultivada como la que emplean prácticas agrícolas y/o hortícolas, es ahora un sector emergente en muchas partes del mundo (De Vitis et al. 2017; Gibson-Roy 2018; Hancock et al. 2020). Aunque, en las regiones biogeográficas de intervención de este proyecto la producción es casi inexistente. El desarrollo de sistemas de producción de semillas nativas cultivadas, desde pequeñas explotaciones a explotaciones a gran escala, permite multiplicar colecciones inicialmente pequeñas que mejoran en gran medida el suministro y evitan o reducen los impactos de la sobreexplotación de las poblaciones naturales (Kiehl et al. 2014; Gibson-Roy and Delpratt 2015; Pedrini et al. 2020).

Los rendimientos y la germinación de semillas de especies silvestres pueden ser naturalmente bajos y variables (Fenner, 2000), y aunque el cultivo de especies nativas puede facilitar la producción controlada, algunos rasgos ecológicos de las semillas pueden suponer un obstáculo para su recolección (Fenner and Thompson 2005). No todas las especies silvestres son candidatas para su producción comercial ya que la variación en los rasgos morfológicos de las semillas requiere el uso de equipos de recolección y acondicionamiento adecuados, cuyos costes pueden ser elevados si se produce un gran número de especies. Es esencial un manejo adecuado de las semillas desde su recolección hasta su almacenamiento posterior al acondicionamiento para mantener su viabilidad, la cual puede ser muy baja y es variable entre los proveedores (Marin et al. 2017, Ladouceur et al. 2017).

Así, el gran reto es promover la biodiversidad asociada a la agricultura – la agrobiodiversidad – que reforzará la resiliencia de los ecosistemas, pero mitigará alguno de los impactos que impiden que los agroecosistemas proporcionen más bienes y servicios. La incorporación de principios científicos asociados a la ecología en prácticas agrícolas, como la agricultura de conservación, o la gestión integrada de plagas, han demostrado que la intensificación de la producción puede mejorarse mediante un manejo sostenible de los ecosistemas y el uso de los servicios ecosistémicos en beneficio de la agricultura (Branquinho et al. 2017).

1.8. Estado de amenaza de plantas vasculares de la región SUDOE

La Lista Roja de Plantas Vasculares de Portugal Continental (Carapeto et al. 2020), que se realizó solo para una quinta parte de la flora vascular de Portugal Continental, es alarmante: 381 especies de plantas fueron clasificadas en una de las tres categorías de amenaza UICN – Vulnerable (VU), En Peligro (EN) o en Peligro Crítico (CR) – y 19 especies se consideran extintas en Portugal, de las cuales 2 están globalmente extintas. Las causas de estas cifras son las actividades humanas, que en sus múltiples formas, son la principal amenaza que está causando importantes descensos y que provocó la extinción de muchas especies. Algunos ejemplos son el desarrollo urbanístico y de infraestructuras (principalmente en la costa), la rápida expansión de la agricultura industrial en la última década (principalmente en Alentejo y Algarve, pero también en el oeste y norte) y las prácticas perjudiciales de manejo de la vegetación (por ejemplo, el uso de herbicidas y las prácticas recurrentes de desbroce de arbustos). Otras amenazas más naturales también suponen problemas importantes para muchas especies. Entre ellas, el cambio climático y la expansión de especies exóticas se encuentran entre las amenazas más importantes, ya que alteran gravemente las condiciones ambientales y ecológicas en muchas zonas del país, provocando gradualmente el declive del hábitat de muchas especies. El cambio climático puede ser especialmente amenazante para las especies que habitan zonas de montaña y pantanos, debido a la previsible disminución de las nevadas y a la mayor gravedad de las sequías. Las especies invasoras afectan a diversos entornos, pero son especialmente graves en zonas más afectadas por las perturbaciones humanas, como zonas devastadas en repetidas ocasiones por incendios forestales y/o sometidas a prácticas forestales intensivas, y también en los entornos costeros. Esto pone de manifiesto la importancia de preservar y aumentar la biodiversidad, especialmente en los agroecosistemas con intensas perturbaciones humanas.

