

Manual Territorializado de Transición Agroecológica en el Mar Menor



Título de la publicación:

Manual Territorializado de Transición Agroecológica en el Mar Menor

Fecha de publicación: Febrero 2026

Compilación, Revisión, Maquetado:

Sociedad Española De Agricultura Ecológica y Agroecología (SEAE)

Algunos derechos reservados:

Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual (by-nc-sa):

No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.



“Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto”.



Cultivando la transición agroecológica en el Mar Menor
a través de buenas prácticas agrarias en producción ecológica para la restauración del ecosistema

El Proyecto CultivEco, Cultivando la transición agroecológica en el Mar Menor cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Convocatoria de ayudas para la restauración y mejora ambiental en el ámbito agrícola, para contribuir a la recuperación de la funcionalidad ecológica del Mar Menor, incluida en la línea 6 del Marco de Actuaciones Prioritarias para la Recuperación del Mar Menor.

Con el apoyo de:



Marco de Actuaciones Prioritarias para Recuperar el Mar Menor

Desarrollan:



SEAE



CEBAS



CSIC



Universidad Politécnica de Cartagena



EUT



ASAJA



ÍNDICE

Este índice está diseñado para ser una guía práctica y adaptable, que facilite la transición hacia modelos de producción ecológica con enfoque agroecológico en la cuenca del Mar Menor.

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Proyecto Cultiveco	4
1.2. Presentación del Manual Territorializado de Transición Agroecológica en el Mar Menor.....	5
2. CONTEXTO ACTUAL DE LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR.....	6
2.1. Caracterización de los agroecosistemas.....	8
2.2. Diagnóstico territorial e impactos de la agricultura convencional.....	9
2.3. Estimación de futuros escenarios climáticos.....	13
3. PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA COMO ALTERNATIVA A LA SITUACIÓN ACTUAL.....	15
3.1. Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).....	16
3.2. Producción ecológica de base agroecológica.....	18
3.3. Aspectos generales del Reglamento de producción ecológica (UE) 2018/848.....	20
3.4. Reglamento de Producción Ecológica y Ley de recuperación y protección del Mar Menor.....	22
3.5. Subvenciones y ayudas disponibles.....	23
3.6. Evolución de la producción ecológica.....	24
4. ITINERARIO CONVERSIÓN A LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA.....	26
5. BUENAS PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS.....	29
5.1. Manejo de la fertilidad del suelo.....	30
5.2. Recursos hídricos.....	31
5.3. Fomento de la biodiversidad.....	33
ANEXO I - FICHAS DE BUENAS PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS.....	34
1. Laboreo mínimo.....	37
2. Fertilización orgánica.....	40
3. Activación y vivificación del suelo.....	43
4. Variedades locales y/o adaptadas.....	46
5. Cubiertas vegetales vivas.....	51
6. Cubiertas vegetales muertas.....	55
7. Rotación de cultivos y policultivos.....	59
8. Biodiversidad funcional.....	63
9. Refugios para fauna auxiliar.....	67
10. Manejo eficiente del riego.....	70
11. Zanjias de infiltración y microterraceo.....	73
12. Monitoreo continuo.....	76
ANEXO II - NORMATIVA APLICABLE.....	80
ANEXO III - TIPOS DE SUELO AGRÍCOLA EN LA CVMM.....	83
ANEXO IV - MONITOREO DE PARÁMETROS CLAVE EN SUELO Y AGUA.....	85
ANEXO V - RECURSOS Y HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS.....	88
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	89

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PRESENTACIÓN DEL MANUAL Y EL PROYECTO CULTIVECO

CultivEco es un proyecto piloto para la capacitación y acompañamiento del sector agrícola convencional a través de un itinerario que permita la implementación de buenas prácticas agroecológicas, tras diagnóstico científico, territorializadas y avaladas por la ciencia, y su conversión progresiva a la producción ecológica, como modelo productivo que genera valor económico de manera eficiente y sostenible en el tiempo.

El objetivo general de este proyecto es reducir los impactos en origen de la actividad agraria en la cuenca vertiente del Mar Menor, a través de proyectos piloto que apliquen y fomenten buenas prácticas basadas en la naturaleza y la conversión a la producción ecológica. Es el modo de impulsar una transición ecológica justa hacia la sostenibilidad y viabilidad de los sistemas agrarios, en equilibrio con los ecosistemas de alto valor natural vinculados a este territorio.

La Sociedad Española de Agricultura Ecológica y Agroecología (SEAE), coordina el proyecto CultivEco, “Cultivando la transición agroecológica en el Mar Menor a través de buenas prácticas agrarias en producción ecológica para la restauración del ecosistema”, junto al Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), la Fundación para la Investigación del Clima (FIC), y la Asociación Regional de Jóvenes Agricultores Murcia (ASAJA MURCIA).

El proyecto CultivEco, cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Convocatoria de ayudas para la restauración y mejora ambiental en el ámbito agrícola, para contribuir a la recuperación de la funcionalidad ecológica del Mar Menor, incluida en la línea 6 del Marco de Actuaciones Prioritarias para la Recuperación del Mar Menor.

Más información: Cultiveco



Cultivando la transición agroecológica
en el Mar Menor
a través de buenas prácticas agrarias
en producción ecológica
para la restauración del ecosistema

Con el apoyo de:



Desarrollan:



1.2. Presentación del Manual Territorializado de Transición Agroecológica en el Mar Menor

El **Manual Territorializado de Transición Agroecológica en el Mar Menor** nace como una herramienta práctica y formativa para acompañar a agricultores/as, técnicos/as, responsables institucionales y ciudadanía interesada en la adopción de modelos agrarios ecológicos y con base agroecológica en la cuenca vertiente del Mar Menor.

La **crisis medioambiental** que atraviesa esta zona costera, una de las joyas naturales más emblemáticas del sureste ibérico, ha puesto en evidencia la necesidad urgente de revisar las prácticas agrícolas convencionales como uno de los factores contribuyentes a su degradación actual. La contaminación de agua y suelo por nitratos y fosfatos, la pérdida de fertilidad y biodiversidad, o el aumento de eventos climáticos extremos son síntomas de un modelo que ha llegado a su límite.

Este manual se propone como una **guía clara, accesible y actualizada para facilitar la transición agroecológica**, entendida como un proceso gradual y adaptado al territorio que permita avanzar hacia sistemas agrícolas más resilientes, productivos y en armonía con los ecosistemas y sus ciclos naturales, orientando además este proceso hacia el cumplimiento de los requisitos necesarios para la obtención de la certificación ecológica según la normativa vigente.

Sus objetivos son:

- **Promover una agricultura con futuro**, capaz de garantizar la viabilidad económica de las producciones agrarias y la soberanía alimentaria local.
- **Impulsar una visión integral y participativa** de la transición, incorporando el conocimiento técnico, científico y campesino.
- **Fomentar la reconexión entre la agricultura y los ecosistemas** terrestres de la cuenca, promoviendo prácticas que contribuyan a la regeneración de suelos.
- **Ofrecer técnicas y buenas prácticas agroecológicas** adaptadas al contexto climático, edáfico y social del entorno del Mar Menor.
- **Dar a conocer la normativa agrícola** específica de la cuenca vertiente del Mar Menor y las diferencias existentes con la reglamentación ecológica.
- **Orientar el procedimiento administrativo** para realizar la certificación ecológica.



Este documento es un punto de partida, una invitación abierta a caminar hacia una agricultura viva, ecológica y comprometida con la salud del Mar Menor y sus habitantes.

An aerial photograph showing the Mar Menor lagoon, a large body of water with a greenish tint, situated between a densely urbanized coastal area and a vast agricultural landscape. The urban area on the right features a mix of buildings and infrastructure, while the agricultural area on the left is characterized by a patchwork of green and brown fields. The lagoon's water appears somewhat murky, and there are some small islands or peninsulas within it. The overall scene illustrates the proximity of human development to a major natural water body.

2. CONTEXTO ACTUAL DE LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR

2. CONTEXTO ACTUAL DE LA CUENCA VERTIENTE DEL MAR MENOR

El Mar Menor, es **la mayor laguna salada costera de Europa**. Su cuenca vertiente (una extensión de más de 1.300 km²) abarca zonas agrícolas intensivas, áreas urbanizadas y espacios naturales protegidos. Esta cuenca actúa como un embudo que recoge y canaliza **aguas pluviales, escorrentías agrícolas y otros vertidos hacia la laguna**, convirtiéndose en un sistema altamente interconectado desde el punto de vista hidrológico y ecológico. Este contexto, combinado con las prácticas agrícolas convencionales, genera una situación grave de contaminación, afectando a todo el agroecosistema.

El estado ecológico de la laguna refleja una notable **pérdida de capacidad de autorregulación**, con incrementos extremos de clorofila que evidencian la gravedad del deterioro. El IEO-CSIC mantiene un seguimiento continuo a través del Proyecto BELICH, y el MITECO publica informes trimestrales y anuales del MAPMM.



En cuanto a las **vías de aporte de nutrientes**, destacan la escorrentía y los drenajes agrícolas (la Rambla del Albuñón como principal colector), la descarga del acuífero en el litoral y el saneamiento. Además, los balances hídricos confirman el papel determinante del acuífero y los drenajes en las cargas que recibe el Mar Menor.

A estas presiones se suman **factores complementarios** como la urbanización y los cambios hidromorfológicos, la navegación y los episodios de clima extremo.

En cuanto a las **tendencias recientes**, el MITECO y otros agentes reportan una reducción de las hectáreas ilegales de regadío y cierta disminución de las cargas de nitratos, aunque el problema estructural permanece sin resolver.

2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGROECOSISTEMAS

La agricultura del Campo de Cartagena experimentó una **transformación radical a lo largo del siglo XX**, partiendo de un modelo preindustrial **basado en cultivos de secano** —cereales, olivo, almendro y algarrobo— con explotación familiar y escasa mecanización, determinado por la ausencia de agua superficial permanente.

Entre 1950 y 1980, los planes de colonización y la mecanización iniciaron una **primera fase de intensificación** que sentó las bases para el regadío tecnificado. El punto de inflexión llegó con el **Trasvase Tajo-Segura** a partir de 1979, que permitió el paso a la horticultura de alto valor con riego localizado y fertirrigación, aunque también generó nuevas presiones sobre el territorio en forma de retornos de riego cargados de nutrientes y sales.

La adhesión de España a la CEE **en 1986 consolidó la orientación exportadora y la concentración empresarial**, con un sector hortofrutícola que mueve actualmente entre unos 3.500 millones de euros en exportaciones hacia mercados internacionales. En las últimas décadas, la irregularidad del trasvase y las sequías han impulsado el **uso de aguas regeneradas y desaladas**, así como la incorporación de sensores e inteligencia artificial para el riego de precisión, convirtiendo la comarca en una de las zonas agrarias más monitorizadas de Europa.

Esta evolución ha dado lugar a dos lógicas productivas claramente diferenciadas: la **pequeña explotación de secano**, con trabajo familiar y baja huella hídrica pero escasa capacidad de acceso a mercados internacionales, y el **regadío intensivo orientado a la exportación**, con economías de escala e integración vertical, pero con una fuerte dependencia hídrica y una responsabilidad directa en las presiones que sufre el Mar Menor, especialmente durante episodios de lluvias intensas como las DANAs.

El clima semiárido, con escasas precipitaciones y elevada evapotranspiración, condiciona fuertemente la disponibilidad de agua y la dinámica de los suelos, que son en su mayoría frágiles, con bajos niveles de materia orgánica y alto riesgo de erosión. El uso masivo de fertilización química y aplicación de fitosanitarios ha generado también un fuerte impacto sobre los recursos naturales, generando pérdidas incalculables.

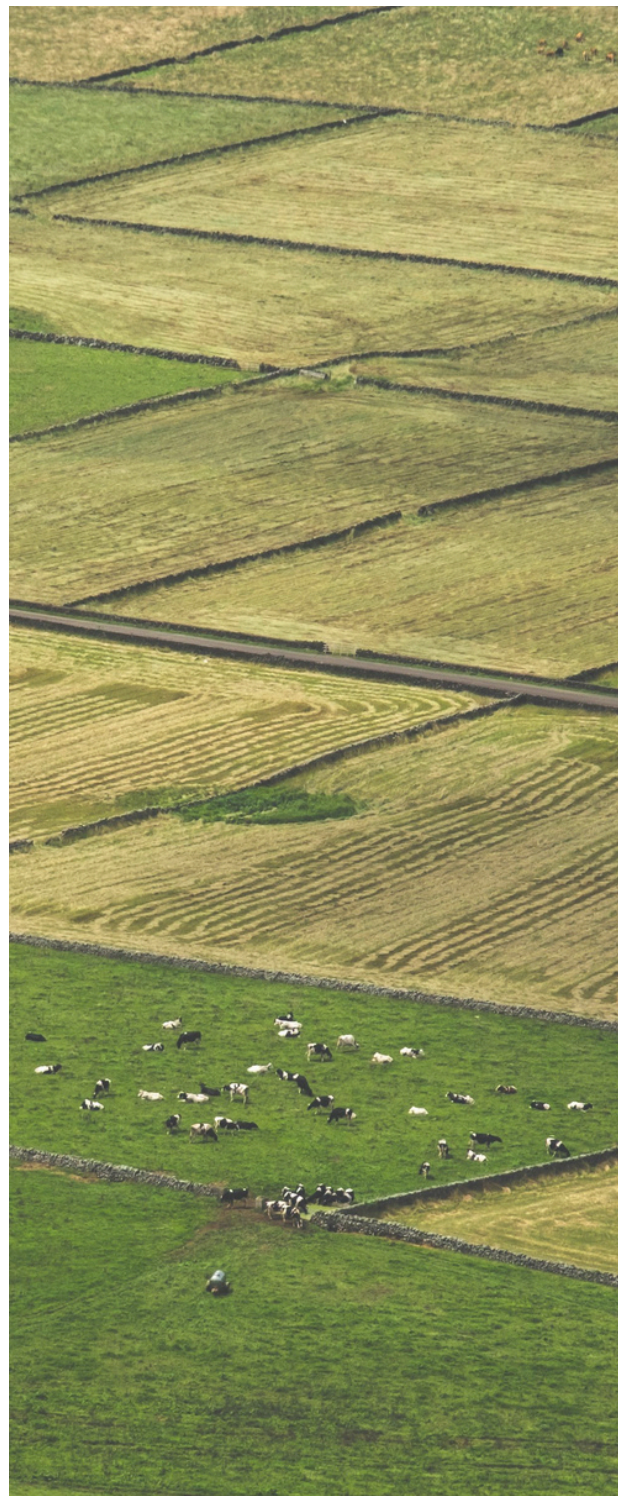


2.2. DIAGNÓSTICO TERRITORIAL E IMPACTOS DE LA AGRICULTURA CONVENCIONAL

Como consecuencia de la degradación de los agroecosistemas y el modelo productivo desarrollado históricamente en la zona, se ha elaborado un diagnóstico para evaluar los **impactos sobre los recursos naturales (suelo, agua y biodiversidad)** de la Cuenca Vertiente del Mar Menor.

• Suelo

- **Laboreo intensivo:** desagrega y mineraliza carbono orgánico, reduce estabilidad de agregados y favorece erosión (Lal, 2015). La reducción del laboreo evita pérdidas de suelo y mejora la estabilidad, con ganancias de C en superficie (Luo *et al.*, 2010; Pittelkow *et al.*, 2015).
- **Acolchados plásticos:** regulan humedad/temperatura y reducen evaporación y erosión a microescala; su riesgo es la acumulación de fragmentos y microplásticos en la retirada (Steinmetz *et al.*, 2016).
- **Fertirrigación por goteo:** puede limitar la acumulación salina si el balance iónico está bien diseñado; en contextos de aguas con mayor SAR o sodio intercambiable, el mal ajuste de lavados y calcio/magnesio favorece sodificación y degradación estructural (Pedrero & Alarcón, 2009; Qadir *et al.*, 2018).
- **Compactación por maquinaria:** reduce macroporos, infiltración y conductividad hidráulica saturada, comprometiendo la oxigenación de la rizosfera (Hamza & Anderson, 2005).
- **Erosión y pérdida de suelo:** la intensificación y la ocupación de ramblas o suelos con pendiente baja pero con fácil circulación del agua, unida a episodios de precipitación extrema, incrementa exportación de sedimentos hacia la laguna.
- **Salinización/estructuración:** el uso combinado de aguas de diversa calidad (trasvase, subterráneas, regeneradas, desaladas) y manejos de fertirrigación puede acumular sales y alterar la estructura (sodificación) si no se gestiona el lavado y el balance iónico.



• Recurso Hídrico

- **Agua regenerada:** aporta N y P útiles (fertilización), pero exige control de sodio, bicarbonatos y microcontaminantes para evitar salinización/sodificación y riesgos de calidad (Pedrero et al., 2010; Rusan et al., 2007).
- **Agua desalinizada:** su baja salinidad favorece el lavado, pero la falta de Ca/Mg y el Na dominante requieren remineralización y manejo del SAR (Tanji & Kielen, 2002; Qadir et al., 2018).
- **Medidas de borde y de cuenca** (fajas tampón, zanjas de infiltración, humedales construidos): reducen cargas de N, P y sedimentos hacia lagunas y estuarios (Dosskey, 2001; Vymazal, 2007).
- **Gestión de eventos extremos** (balsas de atenuación, desconexiones temporales de drenajes): es clave para evitar pulsos de nutrientes y sólidos durante lluvias torrenciales (Hrachowitz et al., 2020).