España alberga una gran proporción de las especies amenazadas a nivel europeo. La Lista Roja Europea de Plantas Vasculares indica que el 26% de las 839 plantas vasculares evaluadas en España se consideran amenazadas a nivel europeo. La lista roja de la Flora Vascular de España de 2008 indicaba un aumento de las amenazas para 229 plantas comparada con la lista roja de 2000. Además, se han dado casos de plantas que han visto incrementado su nivel de riesgo de forma acusada durante este período. Por ejemplo, hay 31 taxones que han subido de categoría VU a CR y 36 anteriormente con Datos Insuficientes (DD) se consideran ahora CR o EN. Las principales causas de los descensos de biodiversidad son las mismas que las señaladas anteriormente.

La lista roja de 2012 de la Flora Vascular Francesa, que abarca un total de 878 especies, muestra resultados similares a los de Portugal y España, con 329 especies clasificadas en una de las tres categorías amenazadas (VU, EN o CR). La destrucción y modificación de los espacios naturales son algunas de las principales amenazas para la flora de Francia continental.

1.9. Los estudios y proyectos de la región SUDOE

Diferentes informes han abordado el uso de cubiertas vegetales con múltiples servicios ecosistémicos (Corleto & Cazzato, 2008; Alcántara et al. 2011; Martínez-Sastre et al. 2017; Guzmán et al. 2019; Jiménez-Alfaro et al. 2020 and references herein). Sin embargo, son muy pocos los estudios que incluyen especies nativas. (Jiménez-Alfaro et al. 2020 and references herein). También se pueden encontrar proyectos de restauración ecológica haciendo uso de especies nativas, sin embargo, son escasos los experimentos en agroecosistemas con cubiertas de suelos constituidas por especies nativas y la mayoría están restringidos a estudios académicos (Liébanas & Castillo, 2004; Alcántara et al., 2009; Gómez et al., 2013; Jiménez-Alfaro et al. 2020). Estos últimos autores presentan un proceso completo de selección de especies adaptadas a la región y hacen hincapié en las consideraciones de la producción de semillas. Utilizando el olivar como sistema objetivo, los autores concluyen que el 85% de las gramíneas y plantas herbáceas (P. herbáceas en la tabla) evaluadas (Tabla 1) presentan un conjunto de rasgos ecológicos y de producción que pueden adaptarse para satisfacer las necesidades de los agricultores, productores y agencias ambientales.

Tabla 1. Idoneidad de 8 gramíneas y 27 plantas herbáceas evaluadas como cubiertas de suelo en olivares mediterráneos (Jiménez-Alfaro et al. 2020)

Type	Species	Cultivo aceitunas	Cultivo semillas	Idoneidad final
Gramínea	<i>Bromus hordeaceus</i>	Buena	Excelente	Excelente
Gramínea	<i>Bromus scoparius</i>	Buena	Excelente	Excelente
Gramínea	<i>Anisantha madritensis</i>	Buena	Aceptable	Buena
Gramínea	<i>Anisantha rubens</i>	Buena	Aceptable	Buena
Gramínea	<i>Hordeum murinum</i>	Buena	Aceptable	Buena
Gramínea	<i>Trachynia distachya</i>	Aceptable	Excelente	Buena
Gramínea	<i>Cynosurus echinatus</i>	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Gramínea	<i>Lolium multiflorum</i>	Aceptable	Aceptable	Aceptable
P. herbáceas	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Buena	Excelente	Excelente
P. herbáceas	<i>Misopates orontium</i>	Buena	Excelente	Excelente
P. herbáceas	<i>Nigella damascena</i>	Buena	Excelente	Excelente
P. herbáceas	<i>Salvia verbenaca</i>	Buena	Excelente	Excelente
P. herbáceas	<i>Trifolium angustifolium</i>	Buena	Excelente	Excelente
P. herbáceas	<i>Biscutella auriculata</i>	Buena	Aceptable	Buena
P. herbáceas	<i>Cleonia lusitanica</i>	Buena	Aceptable	Buena

P. herbáceas	<i>Glebionis segetum</i>	Aceptable	Excelente	Buena
P. herbáceas	<i>Medicago orbicularis</i>	Buena	Aceptable	Buena
P. herbáceas	<i>Medicago polymorpha</i>	Buena	Aceptable	Buena
P. herbáceas	<i>Moricandia moricandioides</i>	Aceptable	Excelente	Buena
P. herbáceas	<i>Papaver dubium</i>	Buena	Aceptable	Buena
P. herbáceas	<i>Silene colorata</i>	Buena	Buena	Buena
P. herbáceas	<i>Stachys arvensis</i>	Aceptable	Excelente	Buena
P. herbáceas	<i>Tordylium maximum</i>	Aceptable	Excelente	Buena
P. herbáceas	<i>Trifolium hirtum</i>	Buena	Aceptable	Buena
P. herbáceas	<i>Trifolium lappaceum</i>	Buena	Aceptable	Buena
P. herbáceas	<i>Trifolium stellatum</i>	Excelente	Aceptable	Buena
P. herbáceas	<i>Vaccaria hispanica</i>	Aceptable	Excelente	Buena
P. herbáceas	<i>Anthemis cotula</i>	Aceptable	Aceptable	Aceptable
P. herbáceas	<i>Calendula arvensis</i>	Excelente	Mala	Aceptable
P. herbáceas	<i>Crepis capillaris</i>	Aceptable	Favorable	Aceptable
P. herbáceas	<i>Echium plantagineum</i>	Aceptable	Buena	Aceptable
P. herbáceas	<i>Scabiosa atropurpurea</i>	Aceptable	Favorable	Aceptable
P. herbáceas	<i>Silene gallica</i>	Aceptable	Buena	Aceptable
P. herbáceas	<i>Tolpis barbata</i>	Aceptable	Mala	Pobre
			Pobre/	Aceptable/
P. herbáceas	<i>Anthyllis vulneraria</i>	Buena	Aceptable	Buena

Se han llevado a cabo muy pocos proyectos de gran envergadura que utilicen semillas nativas como cubiertas vegetales en agroecosistemas mediterráneos. Un ejemplo es el proyecto CUVrEN-Oliver (Ground Covers of Native Species in Olive groves) cuyo objetivo es el establecimiento de cubiertas vegetales con semillas silvestres ibéricas de plantas anuales de invierno y de ciclo temprano en olivares en las provincias españolas de Sevilla, Córdoba y Jaén. También, el proyecto Interreg SUDOE SOS Praderas usa semillas nativas, con el objetivo de promover la gestión sostenible de los prados de heno mesófilos en el territorio SUDOE. Un trabajo similar fue realizado en relación a los prados de montaña de los Alpes franceses, suizos e italianos con el proyecto Alp'Grain (FEDER ALCOTRA 2007-2013, Koch et al., 2015).

Por último, en los Pirineos se ha realizado un importante trabajo de producción y certificación de plantas nativas para la reforestación de pastizales alpinos y subalpinos (Dupin et al., 2014).

La posibilidad de mejorar los pastos en tierras marginales mediante la siembra de alfalfa silvestre (*Medicago sativa* L.) y otras *Medicago* anuales (*M. polymorpha* L., *M. truncatula* Gaertn. and *M. rigidula* All.), se ha estudiado en tierras no cultivadas en varios países como España y Francia (Henkin, 2016).

1.10. Bancos de Semillas y Productores de Semillas Nativas

En Portugal, por lo que sabemos, las cubiertas de suelo establecidas en los agroecosistemas utilizan casi exclusivamente variedades no nativas. Esto puede deberse al escaso mercado de semillas de especies nativas. El Banco de Semillas Belo A.L. (<https://www.museus.ulisboa.pt/pt-pt/colecao-banco-de-sementes>) es el mayor banco de semillas nativas y más antiguo de Portugal continental, con más de 1200 especies y subespecies de plantas nativas de Portugal. Más orientado a los recursos genéticos agrícolas, el Banco Portugués de Germoplasma (BPGV- <https://www.inia.pt/bpgv>) tiene la misión de recolectar, conservar, caracterizar, documentar y valorar los recursos genéticos, con el fin de asegurar la diversidad biológica y la producción agrícola sostenible. Aunque estas dos instituciones públicas mantienen un extenso catálogo de especies, su rol no es suministrar semillas nativas ni para la restauración ecológica ni para el uso agrícola. El mercado debería asegurar el suministro de semillas, aunque solo se identificaron 2 productores en Portugal (De Vitis, et al. 2017). El objetivo del “Fleurs locales” de identificar las existencias de semillas de especies nativas en los bancos de semillas y los productores, dio como resultado el conocimiento de su inexistencia en Portugal para propuestas de restauración.