- **Huella hídrica y multifuente:** el sistema pasa de depender de pluviometría y acuíferos a un mix: trasvase, subterránea, regenerada, desalada; la digitalización y fertilización sincronizan aportes con demanda de cultivo, pero el excedente difuso (nitrato, fosfato, amonio) ha sido identificado como presión principal sobre el Mar Menor.
 - Aguas subterráneas del acuífero del Campo de Cartagena, pero con limitaciones de calidad (salobridad, nitratos) y sostenibilidad. estudiosgeol.revistas.csic.es
 - Trasvase Tajo-Segura, que aporta agua importada para consumo urbano y agrícola en la cuenca del Segura, y de ahí puede utilizarse en parte para regadíos en la región.
 - Desalación / plantas desaladoras, sobre todo en sectores costeros, aunque el residuo de salmuera es un tema crítico.
 - Reutilización de aguas tratadas (depuradas), para riego o recarga.
 - Captación de lluvia local y almacenamiento en infraestructuras de retención (tanques de tormentas, embalses menores) como medida de mitigación en eventos extremos.
- **Nitratos y fósforo:** las concentraciones han supuesto un aumento considerable en los últimos años, derivado del uso de fertilizantes y el modelo agrícola convencional.
- **Fuentes de contaminación:** lixiviación del suelo a partir de los fertilizantes aplicados; drenajes agrícolas cargados de nitratos; descarga subterránea directa del acuífero; salmueras de desaladoras; escorrentía en lluvias en episodios de precipitaciones intensas; conexiones ilegales con vertidos residuales y desalojos no regulados.
- **Eventos extremos:** las DANAs movilizan cargas de agua dulce, sedimentos y nutrientes que alteran la columna de agua (estratificación temporal, hipoxia).
- **Efecto acumulado:** entradas difusas constantes + eventos extremos resultan en un alto riesgo de eutrofización (episodios de anoxia, proliferaciones de fitoplancton), ya observados históricamente en el Mar Menor.

• Biodiversidad



- **Intensificación** (elevadas entradas de N y pesticidas): tiende a simplificar la microbiota y la red trófica del suelo, con menor redundancia funcional (Hartmann *et al.*, 2015; Tsiafouli *et al.*, 2015).
- **Acolchados plásticos**: alteran microclima del suelo; los efectos sobre comunidades son mixtos y el riesgo de microplásticos en suelo es real si no se gestiona correctamente (Steinmetz *et al.*, 2016).
- **Agua regenerada**: puede modificar comunidades edáficas por su composición iónica y orgánica; los efectos dependen de la calidad del efluente y del manejo (Chen *et al.*, 2013; Bedbabis *et al.*, 2015).
- **Pérdida de biodiversidad del suelo**. Las prácticas agrícolas intensivas han reducido la materia orgánica y los microorganismos esenciales para un suelo sano, afectando la biodiversidad por debajo de la superficie (Aldeguer, 2022). Los suelos salinos y degradados, muestran baja diversidad microbiana y de macrofauna (lombrices, colémbolos), reduciendo servicios ecosistémicos como la descomposición orgánica y la retención de nutrientes.
- **Contaminación por agroquímicos**: El uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas contamina el suelo y las aguas superficiales y subterráneas (MITECO, 2020; European Environment Agency, 2022). Esta contaminación es la principal causa de la degradación de los ecosistemas acuáticos, como el Mar Menor (FAO, 2021).
- **Degradación del paisaje y hábitats**: La expansión de las tierras de cultivo y la eliminación de elementos naturales, como árboles y setos, han provocado la destrucción del hábitat para innumerables especies silvestres. El paisaje ha pasado de ser un mosaico de cultivos de secano aterrazados a grandes extensiones de monocultivos. La sustitución de vegetación autóctona por monocultivos o invernaderos, elimina corredores ecológicos y refugios para aves, anfibios y pequeños mamíferos.
- **Reducción de fauna auxiliar**: Hay escasez de polinizadores (abejas silvestres, abejorros) y enemigos naturales de plagas (coccinélidos, parasitoides), debido a la homogeneidad de cultivos, uso de plaguicidas y falta de hábitats seminaturales (setos, márgenes florales) (Winfrey *et al.*, 2020, Potts *et al.*, 2016, Gurten *et al.*, 2023).
- **Disminución de especies silvestres**: La eliminación de plantas arvenses mediante herbicidas reduce las fuentes de alimento y refugio para insectos, aves y otros animales, disminuyendo la capacidad del área para sustentar especies silvestres (Marshall *et al.*, 2003; Gómez-Gómez, 2024).

• Recomendaciones

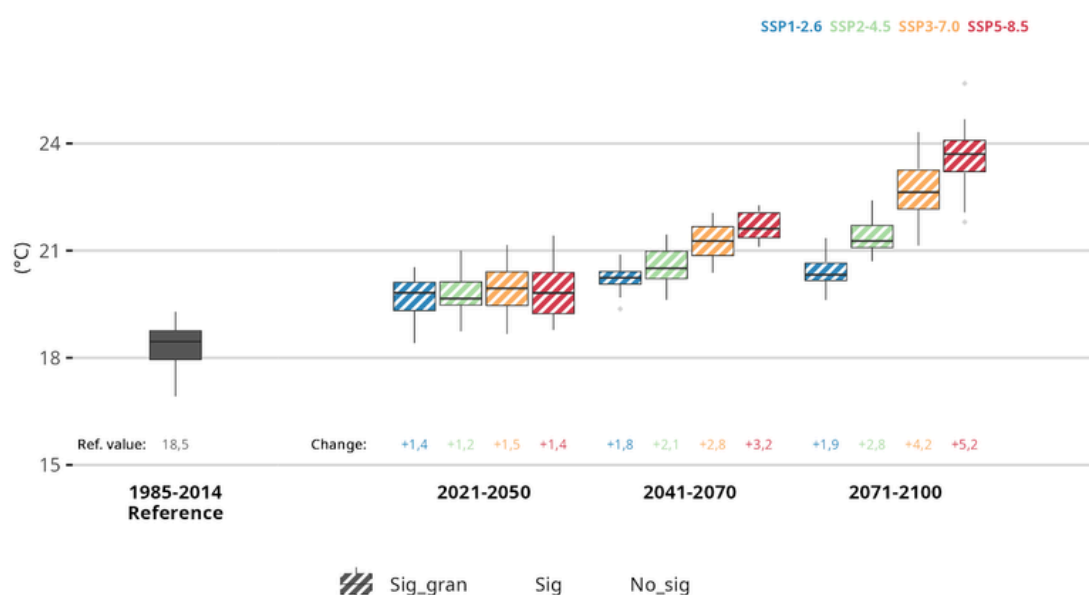
- **Gestionar la salinidad/sodicidad** cuando se usan recursos hídricos no convencionales (remineralización, lavados controlados, balance Ca/Mg/Na).
- **Monitorizar** (indicadores de suelo vivo y calidad de agua) para ajustar decisiones en tiempo real.
- Profundizar en **cubiertas vegetales, setos e islas de biodiversidad, no-laboreo o laboreo reducido, aportes de enmiendas orgánicas estabilizadas y diseños de infraestructura verde** a escala de cuenca para mitigar desconexión suelo-agua y erosión.
- **Reducir en origen de nutrientes** (ajuste fino de dosis y calendario de fertirrigación, inhibidores de nitrificación), la desconexión hidrológica de parcelas sensibles y la retención-tratamiento en borde de parcela y cuenca (humedales, balsas de atenuación, setos/fajas filtrantes) son claves en la jerarquía de mitigación. Ministerio de Transición Ecológica
- En la Región de Murcia se promueven **programas de conservación y adaptación del suelo** (gestión de biodiversidad, secuestro de carbono, regulación hídrica, control de erosión).
- El **CEBAS-CSIC** dispone de servicios e investigaciones específicas para la caracterización de biomasa microbiana viva y su relación con prácticas agrarias. CEBAS-CSIC



2.3. ESTIMACIÓN DE FUTUROS ESCENARIOS CLIMÁTICOS

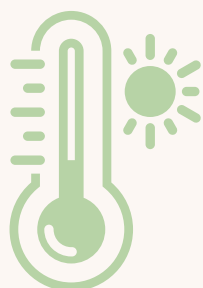
Este apartado interpreta los resultados del análisis de **59 indicadores agroecológicos** aplicados a cuatro cultivos (algarrobo, almendro, cítricos y brasicáceas) en la Región de Murcia, a partir de **proyecciones climáticas regionalizadas**.

Las proyecciones muestran una señal clara de calentamiento a lo largo del siglo XXI. En cuanto a la temperatura media anual, el incremento esperado se sitúa **entre +1,8 y +3,2 °C a medio plazo** (2041–2070), mientras que hacia final de siglo (2071–2100) el aumento **podría alcanzar de +1,9 a +5,2 °C**. Este incremento no es uniforme, siendo más acusado con las temperaturas máximas.



Evolución de la temperatura media anual esperada como promedio de todos los observatorios usados en el estudio para el periodo Historical (1985-2014) y los 3 periodos futuros considerados (2021-2050, 2041-2070 y 2071-2100), así como para los cuatro SSPs.

Fuente: Fundación para la Investigación del Clima (FIC). "Informe de la aplicación de índices bio y agroclimáticos en escenarios de clima futuro"

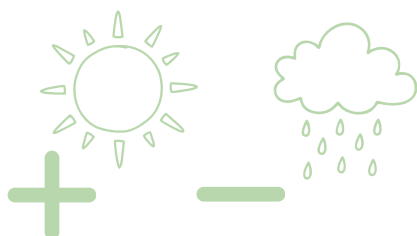


El número de días con **temperaturas máximas superiores a 35 °C podría aumentar** entre 15 y 30 días al año a medio plazo, y entre 40 y 60 días a final de siglo. Las olas de calor serán más frecuentes, largas e intensas. Este incremento implica una acumulación de estrés térmico tanto para los cultivos como para la biota del suelo y la fauna auxiliar. Además, la **reducción estimada de días fríos**, que podría ser en torno al 50% menos, disminuye el efecto regulador del invierno sobre determinadas plagas y altera los ciclos biológicos.

En cuanto a la **precipitación**, se estima una **tendencia de descenso moderado** en el total anual. Las proyecciones oscilan entre una reducción de 12mm y un leve aumento de 3mm a medio plazo, pudiendo alcanzar valores de -52mm a -7mm a final de siglo. Aunque estas cifras puedan parecer moderadas, su impacto es muy relevante en un territorio donde la disponibilidad hídrica ya es limitada.

Se observa una tendencia a **menores precipitaciones en primavera y verano**, estaciones clave para la recarga hídrica y el desarrollo de cultivos. Paralelamente, se indica un aumento de la intensidad de eventos extremos de lluvia. Esta combinación favorece la escorrentía superficial y reduce la infiltración efectiva, limitando la recarga de acuíferos y la disponibilidad para el cultivo.

La **evapotranspiración potencial** muestra una tendencia claramente ascendente. Se estiman incrementos de +66 a +118mm a medio plazo, que podrían alcanzar +66 a +186mm a final de siglo.



El aumento simultáneo de temperatura y ETP, combinado con la reducción de precipitación, conduce a un **deterioro del balance hídrico regional**. No se trata únicamente de que llueva menos, sino de que el agua disponible se pierde más rápidamente por evaporación y transpiración, lo que incrementa la frecuencia e intensidad de situaciones de sequía agrícola.

En conclusión, los resultados obtenidos para la Región de Murcia apuntan hacia un escenario caracterizado por:

- Aumento significativo de **temperaturas medias y máximas**.
- Mayor frecuencia y duración de **olas de calor**.
- Reducción del número de **días fríos**.
- Descenso moderado de la **precipitación anual**.
- Incremento notable de la **evapotranspiración potencial**.
- Intensificación del **estrés hídrico y térmico**.



Este conjunto de cambios configura un **entorno climático más exigente para la agricultura regional**, donde la gestión del agua, la adaptación de calendarios agrícolas y el fortalecimiento de la resiliencia del suelo y del agroecosistema serán elementos clave para sostener la productividad a medio y largo plazo.

A person wearing a grey jacket is shown from the side, holding a small red radish with green leaves in their hands. The background is a blurred field of green plants under a warm, golden light, suggesting a sunset or sunrise. The overall scene conveys a sense of sustainable agriculture and natural growth.

3. PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA COMO ALTERNATIVA A LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN)

Las **Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)** abarcan todas aquellas acciones que se fundamentan en el funcionamiento natural de los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder de forma adaptativa e integral a diversos desafíos de la sociedad.

En un ecosistema sano, complejo y diverso, funcionan de manera integrada múltiples procesos que favorecen su **autorregulación y productividad**. Así por ejemplo, la presencia en el suelo de materia orgánica en distintas formas y estados (raíces, hojarasca, restos leñosos, etc.) favorece la progresiva degradación de ésta por una fauna edáfica rica, compuesta por diversos organismos como lombrices, colémbolos, ácaros, insectos descomponedores, etc. Éstos fragmentan los residuos de la materia orgánica y aumentan su superficie de contacto, para que posteriormente, otros organismos como hongos y bacterias continúen su labor transformando la materia orgánica en compuestos más simples asimilables de nuevo por las plantas. Este proceso no solo libera nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, sino que también **mejora la estructura del suelo** y favorece la formación de agregados estables que aumentan la porosidad, **mejorando la estructura edáfica, la retención de agua y la aireación para las raíces**. Gracias a esta interacción entre materia orgánica y edafofauna, los nutrientes se vuelven más accesibles para las plantas, se incrementa la fertilidad natural del suelo y se mantiene un entorno edáfico sano, equilibrado y resistente a la degradación.



Otro ejemplo es el papel que juega la diversidad de especies en los ecosistemas sanos sobre el **control natural de plagas y enfermedades**. La presencia de setos, flores silvestres o especies asociadas atrae depredadores como mariquitas, crisopas o avispas parasitoides, y promueve la actividad de aves insectívoras o murciélagos que limitan la presencia de insectos dañinos. A ello se suma la acción de nemátodos beneficiosos, que depredan larvas de insectos del suelo o compiten con especies patógenas. En conjunto, estas interacciones mantienen la salud del ecosistema y reducen su vulnerabilidad a enfermedades, **aumentan su resiliencia y reducen la necesidad de intervenciones externas**.



Entre las **principales causas** de la pérdida de biodiversidad, la degradación de suelos, el cambio climático y la contaminación a nivel mundial se encuentran muchas de las prácticas del **modelo agrícola convencional e intensivo**, por lo que resulta fundamental integrar otro tipo de prácticas en el sector agrícola si queremos caminar hacia un futuro sostenible.

Las SbN utilizan las herramientas que ya proporciona la naturaleza y las funciones que se dan en los ecosistemas sanos para abordar problemas derivados del mal uso de la tierra y nuestros recursos y son una herramienta alternativa clave para **mejorar el estado de los paisajes productivos**.

En este sentido, la **agricultura ecológica con base agroecológica** combina prácticas que se han llevado a cabo durante milenios con innovaciones tecnológicas más recientes. La preservación de la agrobiodiversidad, la atención prestada a la salud del suelo, la diversificación de especies y variedades de cultivos, los ciclos adaptados a las condiciones locales, la reducción de los pesticidas o el mantenimiento de la calidad del agua, son características de éste sistema de producción en el que el medio ambiente ocupa un lugar central, junto con los seres humanos y la salud de los ecosistemas.

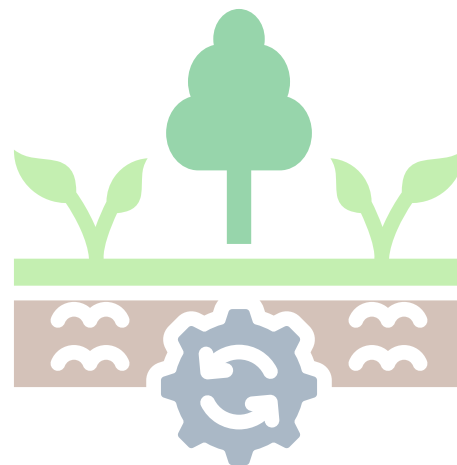
Este manual recoge una serie de buenas prácticas que imitan el funcionamiento natural de los ecosistemas que pueden considerarse SbN para la agricultura, como son la **labranza mínima**, la inclusión de **cubiertas vegetales y abonos verdes**, la **rotación y diversificación de cultivos**, o la inclusión de elementos paisajísticos como **setos y franjas** de flores para la prevención y control de plagas.

Además de eficientes, este tipo de prácticas, son **herramientas útiles, económicas y con valor añadido** en ahorro de costes, así como fuente de oportunidades comerciales y de empleo. Suponen una reducción sustancial del uso de pesticidas y de fertilizantes, una reducción de retornos de riego, de escorrentía y de procesos erosivos, y resultan fundamentales a corto y medio plazo para la restauración y mejora ambiental en las explotaciones agrarias, favoreciendo la **transición ecológica de la agricultura local**, la reducción de los impactos en origen, el restablecimiento del equilibrio natural en la cuenca vertiente del Mar Menor y su desarrollo económico sostenible.

3.2. PRODUCCIÓN ECOLÓGICA DE BASE AGROECOLÓGICA

Frente a los desafíos ambientales, sociales y económicos del modelo agrícola convencional, el **enfoque agroecológico** se presenta como una estrategia integral para regenerar los agroecosistemas y restablecer el equilibrio entre producción y naturaleza.

La agroecología no es solo un conjunto de técnicas, sino una **ciencia**, una **práctica** y un **movimiento social** que promueve la soberanía alimentaria, la equidad territorial y el respeto por los ciclos ecológicos. Aplicada al contexto del Mar Menor, representa una vía realista y transformadora para **reducir la carga contaminante, restaurar la funcionalidad ecológica del paisaje agrícola y asegurar medios de vida dignos para las comunidades rurales**.



La agroecología se basa en **diseñar sistemas agrícolas que imiten los procesos naturales**, aumentando su resiliencia frente al cambio climático, optimizando el uso de recursos locales y reduciendo la dependencia de insumos externos. Se trata de un enfoque holístico que considera no solo la parcela o el cultivo, sino también las **relaciones entre suelo, agua, biodiversidad, economía local y tejido social**.

En lugar de tratar los problemas (plagas, erosión, salinidad, etc.) con soluciones externas, la agroecología **trabaja con la naturaleza**, reforzando los mecanismos de autorregulación propios de los ecosistemas.