La RedBag (Red española de bancos de germoplasma de plantas silvestres y fitorrecurso autóctonos) con más de 25 bancos de semillas asociados, se creó y se desarrolló en respuesta a la necesidad de conservar los recursos fitogenéticos como cultivos, variedades locales y variedades silvestres. Aunque su rol es establecer mecanismos de transferencia de información sobre características biológicas relacionadas con la

reproducción, sistemas de propagación, protocolos de germinación, técnicas de cultivo, distribución y demografía, riesgos de extinción, métodos de conservación, programas de restitución y marco legal para la conservación del germoplasma vegetal español, cualquier información relacionada está disponible en la página web de la organización. La caracterización de la industria europea de semillas nativas realizada por De Vitis, et al. (2017), identifica 10 productores de semillas nativas en España, lo que indica un mercado más activo que el de Portugal. A pesar del considerablemente alto número de productores de semillas nativas, el suministro de semillas nativas adecuadas necesarias para el establecimiento de cubiertas vegetales en los cultivos leñosos mediterráneos es todavía pequeño teniendo en cuenta las necesidades.

Al contrario que en España o Portugal, el mercado de semillas nativas en Francia está regulado bajo la marca “Végétal local”, una simple marca colectiva que fue creada por iniciativa de tres redes: el “National Botanical Conservatories”, “l’Afac-Agroforesteries” y “Plante et Cité” en 2015. Este es el resultado de una convocatoria de proyectos por parte del ministerio encargado de la ecología, lanzada en 2011 en el marco de la Estrategia Nacional para la Biodiversidad y titulada “Conservación y uso sostenible de plantas de especies nativas para desarrollar industrias locales”. La marca “Végétal local” es una herramienta de trazabilidad de plantas silvestres y locales presentes de forma natural en la región de origen considerada. Esta marca incluye 61 productores de semillas asociados de las 11 regiones biogeográficas definidas dentro de un marco en el que tienen características ecológicas, edafológicas, geológicas y climáticas muy típicas (<https://www.vegetal-local.fr/vegetaux-producteurs/recherche>).

1.11. Especies nativas adaptables a los agroecosistemas bajo la influencia del Mediterráneo

Mientras que en los pastizales mediterráneos las especies nativas perennes son más tolerantes a la sequía que las anuales mediterráneas (Vaughn et al. 2011), en los agroecosistemas de cultivos perennes las cubiertas vegetales compiten por el agua del suelo con el cultivo principal. Por lo tanto, es necesario realizar una selección de especies nativas que se utilizarán como cubiertas verdes en los diferentes agroecosistemas objetivo. Para cultivos leñosos perennes como los viñedos y olivares, las plantas anuales son más adecuadas, ya que senescen de forma natural al inicio de la estación seca del verano y persisten como semillas. Esto reduce la competencia con el cultivo por la humedad del suelo y reduce la necesidad de que los agricultores gestionen activamente la cubierta vegetal, ya que se regenera a partir del banco de semillas al inicio de las lluvias de otoño, cuando es necesaria la protección del suelo de la erosión.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la región mediterránea es rica en biodiversidad vegetal, aunque la disminución de esta puede poner en peligro el funcionamiento de los servicios prestados por el ecosistema. Cualquier ecosistema solo funciona bien si existe una mezcla diversa de plantas en el paisaje. Por lo tanto, una estrategia exitosa radica en el “diseño” y uso de mezclas de especies en función de los

diferentes ambientes y sistemas agrarios. Debido al importante papel de las cubiertas vegetales, es esencial seguir investigando/considerando nuevas soluciones para los diferentes sistemas y ambientes con el fin de mantener sus beneficios, pero al mismo tiempo que se reducen los costes de gestión, es decir, reducir los costes de recorte de la biomasa producida. A pesar de ello, será necesario crear mezclas de semillas de especies que, además de tener un ciclo de vida corto (con senescencia más temprana que el momento de producción del cultivo), presentan una alta capacidad de cobertura del suelo y vigor vegetativo de moderado a reducido, hábito postrado, baja plasticidad fenotípica y buena adaptación a suelos de fertilidad corregida.