Es fundamental saber diferenciar la agroecología de la producción ecológica. La agroecología es **la ciencia que evidencia las mejoras agroecosistémicas** de este modelo, mientras que la producción ecológica certificada es la herramienta disponible para justificar la aplicación de una serie de obligaciones y prohibiciones específicas en relación a las bases agroecológicas, aunque sin tener en cuenta todos los factores de impacto establecidos por la agroecología, como los aspectos sociales y culturales.

Es importante **no limitar el radio de acción a la normativa** de producción ecológica y, además, migrar al modelo agroecológico, aportando un valor añadido al conjunto de nuestro sistema de agroalimentario y finalmente a nuestra producción.

No obstante, para asegurar y establecer unas **bases mínimas en producción ecológica**, se debe proceder al uso estricto del Reglamento (UE) 2018/848. A continuación, se identifican los aspectos más destacables incluidos en el reglamento.

¿QUÉ ES UN SISTEMA ALIMENTARIO AGROECOLÓGICO (SAA)?

• Un **SISTEMA ALIMENTARIO** según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), es el conjunto de actores, actividades y sus interrelaciones, que hacen posible la **producción**, **transformación**, **distribución** y **consumo** de alimentos.

• Un **SISTEMA ALIMENTARIO AGROECOLÓGICO** Es un sistema alimentario basado en la **producción ecológica con base agroecológica**.



¿CUÁLES SON SUS CARACTERÍSTICAS

ACTORES

- Las **personas productoras** y las **transformadoras o elaboradoras de ALIMENTOS** son **LOCALES**, con más autoempleo y pequeñas empresas familiares.
- Hay un **mayor número de productores por consumidor**.



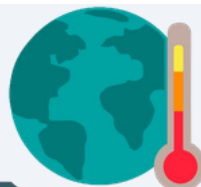
- Las **personas consumidoras** además de consumir **pueden EVALUAR y ORIENTAR** directa o indirectamente **EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN** atendiendo a sus necesidades, siendo sujetos mucho más activos que en los sistemas alimentarios convencionales.

ACTIVIDADES



- La producción de alimentos se diseña conforme a la demanda y **REALIDAD DE CADA TERRITORIO**.

- La producción y transformación de alimentos tienen su fundamento en la **producción ecológica**, lo que **garantiza ALIMENTOS SANOS Y SEGUROS** para la población.



- La producción y transformación de alimentos se lleva a cabo asegurando la **gestión sostenible de los recursos naturales** utilizados y la **protección del medio ambiente**, contribuyendo así a la **MITIGACIÓN** de los efectos y a la **ADAPTACIÓN** a las consecuencias del **CAMBIO CLIMÁTICO**.



- Los alimentos se comercializan en **CANALES CORTOS DE COMERCIALIZACIÓN**, lo que significa que se acortan las distancias recorridas y el número de intermediarios de la cadena.

RELACIONES



- Se **protegen los intereses de personas productoras y consumidoras**, aumentando su control sobre el modelo de producción y la cadena de comercialización y avanzando conjuntamente hacia la **SOBERANÍA ALIMENTARIA**.

- Los diferentes actores implicados en la cadena alimentaria, fundamentalmente **personas productoras y consumidoras**, se relacionan de modo más directo entre ellos creando **RELACIONES DE CONFIANZA** y compromiso, más justas y equilibradas, como eje vehicular de su relación.



- Los recursos naturales, culturales y productivos del territorio están conectados en red y reforzados por políticas locales orientadas a **VALORIZAR EL MEDIO AMBIENTE, LOS CONOCIMIENTOS LOCALES Y LAS TRADICIONES**.



- Se promueven periódicamente **foros públicos** donde personas productoras, otros operadores económicos, administradores públicos y la población comparten, con la misma dignidad y poder de decisión, la forma de satisfacer sus necesidades alimentarias, y se generan múltiples mecanismos en los que **la población local puede participar** y cumplir con sus compromisos de cara a transitar hacia un **MODELO AGROALIMENTARIO MÁS JUSTO, SALUDABLE Y SOSTENIBLE**.

3.3. ASPECTOS GENERALES DEL REGLAMENTO DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA (UE) 2018/848

En España, la **certificación de la producción ecológica** está regulada por el Reglamento Europeo (UE) 2018/848 y se articula a través de un sistema en el que conviven **organismos de control públicos y privados**, siempre bajo la supervisión de las comunidades autónomas. La mayor parte de las regiones ha optado por crear su propio organismo público, siendo el Consejo de Agricultura Ecológica de la Región de Murcia (CAERM) el organismo regulador de esta zona. Otras comunidades han delegado esta función a entidades privadas acreditadas, pero esta comunidad optó por un modelo de certificación exclusivamente pública.

La certificación ecológica permite el **acceso al mercado ecológico**, potencia el valor añadido de los productos y obtiene la posibilidad de usar el logo ecológico europeo e incluir el uso de los términos “ecológico”, “biológico”, “orgánico”, o las abreviaturas “bio” y “eco”.

El Reglamento (UE) 2018/848 establece los principios, normas y requisitos obligatorios para la producción ecológica, la certificación y el uso de indicaciones en el etiquetado y la publicidad de productos ecológicos. Aplica a:

- **Productos agrícolas vivos** o no procesados (incluida la reproducción de plantas)
- **Productos agrícolas procesados** para alimento
- **Piensos**
- **Productos vinculados a la agricultura incluidos en el anexo** (sal, corcho, cera de abejas, aceites esenciales, algodón crudo, lana sin cardar, etc.)
- **Operadores** en toda la cadena (producción, transformación, comercialización).

En la siguiente tabla, se muestran las **obligaciones y prohibiciones** más destacables del Reglamento (UE) 2018/848:

Obligaciones	Prohibiciones
Adoptar prácticas agrícolas ecológicas reconocidas	Organismos Modificados Genéticamente (OMG) en cualquier etapa
Registros y trazabilidad documental	Tratamiento con radiación ionizante
Auditorías y controles de certificación	Fertilizantes de síntesis química, herbicidas y pesticidas sintéticos
Cumplir las normas de producción ecológica	

Fuente: Elaboración propia

En el **Artículo 6** del Reglamento (UE) 2018/848 se especifican los **principios en producción vegetal**:

- 1. Mantenimiento y mejora de la vida y la **fertilidad natural del suelo**, la estabilidad, la retención de agua y la biodiversidad del suelo, prevención de la pérdida de materia orgánica, la compactación y la erosión del suelo y lucha contra estos fenómenos, y nutrición de los vegetales con nutrientes que procedan principalmente del ecosistema edáfico.
- 2. Reducción al mínimo del uso de recursos **no renovables y de medios externos**.
- 3. **Reciclaje de residuos y subproductos** de origen vegetal y animal como recursos para la producción vegetal y animal.
- 4. Mantenimiento de un **buen estado fitosanitario** mediante medidas preventivas, en particular la elección de especies, variedades o material heterogéneo adecuados que resistan a plagas y enfermedades, rotaciones apropiadas de cultivos, métodos mecánicos y físicos, y la protección de los enemigos naturales de las plagas.
- 5. Uso de **semillas con un alto grado de diversidad genética** y resistencia a las enfermedades.
- 6. **Elección de variedades** vegetales atendiendo a las particularidades de los sistemas específicos de producción ecológica y prestando especial atención a los resultados agronómicos, la resistencia a las enfermedades, la adaptación a condiciones climáticas y edafológicas, locales, diversas y el respeto de las limitaciones naturales a los cruces.
- 7. Uso de **materiales ecológicos de reproducción vegetal**, tales como los compuestos de material heterogéneo ecológico y de variedades ecológicas adecuadas para la producción ecológica.
- 8. Obtención de **variedades ecológicas** a través de la capacidad reproductora natural y prestando atención a las limitaciones naturales a los cruces.
- 9. La posibilidad de que los agricultores utilicen **material de reproducción vegetal extraído de su propia explotación** con objeto de favorecer los recursos genéticos adaptados a las condiciones especiales de la producción ecológica.

3.4. REGLAMENTO DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA Y LEY DE RECUPERACIÓN Y PROTECCIÓN DEL MAR MENOR

El Reglamento (UE) 2018/848 sobre producción ecológica y La Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor comparten un **enfoque similar en cuanto a sus fines y objetivos ambientales**. En ambos casos se promueve una gestión agraria que minimice los impactos sobre el medio, favoreciendo sistemas productivos más sostenibles y resilientes. De este modo, aunque ambas normativas responden a escalas y objetivos específicos distintos, uno productivo y otro territorial, **comparten una misma orientación** hacia la sostenibilidad ambiental y la reducción de los impactos negativos de la actividad agraria.

En relación con las obligaciones y limitaciones que establecen, también se observan importantes puntos de convergencia. La producción ecológica, supone el cumplimiento voluntario del Reglamento (UE) 2018/848, que establece normas estrictas sobre el uso de insumos (prohíbe fertilizantes de síntesis química, limita los productos fitosanitarios, ect.) al tiempo que promueve la fertilidad del suelo mediante prácticas basadas en procesos biológicos (rotaciones de cultivos, cubiertas vegetales, etc.). Por su parte, la ley del Mar Menor ha introducido un **conjunto de medidas obligatorias para las explotaciones agrícolas de la cuenca** (limitaciones en el uso de fertilizantes minerales, implantación de estructuras vegetales, prácticas de prevención de la erosión, etc.), para reducir el aporte de nutrientes al ecosistema lagunar.



Muchas de las **prácticas exigidas por la ley regional coinciden con los principios y técnicas propias de la producción ecológica**, y en determinados aspectos, las limitaciones establecidas por la Ley 3/2020 pueden incluso resultar más restrictivas. Mientras que el reglamento ecológico se centra fundamentalmente en la prohibición de insumos de síntesis química y en la regulación del uso de fertilizantes orgánicos, **la normativa específica del Mar Menor introduce además restricciones territoriales y medidas técnicas** dirigidas a evitar el transporte de nutrientes hacia la laguna. Entre ellas se incluyen la obligación de ajustar la fertilización mediante planes de abonado basados en análisis, limitaciones temporales y espaciales a la fertilización en determinadas zonas, la implantación de franjas de protección y barreras vegetales, así como **medidas destinadas a controlar escorrentías** y drenajes agrícolas. Estas exigencias responden a la necesidad de proteger un ecosistema especialmente vulnerable y, en la práctica, suponen en algunos casos condicionantes de manejo, iguales o incluso más estrictos que los establecidos con carácter general por la normativa de producción ecológica.

En la siguiente **infografía** se puede consultar con más detalle un análisis comparativo entre la Ley 3/2020 de recuperación y protección del Mar Menor y el Reglamento (UE) 2018/848, diferenciado según la zonificación establecida en la Ley 3/2020

En este contexto, la producción ecológica **resulta una vía coherente** y especialmente adecuada para avanzar en el cumplimiento de los objetivos ambientales de la normativa del Mar Menor, ya que **integra de forma sistemática muchas de las prácticas recogidas en la ley**. Para los agricultores de la cuenca, la adopción del modelo de producción ecológica supone, en gran medida, cumplir con requisitos similares a los que ya establece de forma obligatoria la legislación regional en materia de gestión del suelo, fertilización o control de insumos.

Sin embargo, la producción ecológica permite además obtener un **reconocimiento oficial y diferenciado** de la producción en el mercado, mediante un sistema de certificación reconocido a nivel europeo que pone en valor los esfuerzos ambientales realizados por los productores. De este modo, la conversión a producción ecológica no solo contribuye a la protección del Mar Menor y a la mejora de la sostenibilidad agraria del territorio, sino que también puede representar una oportunidad para mejorar el posicionamiento comercial de las explotaciones agrícolas y reforzar la viabilidad económica de los sistemas productivos.

3.5. SUBVENCIONES Y AYUDAS DISPONIBLES

En la Región de Murcia, al contrario que ocurre en otras regiones españolas, **la última y única línea de ayudas en materia de agricultura ecológica**, está constituida por la convocatoria publicada en mayo de 2024 correspondiente a los compromisos de gestión medioambientales y climáticos de la intervención **FEADER PEPAC 2023-2027** (Agricultura ecológica), recogida en el Boletín Oficial de la Región de Murcia el 31 de mayo de 2024 ([BORM](#)).

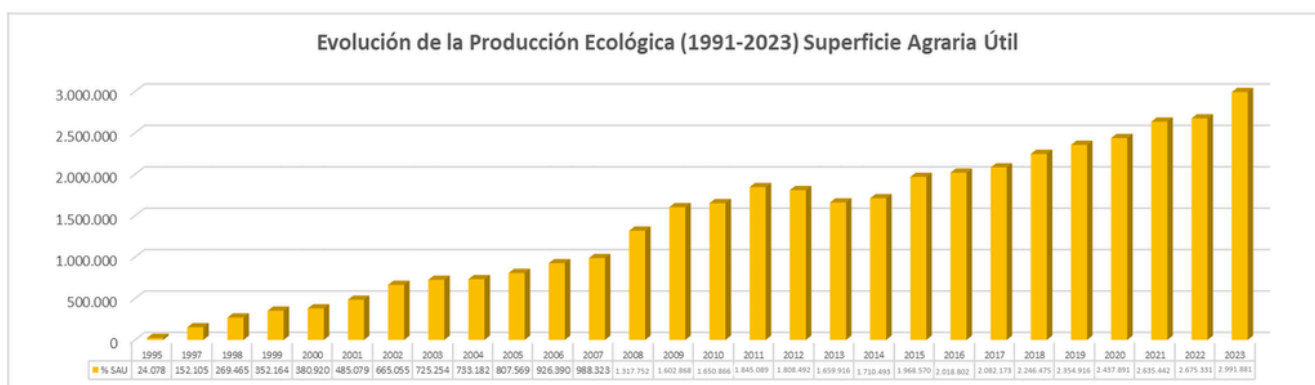
Esta convocatoria **NO CONTEMPLA** ayudas específicas para productores en periodo de conversión; se orienta a quienes cumplen los requisitos establecidos en la normativa, lo que en la práctica implica que solo pueden beneficiarse aquellos operadores que hayan finalizado el periodo de conversión a producción ecológica.

Así pues, **no existe en la actualidad una línea de apoyo económico** destinada a sufragar los costes del periodo de conversión para nuevos operadores o fincas en transición dentro del ámbito de la producción ecológica en la Región de Murcia.



3.6. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

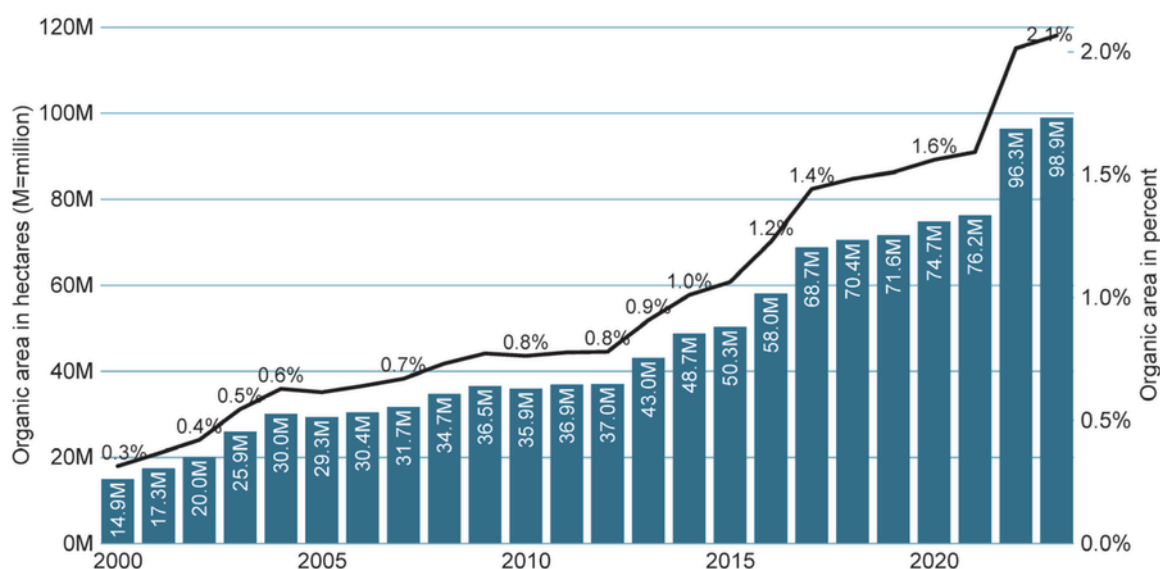
En la siguiente tabla podemos observar la favorable evolución en cuanto a la **superficie certificada en producción ecológica en España**. Para una información más detallada, consulta el informe completo "Estadísticas de producción ecológica en España".