Las especies nativas aptas para agroecosistemas con cultivos perennes necesitan ser competitivas para cubrir los suelos y resistir el pastoreo o siega en diferentes períodos.

1.12. Referencias

1. Abbandonato, H., Pedrini, S., Pritchard, H. W., De Vitis, M., & Bonomi, C. (2018). Native seed trade of herbaceous species for restoration: a European policy perspective with global implications. *Restoration Ecology*, 26(5), 820-826.
2. Aguilera, E., Díaz-Gaona, C., García-Laureano, R., Reyes-Palomo, C., Guzmán, G. I., Ortolani, L., ... & Rodríguez-Estévez, V. (2020). Agroecology for adaptation to climate change and resource depletion in the Mediterranean region. A review. *Agricultural Systems*, 181, 102809.
3. Alcántara, C., Pujadas, A., & Saavedra, M. (2011). Management of cruciferous cover crops by mowing for soil and water conservation in southern Spain. *Agricultural Water Management*, 98(6), 1071-1080.
4. Alcántara, C., Sánchez, S., Pujadas, A., & Saavedra, M. (2009). Brassica species as winter cover crops in sustainable agricultural systems in southern Spain. *Journal of sustainable agriculture*, 33(6), 619-635.
5. Barbaro et al., (2021), Organic management and landscape heterogeneity combine to sustain multifunctional bird communities in European vineyards. *Journal of applied ecology*, 1365-2664.13885
6. Bischoff, A., Steinger, T., & Müller-Schärer, H. (2010). The importance of plant provenance and genotypic diversity of seed material used for ecological restoration. *Restoration ecology*, 18(3), 338-348.
7. Branquinho, C., Proença, V., Grilo, F., Sardinha, I. D., Faria, M. L., Franco, J. C., ... & Santos-Reis, M. (2017). Como promover os serviços de ecossistema na agricultura usando a biodiversidade: o caso de estudo da percepção da fileira da vinha. *Cultivar. Cadernos de Análise e Prospetiva*.

8. Brenot, J., Quiquerez, A., Petit, C., Garcia, J. P., & Davy, P. (2006). Soil erosion rates in Burgundian vineyards. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 6, 169-173.
9. Broadhurst, L. M., Lowe, A., Coates, D. J., Cunningham, S. A., McDonald, M., Vesk, P. A., & Yates, C. (2008). Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. *Evolutionary Applications*, 1(4), 587-597.
10. Broadhurst, L. M., Jones, T. A., Smith, F. S., North, T. O. M., & Guja, L. (2016). Maximizing seed resources for restoration in an uncertain future. *BioScience*, 66(1), 73-79.
11. Carapeto, A., Francisco, A., Pereira, P., & Porto, M. (2020). Lista vermelha da flora vascular de Portugal Continental. *Sociedade Portuguesa de Botânica, Associação Portuguesa de Ciência da Vegetação-PHYTOS e Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (coord.). Coleção" Botânica em Português*, 7, 374.
12. Carpio, A. J., Castro, J., Mingo, V., & Tortosa, F. S. (2017). Herbaceous cover enhances the squamate reptile community in woody crops. *Journal for Nature Conservation*, 37, 31-38.
13. Carrão, H., Naumann, G., & Barbosa, P. (2016). Mapping global patterns of drought risk: An empirical framework based on sub-national estimates of hazard, exposure and vulnerability. *Global Environmental Change*, 39, 108-124.
14. Carmona, C. P., Azcárate, F. M., de Bello, F., Ollero, H. S., Lepš, J., & Peco, B. (2012). Taxonomical and functional diversity turnover in Mediterranean grasslands: interactions between grazing, habitat type and rainfall. *Journal of Applied Ecology*, 49(5), 1084-1093.
15. Castro-Caro, J. C., Barrio, I. C., & Tortosa, F. S. (2015). Effects of hedges and herbaceous cover on passerine communities in Mediterranean olive groves. *Acta Ornithologica*, 50(2), 180-192.
16. Celette, F., Findeling, A., & Gary, C. (2009). Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: The case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*, 30(1), 41-51.
17. Corleto, A., Cazzato, E., Tufarelli, V., Dario, M., & Laudadio, V. (2008). The effect of harvest date on the yield and forage quality of ensiling safflower biomass. In *Proceedings of the 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia* (pp. 1-6).
18. De Vitis, M., Abbandonato, H., Dixon, K. W., Laverack, G., Bonomi, C., & Pedrini, S. (2017). The European native seed industry: characterization and perspectives in grassland restoration. *Sustainability*, 9(10), 1682.

19. Delpratt, J., & Gibson-Roy, P. (2015). Sourcing seed for grassland restoration. *Land of Sweeping Plains—Managing and Restoring the Native Grasslands of South-eastern Australia* (eds N. Williams, A. Marshall and J. Morgan), 285-330.
20. Delpuech, X., & Metay, A. (2018). Adapting cover crop soil coverage to soil depth to limit competition for water in a Mediterranean vineyard. *European Journal of Agronomy*, 97, 60-69.
21. Dokoozlian, N. K., & Kliewer, W. M. (1996). Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(5), 869-874.
22. DUPIN B., MALAVAL S., COUËRON G., CAMBECEDDES J., LARGIER G., 2014. *Comment reconstituer la flore en montagne pyrénéenne ?* Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Bagnères de Bigorre, 71 p. http://www.ecovars.fr/images/guides_pdf/guide_multiplication/Guide_multiplication_WEB.pdf
23. Durka, W., Michalski, S. G., Berendzen, K. W., Bossdorf, O., Bucharova, A., Hermann, J. M., ... & Kollmann, J. (2017). Genetic differentiation within multiple common grassland plants supports seed transfer zones for ecological restoration. *Journal of Applied Ecology*, 54(1), 116-126.
24. Eckert, M., Mathulwe, L. L., Gaigher, R., Joubert-van der Merwe, L., & Pryke, J. S. (2020). Native cover crops enhance arthropod diversity in vineyards of the Cape Floristic Region. *Journal of Insect Conservation*, 24(1), 133-149.
25. Fenner, M. K., Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge University Press.
26. Garcia, L., Celette, F., Gary, C., Ripoché, A., Valdés-Gómez, H., & Metay, A. (2018). Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 251, 158-170.
27. Gibson-Roy, P. (2018). Restoring grassy ecosystems—Feasible or fiction? An inquisitive Australian's experience in the USA. *Ecological Management & Restoration*, 19, 11-25.
28. Gibson-Roy P, Delpratt J (2015) The restoration of native grasslands. Pages 331–388. In: Williams N, Marshall A, Morgan J (eds) Land of sweeping plains. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia
29. Girart, D., Robleño, I., Estrada, J., Mañosa, S., Morales, M. B., Traba, J., & Cabau, G. B. (2018). *Manual de gestión de barbechos para la conservación de aves esteparias*. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya.

30. Gonzalez-Sanchez, E. J., Veroz-Gonzalez, O., Blanco-Roldan, G. L., Marquez-Garcia, F., & Carbonell-Bojollo, R. (2015). A renewed view of conservation agriculture and its evolution over the last decade in Spain. *Soil and Tillage Research*, 146, 204-212.
31. Guzmán, G., Cabezas, J. M., Sánchez-Cuesta, R., Lora, Á., Bauer, T., Strauss, P., ... & Gómez, J. A. (2019). A field evaluation of the impact of temporary cover crops on soil properties and vegetation communities in southern Spain vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 272, 135-145.
32. Hancock, N., Gibson-Roy, P., Driver, M., & Broadhurst, L. (2020). The Australian native seed survey report. *Australian Network for Plant Conservation, Canberra*.
33. Hendershot, J.N., Smith, J.R., Anderson, C.B. *et al.* (2020) Intensive farming drives long-term shifts in avian community composition. *Nature* **579**, 393–396 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2090-6>
34. Henkin Z. Rehabilitation of Mediterranean grasslands. *In* : Kyriazopoulos A.P. (ed.), López-Francos A. (ed.), Porqueddu C. (ed.), Sklavou P. (ed.). *Ecosystem services and socio-economic benefits of Mediterranean grasslands*. Zaragoza : CIHEAM, 2016. p. 375-386. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 114).
15. Meeting of the Mediterranean Sub-Network of the FAO-CIHEAM International Network for the Research and Development of Pastures and Fodder Crops, 2016/04/12-14, Orestida (Greece). <http://om.ciheam.org/om/pdf/a114/00007549.pdf>
35. Iglesias, A., Quiroga, S., & Schlickerrieder, J. (2010). Climate change and agricultural adaptation: assessing management uncertainty for four crop types in Spain. *Climate Research*, 44(1), 83-94.
36. Ingels, C. A., Scow, K. M., Whisson, D. A., & Drenovsky, R. E. (2005). Effects of cover crops on grapevines, yield, juice composition, soil microbial ecology, and gopher activity. *American journal of enology and viticulture*, 56(1), 19-29.
37. Jiménez-Alfaro, B., Hernández-González, M., Fernández-Pascual, E., Toorop, P., Frischie, S., & Gálvez-Ramírez, C. (2018). Germination ecology of winter annual grasses in Mediterranean climates: Applications for soil cover in olive groves. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 262, 29-35.
38. Jiménez-Alfaro, B., Frischie, S., Stolz, J., & Gálvez-Ramírez, C. (2020). Native plants for greening Mediterranean agroecosystems. *Nature plants*, 6(3), 209-214.
39. Kiehl, K., Kirmer, A., & Shaw, N. (Eds.). (2014). *Guidelines for native seed production and grassland restoration*. Cambridge Scholars Publishing.
40. Koch E.-M., Spiegelberger T., Barrel A., Bassignana M. & Curtaz A., 2015. Les semences locales dans la restauration écologique en montagne. Production et