SUPERFICIE DE AGRICULTURA ECOLÓGICA (% de Superficie Agraria útil). Año 2023												
AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023(*)
% SAU	7,49	6,85	7,26	8,24	8,48	8,73	9,28	9,66	9,98	10,79	10,83	12,51

Evolución de la superficie de producción ecológica en España.
Fuente: Estadísticas de la producción agraria ecológica. MAPA 2024

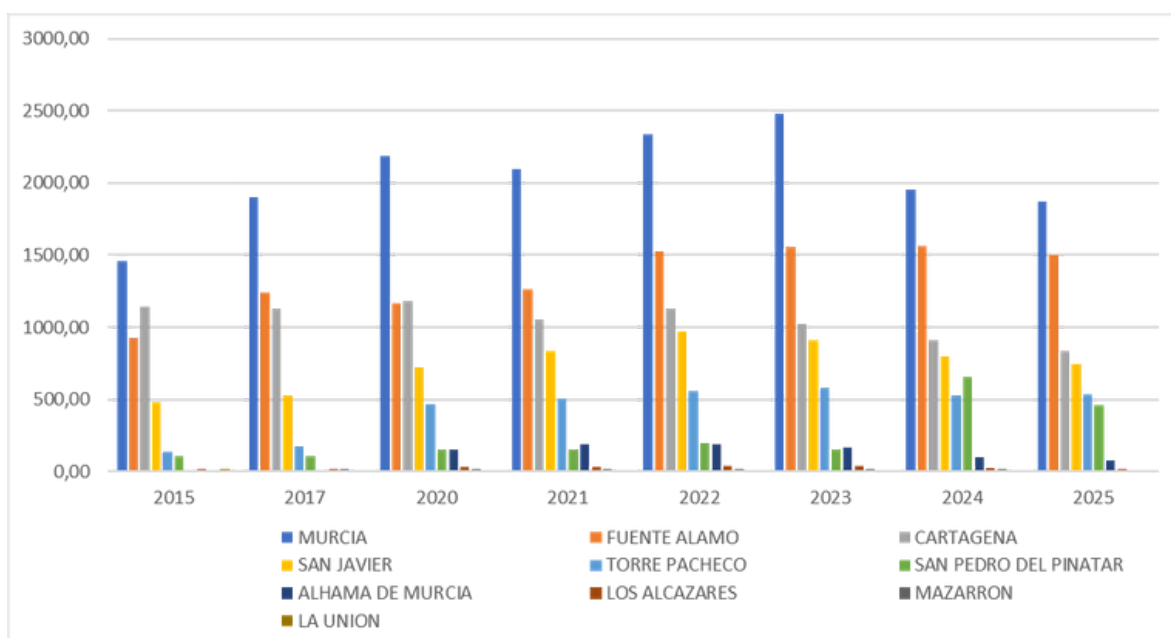
A nivel internacional, la superficie agrícola destinada a producción ecológica también ha ido en aumento durante las últimas décadas.



Crecimiento de la superficie de agricultura ecológica mundial entre 2000-2023.
Fuente: FIBL-IFOAM-SOEL surveys 2001-2025. The World of Organic Agriculture. Statistics & Emerging Trends

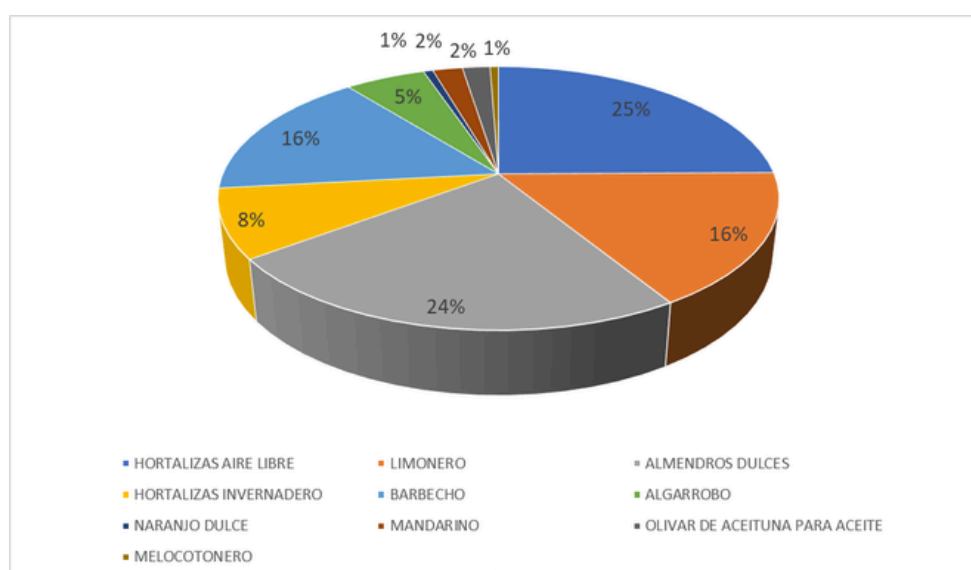
3. PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA COMO ALTERNATIVA A LA SITUACIÓN ACTUAL

En la evolución de la superficie de cultivo ecológico dentro de la cuenca vertiente del Mar Menor durante la década 2015-2025, se observa un **crecimiento sostenido hasta 2023**, hasta alcanzar un máximo de unas 7000 hectáreas.



Evolución de la superficie certificada ecológica en cada municipio de la CVMM (2015-2025).
Fuente: CAERM

Los municipios de **Murcia** y **Fuente Álamo** consolidan su posición como los municipios con mayor superficie cultivada dentro de la cuenca.



Distribución de la superficie ecológica por tipos de cultivo en la CVMM (2025).
Fuente: CAERM

A person wearing a dark, long-sleeved shirt is shown from the side, looking out over a vast, hazy landscape at sunset. The person's arm is bent, and their hand is near their waist. The background is a soft, golden glow from the setting sun, with rolling hills or mountains visible in the distance. The overall mood is contemplative and serene.

4. ITINERARIO DE CONVERSIÓN A LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

4. ITINERARIO DE CONVERSIÓN A LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

La conversión de una finca agrícola al modelo de producción ecológica certificada es un proceso gradual que implica cambios en las prácticas, tanto técnicos y culturales como administrativos. Este camino requiere compromiso, formación continua y el acompañamiento técnico adecuado.

En la Región de Murcia, la entidad certificadora es el CAERM, que ha sido designado por la Autoridad Competente y autorizado por la Comisión Europea. A continuación, se facilitan los documentos oficiales y datos de contacto.

- **Manual de certificación del CAERM:** guía completa con los procedimientos para la certificación ecológica en la Región de Murcia, desde la inscripción hasta la inspección y etiquetado.
 - → [Descargar “Manual para la Certificación” \(PDF\)](#)
- **Normativa actualizada y procedimientos:** información sobre trámites, servicios y el reglamento interno del CAERM, disponible en su sección de “Registro y Guía de Procedimientos y Servicios”.
 - → <https://caermurcia.com/impresos/>
- **Más información:**

Consejo de Agricultura Ecológica de la Región de Murcia (CAERM)
Calle Frutos Baeza, 3, 4º 30004 – Murcia.
968355488 - info@caermurcia.com - <http://www.caermurcia.com> -
Dirección General de Agricultura, Industria Alimentaria y
Cooperativismo
Agrario Plaza Juan XXIII, s/n. 30008 – Murcia.
968362719 - <http://www.caerm.es> -



A continuación, se describen las principales **etapas del proceso de conversión** a producción ecológica, enmarcadas en el contexto del Mar Menor:

ETAPAS DEL PROCESO DE CONVERSIÓN A PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

Puede iniciarse en cualquier momento del año

Se inicia el proceso oficialmente

Aún no se puede vender como "ecológico", pero se puede hacer mención a producto en conversión

Puede haber inspecciones sin previo aviso

Se accede al mercado ecológico

Obligación de renovar certificación anualmente

1 DECISIÓN Y PLANIFICACIÓN

- Evaluación agronómica y económica
- Planificación de cultivos y recursos

 0 - 3 meses



2 INICIO DE TRAMITACIÓN DE CERTIFICACIÓN

- Inscripción en CAERM
- Firma del contrato de control

 Según disponibilidad



3 PERÍODO DE CONVERSIÓN

- Aplicación del Reglamento (UE) 2018/848

 2 años (anuales)

 3 años (perennes)



4 INSPECCIÓN Y AUDITORÍA

- Visitas técnicas
- Verificación de registros y prácticas

 1 vez al año mínimo



5 CERTIFICACIÓN FINAL

- Aprobación tras auditoría
- Autorización de uso del sello ecológico

 Al finalizar conversión



6 MANTENIMIENTO

- Cumplimiento continuo del reglamento
- Registro de actividades agrícolas

 Permanente





5. BUENAS PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS

5. BUENAS PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS

El impacto generado por las prácticas agrícolas son innegables. Cualquier alteración del medio, puede desencadenar una multitud de situaciones que dirijan el agroecosistema hacia un paisaje rico, diverso y fértil, o bien a paradigmas más desérticos, degradados y con bajo nivel de resiliencia. Por este motivo, se recomienda a todas las producciones agrarias introducir **Buenas Prácticas Agroecológicas**. Estas, permiten reducir el impacto ambiental y mejorar el grado de influencia en los recursos naturales y, por tanto, **aumentan la fertilidad del suelo**, realizan un **manejo eficiente del agua** y **fomentan la biodiversidad**.

En el **Anexo I - Fichas de Buenas Prácticas Agroecológicas** se encuentra información detallada de cada una de estas prácticas y recomendaciones de uso en el contexto particular de la Cuenca Vertiente del Mar Menor.

5.1. MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

La fertilidad, es la capacidad de los suelos agrícolas para **mantener de manera perdurable, un nivel de producción estable y de calidad**, conservando un estado de alta resiliencia frente a los procesos que implican su degradación y todo ello dentro de una amplia gama de condiciones locales agroambientales, socioeconómicas y culturales.

La gestión de la fertilidad del suelo se llevaba a cabo principalmente optimizando **la gestión del agua y la materia orgánica**. Respecto a esta última, por medio de prácticas como: fertilización mediante las avenidas, aporte de enmiendas orgánicas, incorporación de restos de cosecha y hojarasca, uso de asociaciones y rotaciones de cultivo, compostaje, etc. A todo lo anterior se añadía la gestión de la propia superficie mediante barbecho, laboreo mínimo y no laboreo.

En líneas generales, el manejo de la fertilidad del suelo está basado en tres vías complementarias:

- Potenciar la **biodiversidad edáfica**
- Incrementar la **cantidad y disponibilidad de los nutrientes**
- Potenciar aspectos que impidan la **degradación del suelo**

En los últimos años, han surgido **modelos de gestión agrícola que “venden” sostenibilidad** (como la agricultura de conservación o la integrada), sin embargo, se basan en los mismos planteamientos productivistas que la agricultura convencional, aunque “suavizando” algunas técnicas de manejo:

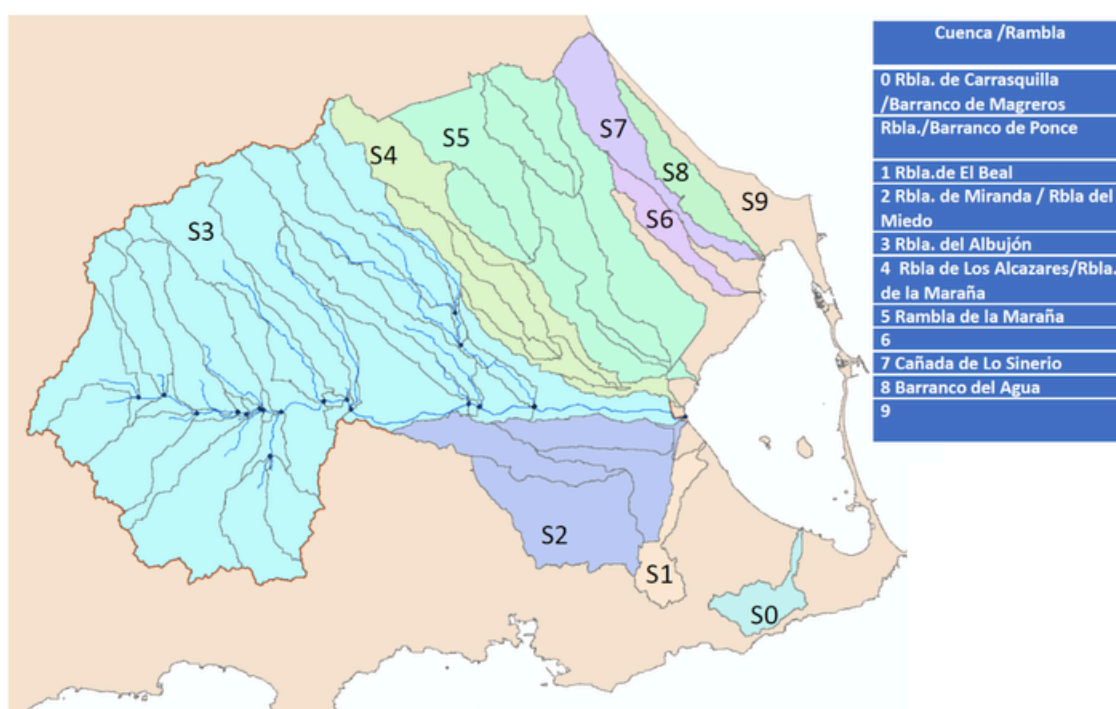
- **Agricultura de conservación:** mínimo o ningún laboreo, aporte de restos de cosecha, abonos minerales, semillas transgénicas y herbicidas.
- **Agricultura integrada:** control biológico y tratamientos químicos controlados, uso de transgénicos, herbicidas y abonos minerales.

5.2. MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO

El recurso hídrico es la **principal materia prima que interviene en el proceso de fotosíntesis**, sobre el que se apoya la actividad agraria. La economía del agua en ambiente mediterráneo se ha basado tradicionalmente en la **gestión de los cultivos y aprovechamientos** en relación a la disponibilidad de agua en los territorios.

La estacionalidad del ciclo hidrológico con un notorio **déficit hídrico estival** (una de las mayores diferenciaciones con el resto europeo), supone un factor limitante para agrosistemas a nivel de **cantidad y calidad**. La irregularidad en la disponibilidad hídrica determina la importancia que adquieren las aguas subterráneas y edáficas.

Las **diferentes zonas edafoclimáticas** con diferencias marcadas en la dotación de agua de los suelos (carencias y excesos puntuales) dieron lugar a calendarios, mapas de cultivo y aprovechamientos agropecuarios y forestales diferentes. Igualmente orientaron las labores de preparación del terreno con **drenaje y aterrazamientos**, labores para **aligerar la compactación** y hacerlos receptivos al agua o labores que eviten la **pérdida por evapotranspiración**.



Aplicación Modelo SWAT: Delimitación de Cuencas desde DEM 5m.

Fuente: Delimitación de Cuencas del Mar Menor. Sandra García Galiano (UPCT)

Ya que la **lluvia es escasa e impredecible**, el paradigma del ahorro, se expresa en el desarrollo de estrategias del manejo del suelo, del agua, de la vegetación arvense y del cultivo:

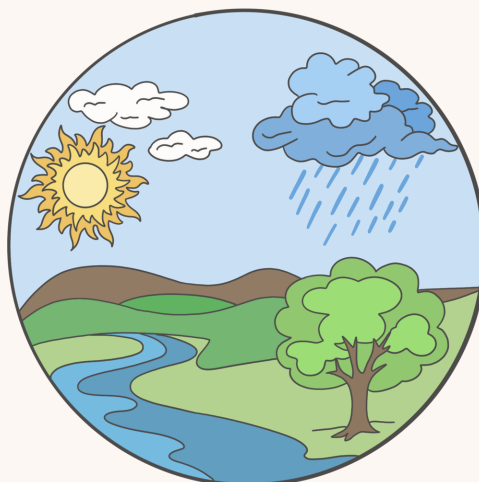


- **Marcos de plantación más amplios**, para conservar humedad en el suelo y optimizar la eficiencia de uso.
- Alternancia de **cereal-leguminosa-barbecho**, que gestiona la humedad interanual.
- Uso de **variedades adaptadas y/o tempranas**, ajuste de **densidades de siembra**, **acolchados**, **labores superficiales** periódicas, **aterrazamientos**, etc.
- Integración de **sistemas de riego eficientes** a partir de goteo, **monitoreo continuo** y uso de tecnología adaptada.



El **papel de los árboles** es fundamental, logrando interceptar la precipitación y guiándola a través del perfil del suelo. El bosque actúa como sumidero del agua y ésta se reparte entre cultivos, suelos, ríos y aguas subterráneas. En este sentido, la incorporación de **setos, cubiertas vegetales y bandas florales**, facilita la infiltración y retención de agua en el suelo.

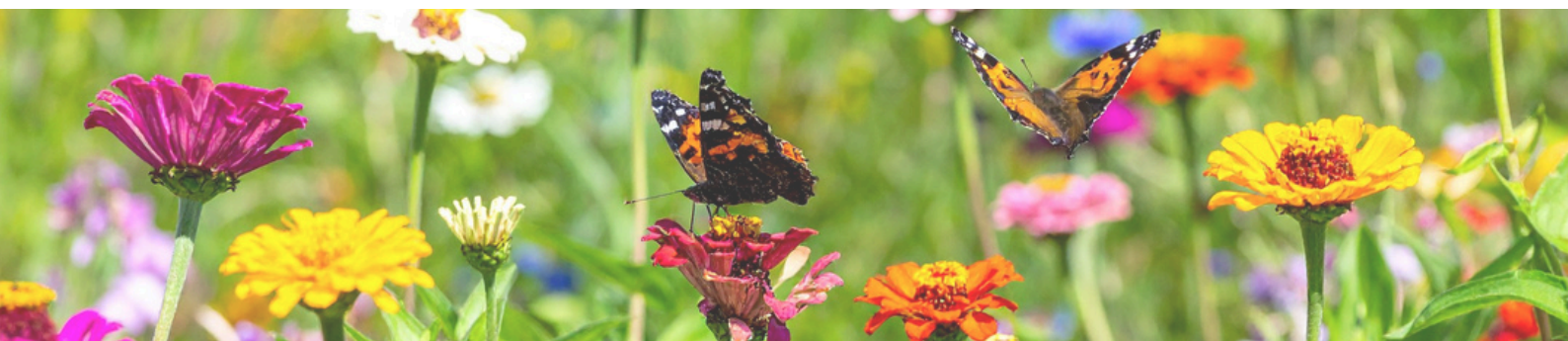
Recuperar el conocimiento sobre el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos, y devolver al suelo su estabilidad estructural y su vitalidad son las premisas que nos van a permitir obtener productividad y fertilidad.



5.3. FOMENTO DE LA BIODIVERSIDAD

La biodiversidad hace referencia al **conjunto de seres vivos** (plantas, animales y microorganismos) que viven en el agroecosistema y a las relaciones entre ellos y con el ambiente que les rodea.

En producción ecológica, la biodiversidad es un pilar esencial de los equilibrios necesarios para alcanzar la sostenibilidad de la producción agraria, apoyándose en las **funciones básicas de los ecosistemas**, como son: reciclado de nutrientes, mantenimiento activo de la vida del suelo, manejo de la dinámica de las poblaciones evitando el impacto ambiental negativo y mejorando la calidad del entorno.