- utilisation de mélanges pour la préservation. Rapport de projet Alp'Grain, Éd. Institut Agricole Régional, Aoste, 96 p.
http://www.genieecologique.fr/sites/default/files/documents/biblio/alpgrain_fra.pdf
41. Krautzer, B., Graiss, W., & Blischka, A. (2010, August). Seed production of site-specific grasses and herbs in Austria. In *Proceedings of the 7th European Conference on Ecological restoration, Avignon, France* (pp. 23-27).
 42. Ladouceur, E., Jiménez-Alfaro, B., Marin, M., De Vitis, M., Abbandonato, H., Iannetta, P. P., ... & Pritchard, H. W. (2018). Native seed supply and the restoration species pool. *Conservation Letters*, 11(2), e12381.
 43. Laguna, A., & Giráldez, J. V. (1990, September). Soil erosion under conventional management systems of olive tree culture. In *Seminar on interaction between agricultural systems and soil conservation in the Mediterranean Belt*.
 44. Le Bissonnais, Y., Thorette, J., Bardet, C., & Daroussin, J. (2002). L'érosion hydrique des sols en France. *Rapport INRA, IFEN*, 106.
 45. Listopad, C. M., Köbel, M., Príncipe, A., Gonçalves, P., & Branquinho, C. (2018). The effect of grazing exclusion over time on structure, biodiversity, and regeneration of high nature value farmland ecosystems in Europe. *Science of the Total Environment*, 610, 926-936.
 46. Marin, M., Toorop, P., Powell, A. A., & Laverack, G. (2017). Tetrazolium staining predicts germination of commercial seed lots of European native species differing in seed quality. *Seed Science and Technology*, 45(1), 151-166.
 47. Martínez-Núñez, C., Manzaneda, A. J., Isla, J., Tarifa, R., Calvo, G., Molina, J. L., ... & Rey, P. J. (2020). Low-intensity management benefits solitary bees in olive groves. *Journal of Applied Ecology*, 57(1), 111-120.
 48. Martínez-Sastre, R., Ravera, F., González, J. A., Santiago, C. L., Bidegain, I., & Munda, G. (2017). Mediterranean landscapes under change: Combining social multicriteria evaluation and the ecosystem services framework for land use planning. *Land Use Policy*, 67, 472-486.
 49. Masson P. (2014). Une ressource fourragère oubliée : les "trevolets"; diversité et richesse des légumineuses annuelles méditerranéennes. *Mycologie et Botanique* 29, 5-8.
 50. Matthews, M. A., Ishii, R., Anderson, M. M., & O'Mahony, M. (1990). Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51(3), 321-335.