Con un **adecuado manejo de infraestructuras** que favorezcan la biodiversidad, se consigue mejorar la influencia biológica del agroecosistema y facilitar el control biológico.

Este tipo de diseño asegura la **conservación de enemigos naturales** al proporcionarles refugio y alimento para su desarrollo.

Además, permiten conectar las diferentes zonas de la explotación, generando **corredores ecológicos** que aumentan la interacción de poblaciones.



**ANEXO I - FICHAS DE BUENAS PRÁCTICAS
AGROECOLÓGICAS**

ANEXO I - FICHAS DE BUENAS PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS

En el siguiente apartado, se desarrollaran las particularidades de las **BUENAS PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS** elegidas para llevar a cabo, en el contexto actual de la **Cuenca Vertiente del Mar Menor**, con el objetivo de minimizar el impacto de la agricultura en el medio ambiente, mitigar los efectos del cambio climático y realizar una verdadera transición agroecológica.

Estas técnicas tienen un **impacto transversal** con los factores en los que se incide, aportando en mayor o menor medida, de forma directa o indirecta, **beneficios en suelo, agua y biodiversidad**. Para tener una orientación más afinada de esta comparativa sin desestimar la multifuncionalidad en el ecosistema, esta tabla destaca los factores con más influencia en relación a las Buenas Prácticas Agroecológicas.

Grado de influencia		
		
MODERADA	BUENA	MUY BUENA
Factores sobre el que incide		
		
SUELO	RECURSO HÍDRICO	BIODIVERSIDAD

ANEXO I - FICHAS DE BUENAS PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS

			
LABOREO MÍNIMO			
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA			
ACTIVACIÓN Y VIVIFICACIÓN DEL SUELO			
VARIEDADES LOCALES Y/O ADAPTADAS			
CUBIERTAS VEGETALES VIVAS			
CUBIERTAS VEGETALES MUERTAS Y MULCHING			
BIODIVERSIDAD FUNCIONAL			
REFUGIOS PARA FAUNA AUXILIAR			
MANEJO EFICIENTE DEL RIEGO			
ZANJAS DE INFILTRACIÓN Y MICROTERRACEO			
MONITOREO CONTINUO			
ROTACIÓN DE CULTIVOS Y POLICULTIVOS			

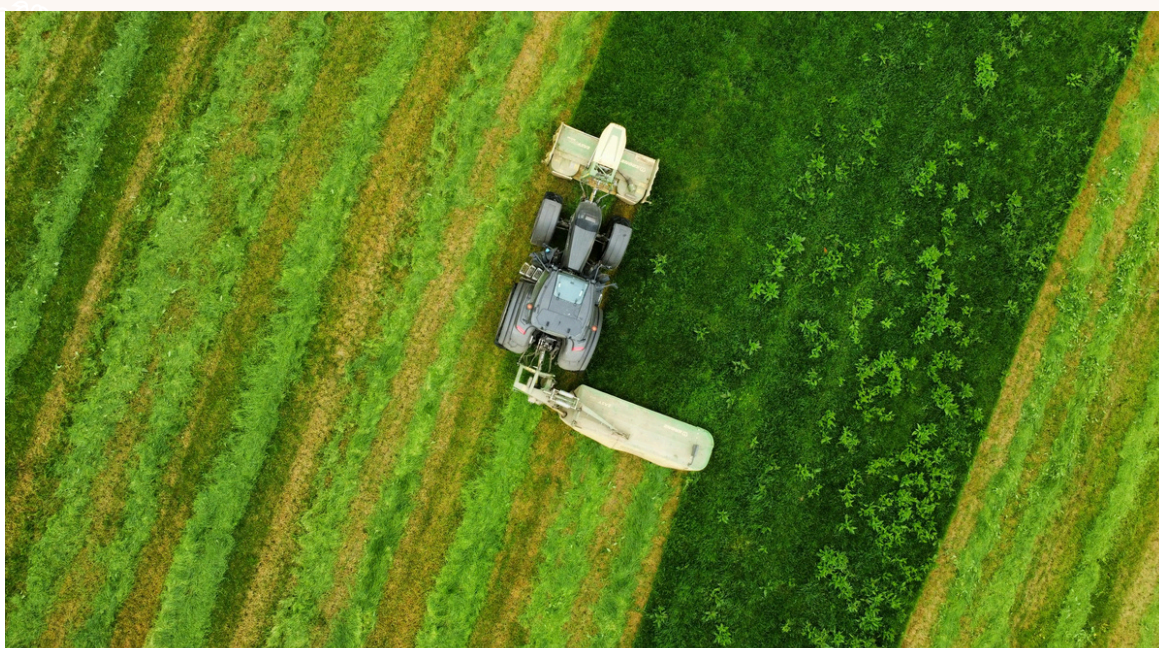


LABOREO MÍNIMO



El laboreo mínimo agrupa sistemas de manejo del suelo cuyo rasgo común es **reducir la intensidad y/o el número de labores** respecto al laboreo convencional (por ejemplo arado de vertedera + varias pasadas), manteniendo parte importante de los residuos de cosecha en superficie y disminuyendo la perturbación de los horizontes superiores.

Esta técnica está definida por tres principios: **mínima perturbación mecánica** del suelo, **cobertura permanente** (residuos o cubiertas) y **rotaciones / diversificación de cultivos** (Hobbs et al., 2008).



De “mínimo” a “cero” laboreo

- **Laboreo reducido o mínimo:** se disminuye la profundidad y/o el número de pasadas; pueden usarse chisel, cultivadores, gradas rápidas o aperos de laboreo vertical, evitando volteo intenso.
- **Laboreo en bandas:** sólo se remueve una franja estrecha donde irá la línea de siembra; el resto permanece cubierto.
- **Siembra directa:** la implantación del cultivo se realiza sin laboreo previo, abriendo un surco mínimo para la semilla (y a veces fertilizante) con sembradoras específicas.

Antes de elegir el sistema que se va a ensayar, hay que partir de un **diagnóstico del suelo** (textura, pendiente, pedregosidad, drenaje, compactación, historial de malas hierbas, disponibilidad de rastrojo, maquinaria).



LABOREO MÍNIMO



Beneficios

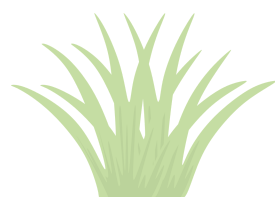
- Reducir la **erosión hídrica y eólica**, especialmente en suelos desnudos y/o con pendiente.
- Mejorar la **estructura del suelo**, favoreciendo la agregación y estabilidad superficial.
- Aumentar o conservar el **carbono orgánico** del suelo, apoyando la fertilidad y resiliencia. Este aspecto es fundamental; el movimiento del suelo conlleva la mineralización y pérdida de la materia orgánica de dicho suelo (desprendimiento además de CO₂ a la atmósfera), lo que supone una disminución de su calidad, salud y biodiversidad edáfica (Lal et al., 2004)
- Mejorar la infiltración y la **eficiencia del agua**, clave en secanos mediterráneos.
- Reducir **costes energéticos y de operación** (menos pasadas, menor consumo de gasóleo). Incidencia positiva sobre la huella de carbono.
- Disminuir **emisiones asociadas a labores** y, en algunos contextos, contribuir a la mitigación climática.



Recomendaciones

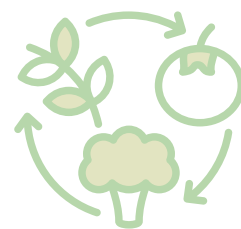
Mantener cobertura del suelo: rastrojos y/o cubiertas vegetales

- **Reduce el impacto** de la lluvia, frena escorrentía y protege frente a erosión, además de moderar temperatura y evaporación (Hobbs et al., 2008).
- Mal gestionada **puede competir por el agua**. La solución consiste en ajustar la especie, densidad y fecha de terminación (secado/rolado/siega).
- En leñosos, **priorizar cubiertas vegetales** (espontáneas o sembradas) y su manejo (siega/rolado) para reducir pérdidas de suelo y escorrentía.
- **No retirar ni quemar rastrojos** salvo situaciones justificadas.
- **Gestionar la altura y distribución** del residuo para evitar "montones" y zonas desnudas (picado y reparto uniforme).



Rotaciones y diversificación

- Reducir laboreo **sin cambiar rotación** suele trasladar el problema: aumenta presión de malas hierbas o patógenos y se estanca la mejora estructural.
- **Alternar gramíneas-leguminosas-oleaginosas** cuando el sistema lo permita.
- **Incluir cultivos de cobertura** o de servicio (por ejemplo, leguminosas para aporte de N y estructura).
- **Evitar monocultivos** prolongados: incrementan riesgos de plagas, enfermedades y flora arvense.





LABOREO MÍNIMO

Control de la compactación

Un punto crítico en el laboreo reducido y siembra directa es la **compactación por tráfico** (cosecha, remolques, abonado), especialmente si se entra con la humedad inadecuada (Lal, 2004).

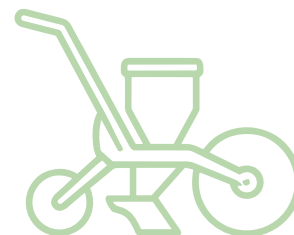
- Evitar entradas con el suelo cerca de plasticidad (huella profunda, “amasado”).
- Aplicar tráfico controlado: concentrar rodadas en calles fijas.
- Usar neumáticos adecuados, presiones correctas y doble rueda.
- Si hay capa compactada persistente (diagnóstico con calicata y penetrómetro), realizar subsolado puntual o laboreo vertical en condiciones óptimas (suelo seco en profundidad), y volver a la estrategia de bajo impacto.



Implantación del cultivo

Abrir surco en presencia de residuo, colocar semilla a profundidad uniforme y **asegurar contacto semilla-suelo**.

- Emplear sembradoras adaptadas (discos/cuchillas abre-surco, ruedas tapadoras y control de profundidad).
- Ajustar:
 - Cuchillas/coulters para cortar residuo sin “peinar” el suelo,
 - Presión de elementos según textura y humedad,
 - Velocidad de avance para mantener precisión.
- Minimizar residuo clavado en el surco (reduce contacto semilla-suelo).



Manejo de plantas adventicias

Al reducir el laboreo, más semillas quedan en superficie. La **gestión de adventicias** se abordará con:

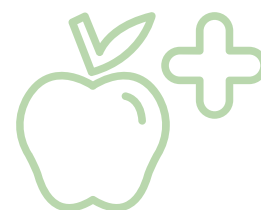
- Rotaciones y fechas de siembra que “rompan” ciclos.
- Cobertura (rastreo/cubiertas) para sombreado y supresión física.
- Siembra a dosis y marcos competitivos (cultivo “cierra” antes).
- En sistemas donde sea viable, control mecánico muy localizado (interlínea) o técnicas culturales.



Fertilidad y nutrientes

En sistemas con baja perturbación suele aparecer **estratificación**: más materia orgánica y nutrientes inmóviles (P, K) en los primeros centímetros. Eso no es necesariamente malo, pero exige ajustar muestreos y abonado.

- Muestreo de suelo por estratos (0–5; 5–15; 15–30 cm) si hay dudas de fertilidad superficial vs. subsuperficial.
- Considerar fertilización localizada (en banda) al sembrar, especialmente para P en suelos fríos o con baja disponibilidad.
- Integrar aportes orgánicos (estiércoles/compost), cuidando trazabilidad y riesgo de compactación por maquinaria pesada.





FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Las prácticas agrícolas tradicionales, mantenían la **fertilidad de los suelos** principalmente optimizando la gestión del agua, la biomasa vegetal de la propia finca (podas, rastrojeras, restos de cosecha) y el acarreo de materia orgánica de distinta procedencia (monte, hojas, paja, helechos, restos de podas). También con la utilización del ganado, el manejo agrícola (barbecho, semillado, asociaciones y rotaciones de cultivos, implantación de praderas, abonos verdes) y otras actuaciones acordes con dichos propósitos conservadores y fertilizadores.

Podemos definir a la **materia orgánica** como el material orgánico de origen biológico, que procede de alteraciones bioquímicas de los restos de animales, plantas, microorganismos y de la actividad vegetal que se encuentra localizada en el interior de macro y microagregados, en la solución y en la superficie del suelo y presenta distintos estados de transformación derivados de la dinámica del medio vivo y de la interacción con el medio mineral, los factores ambientales, el tipo de suelo y las prácticas de cultivo. (Labrador, 2001).

El uso de materia orgánica externa **no es una práctica “automáticamente beneficiosa”**: su efecto depende de la calidad del material, su grado de estabilización, el riesgo de contaminantes, la dosis y frecuencia de aplicación, y (de forma crucial) la adecuación a las necesidades y limitaciones específicas del suelo (pH, textura, salinidad, compactación, drenaje, historial de manejo). (Ouyang et al., 2022).



Tipología de materias orgánicas



- **Compost** (residuos vegetales, estiércoles compostados, fracciones orgánicas de biorresiduos) con distinto grado de madurez.
- **Estiércoles** (bovino, ovino, porcino, avícola) en formas frescas, semiestabilizadas o compostadas.
- **Digestatos** procedentes de digestión anaerobia (con variabilidad fuerte por sustratos y proceso).
- **Vermicompost** (estabilización biológica por lombrices) y otros bioabonos sólidos.
- **Subproductos agroindustriales** (p. ej., alperujos, orujos compostados, residuos de poda compostados), etc.
- **Enmiendas carbonosas** como biochar o restos de poda picados.
- **Lodos tratados** procedentes de estaciones de depuración de aguas residuales
- **Fertilizantes orgánicos** procedentes de harinas, etc.



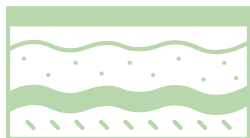
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Beneficios



La **incorporación de materia orgánica** externa al suelo (enmiendas orgánicas, o fertilizantes orgánicos) constituye una estrategia central para sostener o recuperar funciones edáficas clave: estructura, retención de agua, capacidad de intercambio, ciclo de nutrientes, regulación biológica y biodiversidad del suelo. En sistemas donde el balance de carbono es deficitario (por altas tasas de mineralización, laboreos, erosión o baja restitución de residuos), los aportes externos actúan como una vía directa para incrementar el carbono orgánico y estimular el funcionamiento del “suelo vivo”, mejorando la resiliencia productiva y ambiental (García et al., 2018; Gil-Martínez et al., 2025).

La **materia orgánica de calidad**, aumenta la resiliencia de los suelos frente al cambio climático; permite que reaccionen mejor frente a sequías prolongadas, al incidir directamente en su capacidad de retención hídrica. La materia orgánica del suelo incrementa su capacidad de retención hídrica al mejorar la estructura y la porosidad del suelo, lo que favorece una mayor disponibilidad de agua para las plantas y reduce las pérdidas por escorrentía y evaporación. Asimismo, una buena aplicación puede colaborar a incrementar el C orgánico y sus posibilidades de ser estable en los suelos (secuestro de carbono) (García et al., 2017)



Efectos físicos

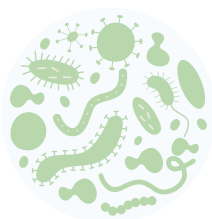
Los aportes orgánicos, **especialmente composts maduros**, mejoran la estabilidad de agregados, reducen la susceptibilidad al encostramiento y favorecen la infiltración, con impactos positivos sobre erosión y eficiencia hídrica, lo que amortigua episodios de sequía y mejora la resiliencia productiva.



Efectos químicos

Las enmiendas orgánicas aportan **nutrientes** y mejoran la **capacidad de intercambio catiónico** y el **tamponamiento del pH** (dependiendo del material). Esto es clave para sostener un suministro gradual de nutrientes. No obstante, exige especial atención a:

- riesgo de pérdidas de N (lixiviación/volatilización)
- aportes de P en exceso
- cantidad de sales y sodio



Efectos biológicos

El tipo y calidad de enmienda importa: en un sistema orgánico, el compost y el estiércol pueden generar respuestas contrastadas en diversidad alfa, composición bacteriana y fúngica y redes de interacción, incluso aplicando igual N total, lo que subraya que la gestión debe ser específica y no genérica.

En cuanto a fauna edáfica (lombrices, colémbolos, nematodos), los efectos son positivos cuando la enmienda aporta carbono y mejora hábitat; sin embargo, ciertos materiales (digestatos con amonio alto o contaminantes) pueden provocar respuestas negativas.



FERTILIZACIÓN ORGÁNICA



Recomendaciones

Debemos pasar de la aplicación rutinaria a una **prescripción basada en el diagnóstico**. El punto de partida debe ser un perfil del suelo que incluya: textura, pH, CE/salinidad, carbono orgánico, estructura, compactación, disponibilidad de nutrientes, drenaje y, si procede, indicadores biológicos (biomasa microbiana, respiración, etc.).

Elección del material

- **Aumentar carbono orgánico** y estabilidad estructural: suelen priorizarse composts maduros o materiales con fracción recalcitrante elevada; biochar puede considerarse como complemento.
- **Aporte de nutrientes** (especialmente N): estiércol y compost con fracción más disponible.
- **Suelos degradados**: enmiendas orgánicas pueden reactivar redes microbianas.

Dosis, frecuencia y modo de incorporación

- **Dosis en base a materia seca** y carbono (no solo “toneladas frescas”), evitando sobredosificaciones que aumenten riesgos de salinidad, lixiviación o acumulación de contaminantes.
- **Aportes pequeños y regulares** son preferibles a aplicaciones grandes y esporádicas.
- En regadíos, el **acoplamiento enmienda-riego** puede influir en mineralización, nitrificación y pérdidas.
- Forma de **aplicación superficial con cobertura** o ligera incorporación; se debe minimizar perturbación, pero asegurar contacto suficiente con suelo para estabilización y evitar pérdidas.

Riesgos

- **Contaminantes emergentes**: microplásticos y otros (Porterfield et al., 2023).
- **Metales pesados/contaminantes** según origen (especialmente ciertos residuos urbanos o lodos): exige trazabilidad, analítica y adecuación a normativa y a objetivos de calidad.
- **Pérdidas de N**: algunos materiales pueden aumentar riesgo de lixiviación si no se ajustan dosis/momento y si el suelo/clima lo favorecen.
- **Salinidad**: composts o digestatos con sales pueden agravar problemas en suelos sensibles.



Las **principales fuentes de contaminación difusa** son los excedentes de nitrógeno y fósforo procedentes de la fertilización mineral y orgánica. Para minimizar las pérdidas hacia aguas subterráneas y superficiales es fundamental aplicar el siguiente principio: usar la fuente adecuada de nutrientes, en la dosis precisa, en el momento oportuno y en el lugar correcto. Esto se traduce en realizar análisis sistemáticos de suelos y aguas de riego para ajustar las dosis de fertilizantes a las necesidades reales del cultivo; dividir las aportaciones en fracciones más pequeñas y frecuentes para sincronizarlas con los picos de absorción del cultivo.



ACTIVACIÓN Y VIVIFICACIÓN DEL SUELO



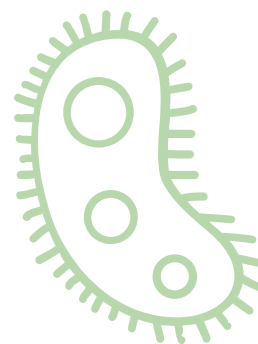
El **manejo biológico del suelo** se entiende como el conjunto de decisiones orientadas a conservar, estimular o restablecer los procesos biológicos que sustentan la fertilidad y la sanidad del agroecosistema. Este enfoque ha evolucionado desde una visión general (“aumentar materia orgánica”) hacia una gestión más dirigida de la comunidad microbiana del suelo, reconociendo que muchos rasgos agronómicos (eficiencia en uso de nutrientes, tolerancia al estrés y supresión de enfermedades) dependen de interacciones suelo–planta–microorganismos (Albright et al., 2022; Díaz-Rodríguez et al., 2025).

Se consideran **microorganismos beneficiosos** aquellos que mejoran (directa o indirectamente) funciones como: nutrición (provisión o movilización de nutrientes), crecimiento y tolerancia al estrés, sanidad (supresión de enfermedades) y estabilidad funcional del sistema (Aloo et al., 2022; Díaz-Rodríguez et al., 2025).



Grupos funcionales

- **Bacterias promotoras del crecimiento (PGPR/PGPB)** (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*), por la producción de fitohormonas, ACC desaminasa, sideróforos, solubilización de P e inducción de respuestas defensivas (Aloo et al., 2022).
- **Hongos micorrícicos arbusculares (HMA/AMF)** (*Glomus*), que amplían el volumen explorado por raíces y mejoran la adquisición de P y agua, además de modular defensas y estructura. (Díaz-Rodríguez et al., 2025).
- **Hongos antagonistas** (*Trichoderma*), con funciones de biocontrol y bioestimulación mediante antibiosis, micoparasitismo, competencia y primado del sistema inmune vegetal (Azarbad & Junker, 2024; Díaz-Rodríguez et al., 2025).





ACTIVACIÓN Y VIVIFICACIÓN DEL SUELO



Beneficios

Hay que entender que **beneficioso no es una propiedad absoluta**: un microorganismo puede ser útil en un suelo/cultivo/manejo concretos, y no tener efecto, o incluso tenerlo negativo en otros contextos (Albright et al., 2022; Canfora et al., 2021).

Los microorganismos beneficiosos contribuyen a la nutrición por vías como **fijación biológica de N** (simbiótica o asociativa), **solubilización/movilización de P** mediante ácidos orgánicos y enzimas, y **mejora de micronutrientes** a través de sideróforos y cambios redox (Aloo et al., 2022; Díaz-Rodríguez et al., 2025).

Determinadas cepas promueven raíces más densas o profundas, mejoran la **eficiencia en el uso de recursos** y modulan señales hormonales (por ejemplo, vía ACC desaminasa) (Li et al., 2023).

El **control biológico** puede basarse en antibiosis, competencia por recursos, parasitismo y, de forma relevante, en inducir resistencia sistémica en la planta. Los microorganismos se integran mejor como parte de un manejo integrado, y no como sustitutos simples de tratamientos: su eficacia depende de prácticas complementarias (rotaciones, manejo de residuos, monitoreo y saneamiento agronómico) (Díaz-Rodríguez et al., 2025; Canfora et al., 2021).



Recomendaciones

La intervención debe responder a un **diagnóstico completo del suelo** (Díaz-Rodríguez et al., 2025). El manejo biológico no “compensa” limitaciones severas (compactación extrema o salinidad elevada) sin abordar primero la causa dominante (Albright et al., 2022).

Priorizar **microorganismos adaptados** a las condiciones del agroecosistema y con eficacia demostrada en condiciones próximas al campo (Díaz-Rodríguez et al., 2025; Canfora et al., 2021).

El éxito mejora cuando la aplicación coincide con el acceso al nicho: tratamiento de semilla, aplicación localizada en línea o en zona radicular y gestión de humedad para favorecer el establecimiento. La ecología microbiana recomienda **ajustar dosis/frecuencia/modo** de entrega para aumentar probabilidad de establecimiento y combinar con prácticas que faciliten nicho (aportes de carbono, menor disturbio, cobertura) (Albright et al., 2022). En sistemas limitados por sequía, seleccionar inoculantes con alta colonización puede ser determinante (Li et al., 2023).





ACTIVACIÓN Y VIVIFICACIÓN DEL SUELO

Bioestimulantes

Los beneficios de utilizar bioestimulantes son diversos, así como sus particularidades. En esta tabla se detallan los aspectos más importantes de la aplicación de **micorrizas**, **microalgas** y **materia orgánica líquida**.

	Funciones y beneficios	Cultivos adecuados, coste y método de aplicación
Micorrizas	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la absorción de nutrientes (P, N). Aumento de la resiliencia frente a estrés hídrico y salino. Estabilización de la estructura del suelo. Reducción de lixiviados de nitratos y fósforo. Mejora de la eficiencia fertilizante. Contribución a agricultura regenerativa y bioeconomía circular. 	<ul style="list-style-type: none"> Frutales mediterráneos: almendro, olivo, cítricos, vid. Hortícolas de ciclo medio-largo: tomate, pimiento, melón, sandía. 40–120 €/ha según formulación. Alta relación coste-beneficio. Bajo mantenimiento; persistencia plurianual. En trasplante/siembra: 1–2 kg/ha. En fertirrigación: 1–2 L/ha en 200–400 L agua. Normalmente 1 aplicación por campaña.
Microalgas	<ul style="list-style-type: none"> Bioestimulación del crecimiento. Mejora de la eficiencia nutricional. Estimulación de la actividad microbiana del suelo. Reducción de lixiviados y salinidad. Mejora de la estructura del suelo. Potencial en biorremediación y captura de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> Hortícolas bajo riego localizado o invernadero: tomate, lechuga, pimiento, pepino. Frutales jóvenes o en estrés: cítricos, olivo. 15–40 €/L; dosis 1–5 L/ha. Coste medio. Fertirrigación: 2–5 L/ha por aplicación. 2–3 aplicaciones por ciclo (cada 20–30 días). Equipo de fertirrigación o pulverización.
Materia Orgánica Líquida (MOL)	<ul style="list-style-type: none"> Aporte de carbono orgánico soluble. Mejora de estructura y capacidad de retención de agua. Estímulo de la microbiología del suelo. Mitigación de suelos salinos y degradados. - Reducción de dependencia de fertilización química. Alineada con Directiva de Nitratos y estrategias de restauración. 	<ul style="list-style-type: none"> Uso generalizado. Especialmente útil en suelos con MO <1%, riego intensivo o salinos. Hortícolas, frutales, cultivos exigentes. 0,5–3 €/L. Coste total: 25–400 €/ha según dosis. Muy viable técnica y económicamente. Fertirrigación: 50–150 L/ha diluidos. 2–3 aplicaciones por campaña. Sin equipamiento especial adicional.

Fuente: Elaboración propia



VARIEDADES LOCALES Y/O ADAPTADAS

Nuestros/as antepasados/as **domesticaron y modificaron las especies vegetales** susceptibles de ser cultivadas y viajaron con ellas. Se observaron y aprovecharon las mutaciones de los cultivos, seleccionándolos para nuevos ambientes y para necesidades y gustos. Gracias a esto, ha llegado hasta hoy un gran número de variedades locales, aunque otras se han perdido en el camino.

El calificativo de **local, primitiva, antiguo, tradicional o autóctono** define una íntima relación con el entorno, implica un elevado grado de adaptación a las condiciones ambientales de la zona y también una demanda de la población donde se encuentra (Fernández, 1999).



Podemos definir las **variedades locales** como “poblaciones diferenciadas, geográfica y ecológicamente, visiblemente diferentes en su composición genética con las demás poblaciones y dentro de ellas y son producto de una selección por parte de los agricultores, resultado de los cambios para la adaptación, constantes experimentos e intercambios” (FAO, 1996). Estas variedades no son algo estático, sino dinámico, modificando sus caracteres por la presión de los seres humanos y la naturaleza durante su evolución.



Afortunadamente, **el reglamento permite la autoproducción de semillas**, así que se pueden mantener las formas locales y la autonomía. Con la autoproducción se recupera el mecanismo de adaptación y mejora de los materiales genéticos del agrosistema, volviendo a dirigir la selección de los mejores tipos, adaptados al lugar y al manejo. Con esto, se ofrece al consumidor el producto de la máxima calidad alimentaria, producido de la manera más sostenible posible para nuestro medio ambiente y nuestra cultura.



VARIEDADES LOCALES Y/O ADAPTADAS



Beneficios

La **capacidad de adaptación** a las condiciones cambiantes de una variedad tradicional es mucho mayor que una variedad comercial. En los sistemas homogéneos, todos los individuos reaccionan de un modo semejante frente a perturbaciones y puede llegar a producirse una auténtica catástrofe alimentaria. Esta heterogeneidad proporciona al cultivo la **estabilidad en la producción** frente a la vulnerabilidad que sufren las variedades comerciales.

Ante cualquier problema, plaga, enfermedad, condiciones meteorológicas, etc., una variedad local tiene mayor **capacidad de superar el estrés** causado que una variedad comercial homogénea. Las poblaciones heterogéneas también suelen recuperarse con mayor rapidez tras cesar esta perturbación.

Una última característica, de gran interés, es que las variedades tradicionales presentan una **excelente calidad**, no sólo a nivel analítico, sino también aportando diversidad en un mercado predominantemente uniforme y poco variado, aportando formas, colores y sabores. Es decir, además de ser un patrimonio que no podemos permitirnos el lujo de perder, las variedades tradicionales pueden ser base para las estrategias de desarrollo local.

Valor comercial diferenciado

- Mercados de proximidad, grupos de consumo y restaurantes de alta gastronomía
- Atributos diferenciadores (sabor, textura, color y cualidades nutricionales)
- Certificación ecológica + variedad local = doble valor añadido
- Historia y patrimonio cultural asociado
- Iniciativa "Murcia en tu mesa"



El interés de las variedades locales para la agricultura ecológica se resume en (Roselló et al., 2000):

- Contribuyen a aumentar la **diversidad biológica** del agrosistema.
- Tienen mayor **capacidad de superar situaciones** desfavorables o factores limitantes, lo que se conoce como resiliencia.
- Muestran una **mayor adaptación** a las condiciones de cultivo de la agricultura ecológica.
- No han sido seleccionadas buscando solo la productividad, como las semillas convencionales, sino usos y cualidades específicas.
- Suponen una **herencia cultural** de gran importancia que no debe desaparecer.
- Promueven la **soberanía alimentaria**.



VARIEDADES LOCALES Y/O ADAPTADAS



Recomendaciones

Autoproducción

Selección y conservación de semillas

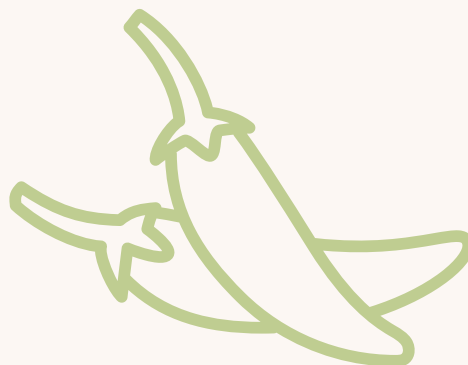
- Selección masal positiva
- Secado artesanal hasta 5% de humedad
- Conservación en tarros herméticos y lugar fresco
- Etiquetado con variedad, fecha y procedencia

Adaptación al territorio

- Priorizar variedades con historial en la zona
- Periodo de adaptación de 2-3 ciclos para evaluación
- Registro de comportamiento agronómico (vigor, resistencia, productividad)

Multiplicación y mantenimiento

- Aislamiento entre variedades para evitar polinizaciones cruzadas
- Mínimo 20-30 plantas por variedad para mantener diversidad genética
- Rotación con otras familias botánicas



Proveedores disponibles

El MAPA ha creado la aplicación ECOSID “Sistema de información y disponibilidad de material ecológico y en conversión de reproducción”.

A continuación, se nombran las iniciativas y proveedores en las regiones de Murcia y Almería con semillas y/o plantel ecológico:

Murcia

- Red Murciana de Semillas - Intercambio de semillas
- Red de Agroecología y Ecodesarrollo de la Región de Murcia (RAERM).
- La Almajara del Sur (Cehegín): Vivero ecológico, semillas libres y tradicionales
- Banco de Germoplasma del IMIDA (BAGERIM).
- Murcia Seeds – Productor agrícola con disponibilidad de semillas/plantel.
- Babyplant (Murcia – Santomera) – Plantel hortícola y aromático.
- Semilleros La Sala (Murcia) – Vivero y semillero,; especialistas en injertos hortícolas y soporte técnico.
- Viveros Alhárabe – Vivero forestal y plantas agrícolas en Moratalla.
- Agrovivero del Mediterráneo (Jumilla): especializado en producción de semilla de pistacho y asesoramiento.

Almería

- Semilleros Loteplant (El Ejido, Almería) – Producción de planta hortícola.
- Semillero Laimund – Producción de plantel hortícola y ornamental.
- Almeriplant Semilleros Ecológico – Especializada en plantel
- Semilleros Deitana – Producción de plantel hortícola



VARIEDADES LOCALES Y/O ADAPTADAS

Especie	Variedad	Descripción / Uso / Observaciones
HORTÍCOLAS		
Tomate	Muchamiel	Tamaño medio, forma redondeada e irregular, piel fina, sabor muy dulce con toque ácido
	Alargado de Algezares / Pera grueso	Para conserva
	Murciano	Consumo en fresco y ensaladas
	Arboleja	Conservada en el Banco de Germoplasma del IMIDA
Pimiento	Ñora y Bola americano	Para pimentón (producto con DOP en Murcia)
	Negral	Para colorantes (colorea el doble que el de bola)
	Cuerno de cabra / de enrastrar	Consumo en fresco
	Datler	Muy productivo, tradicional para pimentón y frito
	Morrón de conserva	Ideal para rellenos
	Pimiento morro de vaca	Variedad tradicional del IMIDA
Berenjena	Bola negra / Huevos de toro / Listada de Gandía / Negra	Variedades tradicionales
	Berenjena ciezana	Conservada en el Banco de Germoplasma del IMIDA.
Calabaza	Totanera	Corteza rugosa y gruesa. Para potajes y hervidos
	Guinea	Para guisos y dulces de calabaza
	Caricias del señor	Variedad tradicional de Murcia conservada en el Banco de Germoplasma del IMIDA
Otras hortalizas	Acelga del Olivarejo	Variedad local tradicional
	Acelga roja	Variedad de interés ornamental y gastronómico
	Zanahoria negra	Variedad tradicional de alto valor nutricional
	Espinacas del Olivarejo	Variedad local tradicional
	Ajo gigante	Variedad de gran tamaño
FRUTALES		
Algarrobo	Ramillete	Recolección tardía. Pulpa abundante y azucarada
	Mollar (Negra)	De las variedades más dulces. Originaria de Baleares y adaptada en Murcia



VARIEDADES LOCALES Y/O ADAPTADAS

Especie	Variedad	Descripción / Uso / Observaciones
FRUTALES		
Almendro	Cartagena	Variedad específica del Campo de Cartagena. Representa el 50% de la cuota nacional
	Marcona	Noroeste murciano
	Garrigues	Zona de Totana
	Ramillete	Variedad tradicional en Murcia y Alicante
Granado	Albar y de piñón tierno	Consumo en fresco
	Cajín	Para jarabe de granada
Cítricos	Limón Fino y Verna	Variedades principales en España
	Jeromo	Uso para conserva
	Lima palestina	Zumo dulce sin ácido
Frutales de hueso	Pera campesina / Gambusina	Muy resistente una vez recolectada
	Pera de agua / Real / Sanjuanera (Catell)	Variedades tradicionales de pera
	Pera de Jumilla	Con Denominación de Origen Protegida (DOP)
	Melocotón temprano de Cieza	Con Indicación Geográfica Protegida (IGP)
	Higuera verdal y blanca	Consumo en fresco y seco
Vid	Monastrell	Variedad principal en la región
	Garnacha	Variedad extendida
	Garnacha Tintorera	Variedad tintorial tradicional
	Cencibel	Nombre local del Tempranillo
CULTIVOS EXTENSIVOS		
Cebada	Cebada Albacete	Variedad histórica de referencia. Desarrollada específicamente para resistir condiciones de secanos áridos y frío intenso
Legumbres	Garbanzo negro	Legumbre tradicional del Noroeste murciano
	Guisante de Lorca	Variedad local tradicional
	Michirones (habas secas)	Habas secas tradicionales, base de la gastronomía local

Funciones de la biodiversidad asociada al cultivo de cítricos.