51. Merritt D. J., Dixon K. W. (2014). Seed availability for restoration. Pages 97 – 104. In: Thomas E, Jalonen R, Loo J, Boshier D, Gallo L, Caver S, Bordacs S, Smith P, Bozzano M (eds) Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy
52. Merritt, D. J., & Dixon, K. W. (2011). Restoration seed banks—a matter of scale. *Science*, 332(6028), 424-425.
53. Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.
54. Nevill, P. G., Tomlinson, S., Elliott, C. P., Espeland, E. K., Dixon, K. W., & Merritt, D. J. (2016). Seed production areas for the global restoration challenge. *Ecology and Evolution*, 6(20), 7490-7497.
55. Nunes, A., Oliveira, G., Mexia, T., Valdecantos, A., Zucca, C., Costantini, E. A., ... & Branquinho, C. (2016). Ecological restoration across the Mediterranean Basin as viewed by practitioners. *Science of the Total Environment*, 566, 722-732.
56. Pantera, A., Burgess, P. J., Losada, R. M., Moreno, G., López-Díaz, M. L., Corroyer, N., ... & Malignier, N. (2018). Agroforestry for high value tree systems in Europe. *Agroforestry Systems*, 92(4), 945-959.
57. Pedrini, S., Gibson-Roy, P., Trivedi, C., Gálvez-Ramírez, C., Hardwick, K., Shaw, N., ... & Dixon, K. (2020). Collection and production of native seeds for ecological restoration. *Restoration Ecology*, 28, S228-S238.
58. Pou, A., Gulías, J., Moreno, M., Tomàs, M., Medrano, H., & Cifre, J. (2011). Cover cropping in *Vitis vinifera* L. cv. Manto Negro vineyards under Mediterranean conditions: Effects on plant vigour, yield and grape quality. *Oeno One*, 45(4), 223-234.
59. Power, A. G. (2010). Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365(1554), 2959-2971.
60. Quiquerez, A., Brenot, J., Garcia, J. P., & Petit, C. (2008). Soil degradation caused by a high-intensity rainfall event: implications for medium-term soil sustainability in Burgundian vineyards. *Catena*, 73(1), 89-97.
61. Robačar, M., Canali, S., Kristensen, H. L., Bavec, F., Mlakar, S. G., Jakop, M., & Bavec, M. (2016). Cover crops in organic field vegetable production. *Scientia Horticulturae*, 208, 104-110.
62. Rollan A., Hernandez-Matias A., Real J. (2018) Organic farming favours bird communities and their resilience to climate change in Mediterranean vineyards, *Agriculture, ecosystems and environment* 269, 107-115.

63. Sokos, C. K., Mamolos, A. P., Kalburtji, K. L., & Birtsas, P. K. (2013). Farming and wildlife in Mediterranean agroecosystems. *Journal for Nature Conservation*, 21(2), 81-92.
64. Sternberg M., Gishri N. and Mabjeesh S.J., 2006. Effects of Grazing on *Bituminaria bituminosa* (L) Stirton: A Potential Forage Crop in Mediterranean Grasslands. In: *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192, p. 399-407.
65. Sternberg M., Golodets C., Gutman M., Perevolotsky A., Ungar E.D., Jaime Kigel J. and Henkin, Z., 2015. Testing the limits of resistance: a 19-yr study of Mediterranean grassland response to grazing regimes. In: *Global Change Biology*, 21, p. 1939-1950.
66. Švamberková, E., Doležal, J. & Lepš, J., 2019. The legacy of initial sowing after 20 years of ex-arable land colonisation. *Oecologia* 190, 459–469. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04415-y>
67. Tischew, S., Youtie, B., Kirmer, A., & Shaw, N. (2011). Farming for restoration: building bridges for native seeds. *Ecological Restoration*, 29(3), 219-222.
68. Vander Mijnsbrugge, K., Bischoff, A., & Smith, B. (2010). A question of origin: where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*, 11(4), 300-311.
69. Vaughn, K. J., Biel, C., Clary, J. J., de Herralde, F., Aranda, X., Evans, R. Y., ... & Savé, R. (2011). California perennial grasses are physiologically distinct from both Mediterranean annual and perennial grasses. *Plant and Soil*, 345(1), 37-46.
70. Vicente-Vicente, J. L., García-Ruiz, R., Francaviglia, R., Aguilera, E., & Smith, P. (2016). Soil carbon sequestration rates under Mediterranean woody crops using recommended management practices: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 235, 204-214.