USO DE CUBIERTAS VEGETALES VIVAS Y ABONO VERDE



Los cultivos de cobertura y los abonos verdes se consideran herramientas centrales para avanzar hacia sistemas más sostenibles, resilientes y eficientes en el uso de recursos. Aunque ambos conceptos están estrechamente relacionados, conviene diferenciarlos operativamente: los cultivos de cobertura se establecen principalmente para proporcionar servicios ecosistémicos (protección del suelo, captura de nutrientes, regulación hídrica, supresión de malas hierbas, mejora biológica), mientras que el abono verde enfatiza el destino de la biomasa, que suele incorporarse al suelo para contribuir a la fertilidad y al funcionamiento edáfico. En la práctica, un mismo cultivo puede cumplir ambos roles según el manejo (fecha de terminación, destino de residuos, intensidad de incorporación, etc.) (Yousefi et al., 2024).



En **agricultura ecológica**, donde la nutrición debe sostenerse con fuentes internas/permitidas y con un enfoque preventivo, los abonos verdes y coberturas cumplen un papel estructural:

- aportan N (leguminosas),
- sostienen la actividad biológica y el ciclado de nutrientes,
- reducen presiones de malas hierbas por competencia y cobertura,
- ayudan a construir estabilidad estructural y biodiversidad edáfica.

Su valor no es “un insumo”, sino una **infraestructura biológica del sistema**, que requiere planificación en rotación y coherencia con el conjunto de prácticas (Lamichhane & Alletto, 2022; Koudahe et al., 2022).





USO DE CUBIERTAS VEGETALES VIVAS Y ABONO VERDE

Elección de especies

- **Abonos verdes:** Variedades que favorezcan la fijación de nitrógeno atmosférico. Principalmente leguminosas o gramíneas muy rústicas como cebada, avena, centeno y veza.
- **Control de la erosión:** Utilizar especies tapizantes, principalmente gramíneas de porte bajo y fácil control.
- **Aumento de la biodiversidad:** Preferentemente, mezclas de especies con ciclos alternativos, que favorezcan la aparición de flores en diferentes momentos del año.
- **Mejora de la estructura del suelo:** Se deben utilizar especies con raíces pivotantes, principalmente del género brassica (colza, mostaza, nabo forrajero, etc).



CUBIERTAS VEGETALES PERMANENTES O MIXTAS (kg/ha):

- Alfalfa: 25-30 (perenne monocubierta).
- Mielgas: 10 (perenne).
- Trébol blanco o rojo: 10 y 20-25 (perenne).
- Alfalfa (20-25) + grama (25) (mezcla perenne, alta densidad de biomasa en verano si hay agua suficiente).
- Alfalfa (25) + ray-grass inglés (30) o festuca (20) (perenne).
- Trébol blanco (10) + festuca (20) + dactilo (20) o espiguilla o cebadilla (30).
- Trébol morado (10) + dichondra (20) (para zonas sombreadas).
- Esparceta (130-180) + formental (*Arrhenatherum elatius*) o *Festuca arundinacea* (4). Siembra otoñal.
- Mielgas (8) o alfalfa (20)+ meliloto (10) + trébol subterráneo (20)+ esparceta o pipirigallo (30) + espiguilla o cebadilla (20) + aliso de mar (5) + pimpinela menor (5)



Cubierta de alfalfa, esparceta y meliloto

CUBIERTAS VEGETALES ANUALES (kg/ha):

- Veza (100) + avena (80). Siembra en otoño o primavera (marzo-abril).
- Veza (60) + guisante (70) + avena (70). Siembra en primavera o verano (julio).
- Veza (60) + guisante (70) + cebada o centeno (70). Siembra en otoño.
- Guisante (120) + avena (80). Siembra en primavera o verano.



USO DE CUBIERTAS VEGETALES VIVAS Y ABONO VERDE

Las cubiertas vegetales poseen múltiples ventajas y aportan **diferentes beneficios ecosistémicos** a la producción agraria.



Funciones de la biodiversidad asociada al cultivo de cítricos.



Beneficios

Sus efectos favorables son múltiples ya que estimulan la actividad biológica del suelo, mejoran su estructura, protegen de la erosión, reducen la evaporación, aceleran la mineralización del humus, disminuyen la lixiviación de los nutrientes al retenerlos y subirlos de los horizontes más bajos de suelo, facilitan la descomposición de las ligninas y celulosas, limitan el desarrollo de las adventicias, etc.

- **Leguminosas:** Fijan nitrógeno; un cultivo de alfalfa puede fijar hasta 200 kg de N por ha y año, mientras que una veza puede llegar a aportar unos 100 kg de N/ha y año.
- **Crucíferas:** Poseen una buena capacidad de humificación (desarrollan grandes cantidades de biomasa), y enriquecen en potasio.
- **Gramíneas:** Aportan bastante biomasa. En investigaciones recientes se ha visto relación entre la transformación en formas asimilables de nutrientes como el hierro y las bacterias que viven en la rizosfera de las avenas.

La presencia de cubiertas vegetales vivas contribuye a la salud del suelo, ya que, al completar su ciclo y descomponerse, incorporan materia orgánica vegetal que **mejora la fertilidad, la actividad biológica y la estructura del suelo.**



USO DE CUBIERTAS VEGETALES VIVAS Y ABONO VERDE



Recomendaciones

La **implantación y la gestión de una cubierta** es clave para conseguir el objetivo definido. No se trata igual una cubierta en cítricos (regadío), que en secano.

En los sistemas intensivos del Campo de Cartagena es prioritario implantar **cubiertas vegetales en periodos intercultivo**, especialmente en parcelas con pendientes o cercanas a cauces, para interceptar el agua de escorrentía y captar los nitratos residuales. Estas cubiertas pueden combinarse con la siembra de leguminosas para aportar nitrógeno biológico y diversificar el sistema.

En el Mediterráneo, por disponibilidad de agua, siempre será recomendable **realizar siembras otoñales** frente a las de primavera.

Pueden realizarse **una o varias siegas** antes de su entierro definitivo. Cuantas más siegas se den, estaremos ampliando el periodo de fijación de nitrógeno y otros nutrientes, mientras que sus raíces darán aireación del suelo. La alfalfa, la podemos segar en primavera cuando está floreciendo, cuando ya ha acumulado reservas en sus raíces, para enterrar más adelante.



*Cubierta sembrada de Lolium rigidum en cítrico ecológico.
Fuente: Cuesta et al, 2014 a.*

La **competencia por el agua** en un sistema de manejo de riego por goteo, deja de ser una realidad. Las plantas espontáneas frenan su desarrollo o se agotan en la época más seca, y reverdecen con las primeras lluvias. En zonas de secano, se siegan las cubiertas para evitar competencia directa con el cultivo.

Actualmente, se están realizando **implantaciones con especies autóctonas**, como son las gramíneas del género *Brachypodium*. Tienen una gran adaptación al clima semiárido (crecen muy bien sin agua) y su altura máxima es de 20cm. Se puede conseguir en distintas empresas distribuidoras, una de ellas es Agrosemillas (Cuenca).



USO DE CUBIERTAS VEGETALES MUERTAS

La paja, los acolchados herbáceos y otros orgánicos (restos de cosechas, orujo de uva o aceitunas, compost, etc.) eran muy utilizados antes de la fabricación del plástico. Todavía siguen siendo un método eficaz de control de adventicias, además de aumentar el calor y aportar materia orgánica al suelo. El problema de la paja es que puede producir reinfestaciones con semillas espontáneas. Podemos utilizar aquella que no provenga de cultivos con semillas (como paja de arroz). El heno de praderas silvestres lleva demasiadas semillas, por lo que no es aconsejable. Los acolchados con raíces de plantas alelopáticas (geranios, amapolas), pueden ser interesantes en ciertos cultivos.



El plástico negro es otro de los materiales ampliamente utilizados en la actualidad. Suele usarse polietileno negro, aunque tiene los **inconvenientes de no dejar pasar la humedad ni el aire**, por lo que pueden facilitar los ataques de hongos. Para evitar esto, se pueden usar plásticos microperforados o permeables al aire y el agua, como el polipropileno (de 65 a 165 g/m² de espesor). Tienen la ventaja de calentar el suelo (si son negros), por lo que facilitan la precocidad de las cosechas. Por contra, los acolchados orgánicos y las pajas no son tan resistentes a la salida de adventicias, pero aportan nutrientes y facilitan el crecimiento de hongos y microorganismos interesantes.

Con el objetivo de ofrecer una alternativa sostenible al plástico, existe la posibilidad de trabajar con **acolchado de papel**. En este aspecto, hay que destacar el proyecto [LIFE Agropaper](#), que tiene como objetivo demostrar que el papel 100% biodegradable y compostable, es una técnica eficaz para el cultivo agrícolas.

También existen **otros acolchados inertes**, como son la arena o la grava. Incluso, hay a la venta acolchados preparados a base de paja, yute, coco y otros materiales orgánicos.



Acolchado de papel LIFE Agropaper



USO DE CUBIERTAS VEGETALES MUERTAS



Diversos tipos de acolchados (polietileno a la derecha, compost al centro, sin acolchado a la izquierda, y manta orgánica al centro en segundo término). Fuente: J. Roselló y A. Domínguez



Acolchado con manta orgánica (paja-yute-coco), con cierta problemática agronómica. Fuente: J. Roselló, A. Domínguez



Beneficios

Las **coberturas vegetales inertes**, tienen múltiples particularidades, aunque será determinante el grado de aportes en función del material de base elegido. Por este motivo, es importante valorar los beneficios y dificultades de cada uno de ellos, así como la compatibilidad en la finca (maquinaria, materiales disponibles, coste, condición climática, etc.).

No obstante, las **ventajas generales** en la realización de esta práctica son:

- Estabilidad de la temperatura del suelo
- Incrementa la actividad biológica
- Reduce presión de plantas adventicias
- Ayuda a construir estabilidad estructural y biodiversidad edáfica
- Reduce la compactación superficial del suelo
- Aumenta la capacidad de retención de agua y disminuye la evapotranspiración

La **aplicación de mulching** sobre el suelo aporta múltiples beneficios, como la conservación de la humedad, la reducción de la erosión y la mejora progresiva de la materia orgánica y de la estructura del suelo a medida que el material se descompone. En el caso de un mulching con papel, como Agropaper, la celulosa del papel (fuente de carbono), se introduce en el suelo después del cultivo, y ello incide favorablemente en la calidad de dicho suelo.





USO DE CUBIERTAS VEGETALES MUERTAS



Recomendaciones

Instalación del acolchado de papel Agropaper®

- Instalar días **sin lluvia ni viento**.
- Tiempo máximo entre la instalación del acolchado y la plantación de **una semana**.
- Si se instala mecánicamente, serán necesarios algunos cambios en la **configuración de los aperos** de instalación de plástico. Se debe moderar la velocidad y presión hasta encontrar la óptima para su apero. y evitar la rotura del papel.
- Antes de perforar el papel, se debe realizar un **primer riego** para asentar el papel en el suelo. Una vez seco, estará listo para ser perforado.
- Durante el desarrollo del cultivo, hay que **evitar pisar el papel**, ya que la resistencia disminuye cuando está húmedo.
- Después de la cosecha, puede **incorporarse al suelo**. Una vez mezclado con el suelo se descompone en un plazo de 8 a 10 semanas. En caso de no estar completamente enterrado, tardará más en descomponerse, pero seguirá actuando como una reserva de carbono en el suelo.



Apero de instalación para acolchado de papel

Existe un apero, **considerado el mejor para la instalación de acolchado de papel**, fabricado en Balsicas-Murcia (modelo Garcerán Chirlaque). Es un apero de acolchado arrastrado en el que todo su peso recae sobre las ruedas exteriores. Como no entrarán en contacto con la hoja de papel, no la rasgan. Las ruedas del centro son ruedas giratorias que se encargan de mantener el papel tenso ejerciendo solo la presión del peso de las ruedas (no de toda la máquina). De esta forma es posible trabajar a la misma velocidad que con el acolchado de plástico.



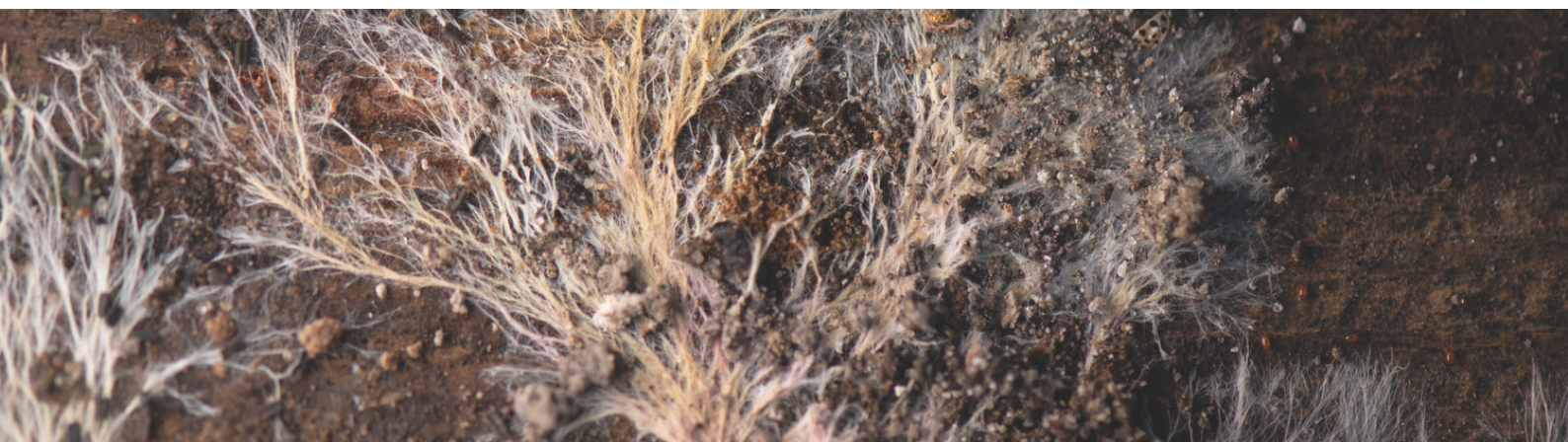
USO DE CUBIERTAS VEGETALES MUERTAS

Microorganismos degradadores de restos de poda

Al realizar un acolchado con los restos de poda, es aconsejable incorporar hongos degradadores. De esta forma, se aprovechan mejor los nutrientes provenientes de la madera y logramos una mayor velocidad de degradación.

A continuación se citan los hongos encargados de la degradación de lignina y celulosa:

- **Basidiomicetos** (podredumbre blanca): *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Lentinula edodes*.
 - **Enzimas:** lacasas, lignina-peroxidasas, Mn-peroxidasas → atacan lignina y abren la pared para que otros degraden celulosa/hemicelulosa.
- **Ascomicetos:** *Chaetomium*, *Xylaria* → menos potentes en lignina, buenos en celulosa.
- ***Trichoderma* spp.** (*T. harzianum*, *T. reesei*): celulolíticos fuertes (y biocontrol), lignina limitada. Muy útiles en mezcla.



Aplicación de microorganismos

- **Tritura a 2–5 cm** y deposita los restos en línea bajo la banda de goteo o a pie de hilera (viña, frutales).
- **Ajusta C:N y humedad:** añade N (compost fino) para bajar C:N hacia 25–35:1; humedece a 55–65 % (que al apretar suelte 1–2 gotas).
- **Inocula hongo ligninolítico** con spawn de serrín (*Pleurotus/Trametes*) al 1–3 % p/p del chip (≈10–30 kg de spawn por tonelada de astilla).
- **Riego ligero** 1–2 veces/semana las primeras 4–6 semanas (si no hay lluvia).
- **Tiempo de acción:** blanqueo (micelio) visible en 2–6 semanas; reducción de volumen y fragilización en 3–6 meses.
- **El pH:** 6–7,5.
- **Época ideal:** post-poda (invierno-primavera); evita el pico seco y caluroso si no puedes regar.



ROTACIÓN DE CULTIVOS Y POLICULTIVOS

Entre las prácticas que pueden implementarse con la finalidad de crear un ambiente menos favorable para el desarrollo de organismos nocivos, se encuentra la rotación de cultivos y los policultivos. La **rotación** es un sistema de siembra en una sucesión reiterativa y en una secuencia determinada sobre una misma superficie. Los **policultivos** son sistemas agrícolas con mayor complejidad que las rotaciones. Consiste en cultivar diversas especies vegetales en una misma superficie y tiempo.



Con la **modernización de la agricultura**, la aparición de los fertilizantes y los plaguicidas, disminuyó el interés en la rotación y el policultivo. Estas prácticas son posiblemente los **métodos de control de plagas y enfermedades más antiguos** que se conocen y necesitan ser redescubiertos en la era del monocultivo y la agricultura especializada e intensiva (Cook y Veseth, 1991).

Un ejemplo de esto es la asociación de **tomateras con maíz y albahaca**. El sombreado del maíz favorece la floración y calidad del tomate y sirve de barrera-trampa, contra araña roja y *Heliothis*. La albahaca produce una sustancia que inhibe el desarrollo larvario de los insectos y les produce graves alteraciones, por lo que las hembras se alejan y prefieren no poner sus huevos. Sobre todo controla trips, mosca blanca, moscas y mosquitos comunes.

El microclima que se crea con la asociación de cultivos es diferente al que habría con un solo cultivo y esto se puede manejar. Por ejemplo, los guisantes cultivados junto con cereales sufren menos enfermedades que cuando se crían solos y rastreros, porque con los cereales consiguen menos humedad y más aireación.

Todos los mecanismos que dificultan la propagación de insectos también dificultan la propagación de enfermedades (sobre todo virus), es decir, las barreras naturales, plantas resistentes, aumento de la distancia de plantación, etc., dificultan el paso del inóculo y por tanto, que se extienda la enfermedad.

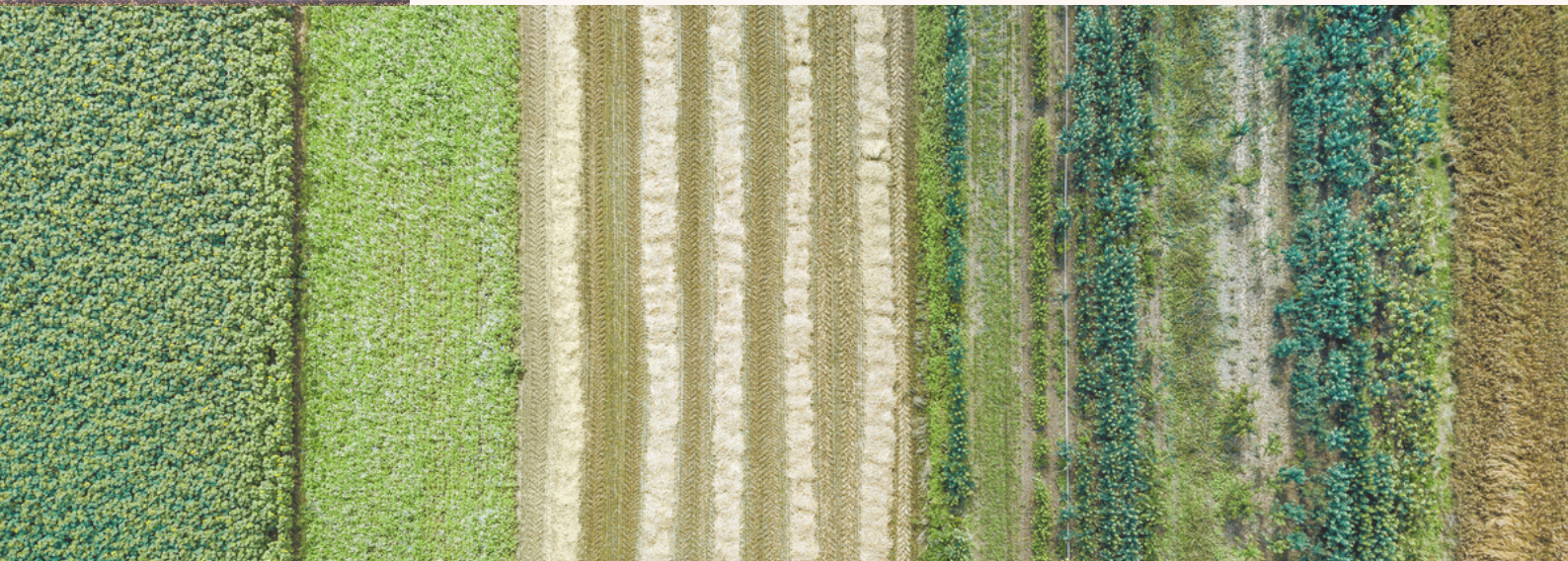


ROTACIÓN DE CULTIVOS Y POLICULTIVOS



Beneficios

Los policultivos y rotaciones tienen múltiples funciones. Entre las más importantes están **el manejo de los nutrientes y la protección integrada** de los cultivos en los sistemas agrícolas sostenibles (Jordan y Hutcheon, 1996). La marcada influencia sobre la fertilidad del suelo y sus propiedades físico-químicas hace que mejore su respuesta ante los agentes causantes de la erosión y compactación, a la vez que influye sobre las poblaciones de organismos, tanto nocivos como beneficiosos, que tienen éste como hábitat.



Las rotaciones de cultivos con especies menos exigentes en fertilización contribuyen a **romper ciclos de plagas y enfermedades**, disminuyendo la necesidad de fitosanitarios. Con ello se consigue un **sistema más resiliente**, con mayor biodiversidad funcional y menor dependencia de insumos externos.

En cuanto al **control de plagas y enfermedades**, la efectividad depende, entre otras cosas, del organismo que se pretende regular. Insectos polívoros y/o con alta movilidad son controlados con menos éxito que aquellos con escasa capacidad de migración y rango de hospedantes limitado. Los insectos con alta movilidad son capaces de invadir y colonizar desde los campos vecinos y lugares alejados. El **mayor éxito** se ha alcanzado en el control de insectos que habitan en el suelo, de nematodos que afectan las raíces de las plantas, de patógenos que se transmiten por el suelo (si éstos no producen esporas capaces de diseminarse por el aire) y de malezas que se propagan vegetativamente.



ROTACIÓN DE CULTIVOS Y POLICULTIVOS



Recomendaciones

La **secuencia específica** de cultivos que se empleen en la rotación depende de varios factores: clima, cultura, tipo de cultivo, suelo y agua, consideraciones económicas y fomento de la biodiversidad funcional. Los esquemas de rotación **no pueden mantenerse fijos o estables** durante un tiempo prolongado, pues la repetición continua de los mismos cultivos puede dar lugar a la aparición de nuevas plagas.

Las **rotaciones con leguminosas** (garbanzo, haba, lenteja, guisante, veza, alfalfa, etc.), especialmente útiles para **fijar nitrógeno** sin aporte externo.

El principal factor de regulación natural a considerar es el **alimento**. El cambio estacional de la fuente de alimento (el cultivo) produce cambios en la población de los **fitófagos** e impide que se alcancen niveles poblacionales altos, pues se rompe el ciclo biológico de los diferentes organismos. Mientras mayores sean las diferencias botánicas entre los cultivos en una secuencia de rotación, mejor control puede esperarse (Altieri, 1997).



Los **cultivos asociados o policultivos** favorecen las poblaciones de organismos benéficos, ya que los insectos auxiliares son más abundantes en zonas de mayor diversidad vegetal, que ofrece abundante alimento y refugio. Por el contrario, a los insectos plaga les resulta más difícil encontrar y acceder a sus plantas huéspedes, ya que el resto de plantas pueden actuar como **barrera, cultivos trampa** o despistarlos por sus olores o colores. Algunos de los ejemplos hortícolas más adecuados en esta zona son: en invierno brócoli, col picuda o apio combinado con haba; en verano melón con caupí.

Con el objetivo de fomentar la biodiversidad funcional, se recomienda el **uso de aromáticas** en policultivos e intercaladas, tanto en frutales como hortícolas, aportando refugio y alimento para la fauna auxiliar beneficiosa. Además, es una práctica de fácil integración y económica.



ROTACIÓN DE CULTIVOS Y POLICULTIVOS

A continuación, se muestran algunos ejemplos prácticos de las rotaciones más adecuadas en el contexto de la Cuenca Vertiente del Mar Menor.

Cultivos extensivos:

- trigo → lentejas → girasol → cebada

Hortícolas (aire libre)

- **Año 1:** Lechuga otoño → **abono verde** primaveral (veza+cebada) → Melón/verano.
- **Año 2:** Brócoli invierno → **barbecho con cubierta** → Sandía primavera.
- **Claves:** compost 3 t ha entre ciclos; N total fraccionado (arranque 20–25%, crecimiento 40–50%, producción 25–35%); faja tampón en bordes.



Cítricos

- **Cubierta** invernal con mezcla baja-competencia; **remineralización** Ca/Mg si desalada; lavados puntuales (monitorizar CE).
- **MIP:** setos con lavanda, romero, lentisco; bandas florales fuera de competencia hídrica; **trampas** y control biológico.

Secanos (almendro/olivo y cereal)

- **Ladera:** cubierta permanente + desbroce; microterrazas; poda triturada como mulch.
- **Llano:** siembra directa cereal/leguminosa; fajas tampón; evitar barbecho desnudo.



BIODIVERSIDAD FUNCIONAL



El fomento de la biodiversidad funcional, es una práctica ampliamente desarrollable, donde influyen una gran cantidad de técnicas aplicables con un impacto positivo. Se puede incrementar la biodiversidad a partir de incorporar **policultivos, cultivos intercalados, uso de setos, bandas florales, plantas cebo, plantas banco, zonas silvestres, etc.**

Las infraestructuras ecológicas fomentan la **presencia de fauna auxiliar** beneficiosa al ofrecerles recursos múltiples (refugio, polen, néctar, organismos fitófagos, etc.) y reducen la propagación de enfermedades.

Estas infraestructuras se pueden establecer dejando crecer la flora espontánea o planificar eligiendo las especies más interesantes, con la precaución de introducir **plantas poco relacionadas** con las cultivadas y evitar peligro de infestación por insectos perjudiciales.

Un objetivo es conseguir la **presencia de flores** durante todo el periodo de cultivo y esto lo puede proporcionar una especie o una combinación de ellas. Es importante la vegetación leñosa, preferentemente perenne y de especies autóctonas, la cual favorecerá la estabilidad del sistema.

Dentro del entramado agroecológico encontramos la figura del **seto vivo** como un complemento indispensable del cultivo. Los setos son formaciones vegetales, con mezclas arbóreas, arbustivas y en menor medida, herbáceas, que realizan una multitud de funciones valiosas. El objetivo es conseguir el mayor número de especies mediterráneas, por motivos de adaptación y regeneración de la flora autóctona.

También resulta interesante aprovechar el potencial de las **plantas cebo**. Se incluyen las especies vegetales intercaladas o en líneas alrededor de la parcela, con el fin de atraer plagas y evitar que la colonización del cultivo se produzca en un determinado momento. En la mayoría de casos, el cultivo concentra menos poblaciones de fitófagos o la presencia de éstos se realiza semanas más tarde. Un ejemplo típico del mediterráneo, es el uso de judía para atraer las poblaciones de araña o la berenjena para las poblaciones de mosca blanca.





BIODIVERSIDAD FUNCIONAL

La incorporación de **plantas banco o banker**, es un método que permite optimizar la lucha biológica, especialmente en invernadero. Es una planta de familia distinta al cultivo, se introduce entre las plantas cultivadas y funciona como planta hospedera para una plaga que no afecta al cultivo. Sobre éstas, se desarrollarán las poblaciones de parásitos o depredadores que posteriormente ocuparán todo el cultivo.

Actualmente, se usan muchos sistemas de plantas banco de cereales para el **control biológico de pulgones** en invernaderos. Estas plantas se utilizan como punto de suelta e instalación de *Aphidius colemani*, que parasitaria más tarde a pulgones como *Aphis gossypii* instalados en el cultivo.



Plantas banco entre líneas de pimiento

Fuente: Koppert



Beneficios

La **flora espontánea** de los márgenes juega un rol muy importante para la conservación de insectos útiles en árboles, arbustos y matorrales. La importancia de estos espacios consiste en favorecer que insectos útiles puedan sobrevivir incluso sin la presencia de sus presas.

Los **fitoseidos** se encuentran fundamentalmente en la flora espontánea (86%). Por ejemplo, *Neoseiulus californicus*, en la lucha biológica contra la araña roja coloniza los cultivos desplazándose por medio del viento sin necesidad de realizar sueltas. Otra de las especies muy abundante en la flora espontánea es el género *Orius* (depredadores de trips, larvas de mosca blanca, etc.)

Los **setos vivos** alrededor de la parcela, aumentan la biodiversidad vegetal y consecuentemente la presencia y abundancia de **enemigos naturales**. Estos hábitats son importantes como lugares para la hibernación con recursos alimenticios. Además, es evidente el movimiento de enemigos naturales desde los márgenes hacia los cultivos.



BIODIVERSIDAD FUNCIONAL

Setos vivos

- **Ahorro hídrico:** reducen las pérdidas de agua,. Su protección eólica permite contener la evapotranspiración. Las raíces actúan como conductos de agua y mejora la infiltración. Se ralentiza la circulación del agua de escorrentía, reduciendo el poder erosivo.
- **Regulación térmica:** las temperaturas máximas son menores que a campo abierto y las mínimas son más altas. Además, suaviza las oscilaciones térmicas diarias.
- **Protección eólica:** al reducir la velocidad del viento, disminuye la capacidad de arrastre de éste.
- **Protección frente a vientos salinos:** especialmente útil en zonas costeras.
- **Refugio para fauna útil:** sobre todo si intervienen varias especies.
- **Aislamiento frente a contaminantes:** evitan la entrada de contaminantes. La contaminación por deriva es particularmente importante en los cultivos ecológicos.
- **Reciclado de nutrientes:** sus raíces llegan hasta capas profundas del suelo, donde absorben nutrientes que habían sido lavados. Estos pasan a formar parte de las hojas y cuando éstas caen y se descomponen en el suelo los liberan de nuevo, dejándolos a disposición del cultivo.
- **Polinización:** su floración contribuye a mantener las poblaciones de insectos polinizadores durante las épocas difíciles.
- **Producción de alimentos:** para la fauna útil, ganado o las personas. También pueden proporcionar materiales aprovechables como varas, cañas, etc.
- **Señalización:** de lindes, cerrar el paso al ganado, etc.



Lobularia intercalada en el cultivo asociado de apio con haba para mejorar el control biológico de plagas en la CVMM



BIODIVERSIDAD FUNCIONAL



Recomendaciones

En las distintas plantas e infraestructuras incorporadas, se hospedan **gran cantidad de depredadores naturales**: aves, mamíferos, arácnidos, reptiles y otros organismos útiles para el control natural de las plagas y el equilibrio en el medio.

La elección de especies debe realizarse priorizando variedades autóctonas, o bien, adaptadas a la zona y tener distintas fechas de floración y portes. Un ejemplo de planta herbácea para **bandas florales** es la *Lobularia marítima*, que favorece la presencia de sírfidos, himenópteros parasitoides y chinches depredadores. Florece todo el año y presenta abundantes flores con polen y néctar, lo que atrae enemigos naturales. También son muy usadas la **caléndula, lavanda, romero, tomillo y otras plantas mediterráneas**.



Especies como **laurel, cornicabra, madroño, lentisco, durillo, esparto, taray, acebuche, juncos (en zonas húmedas) y aladierno** obtienen resultados excelentes en cuanto a número y diversidad de depredadores (neurópteros, coccinélidos o heterópteros) y con una cantidad mayor de insectos útiles. Los **setos de ailanto o ciprés** son menos interesantes como refugio de entomofauna auxiliar. Si escogemos un único seto monoespecífico, puede decaer la diversidad asociada. Es aconsejable la **asociación de especies** para potenciar la presencia y abundancia de enemigos naturales.

Se recomienda mantener **zonas de terreno elevadas y con maleza (*Lolium sp.*)** que sirven de refugio a carábidos y mejoran el control biológico de pulgones. Actualmente, las empresas comerciales venden mezclas de semillas para sembrar en los márgenes de las parcelas, con el objetivo de promover la biodiversidad vegetal para atraer a enemigos naturales. A los agricultores les resulta más rentable esta siembra que el tratamiento.



REFUGIO PARA FAUNA AUXILIAR



El control de plagas y enfermedades en agricultura ecológica va irremediamente unido al uso de técnicas que favorezcan diversidad vegetal y potencien un suelo estructurado y rico en vida. Es necesario un **enfoque global basado en los mecanismos naturales** de crecimiento de las plantas y asociado a una gestión óptima de los recursos disponibles.

Con el objetivo de aumentar la regulación natural del ecosistema, incrementar la cantidad de refugios para fauna auxiliar y favorecer el control de plagas, se proponen una serie de **técnicas generales** que proporcionan un medio favorable para que esto suceda:

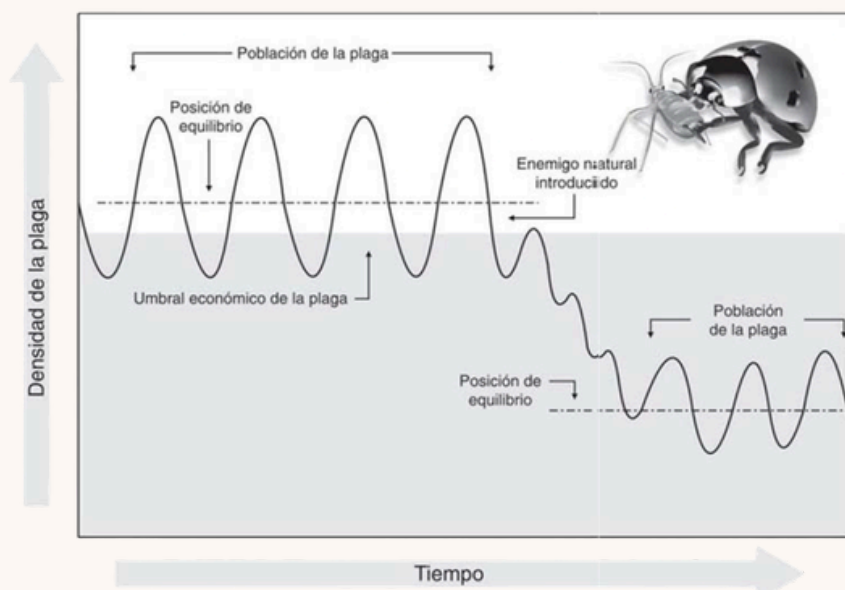
- Aumentar fertilidad del suelo
- Aumentar biodiversidad del agroecosistema
- Uso de variedades adaptadas a las condiciones locales
- Técnicas culturales para reducir la incidencia de plagas
- Uso de productos repelentes de plagas e inductores de resistencia de plantas



Beneficios

El **control biológico de plagas**, consiste en el uso de poblaciones de organismos vivos para regular poblaciones de plagas, haciéndolas así menos abundantes y perjudiciales (Eilenberg et al, 2001).

El control biológico se considera una pieza fundamental en cualquier modelo agroecológico.



Efecto regulador de la introducción de un enemigo natural del control biológico sobre una plaga en relación al umbral económico. Fuente: Nicholls, Clara. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Ed. Universidad de Antioquia.



REFUGIO PARA FAUNA AUXILIAR

Parasitoides

Insectos entomófagos que atacan a una sola presa. Tienden a atacar a una sola fase del hospedero, normalmente en estado no adulto. Suelen ser muy específicos, lo que les hace **muy eficaces controlando plagas**.



Anagrus vladimiri parasitando cochinilla



Aphidius colemani parasitando pulgón
Fuente: Koppert

Depredadores

Atacan a varias presas durante su vida. Las larvas buscan activamente presas. El adulto busca al hospedero mientras que la larva se limita a alimentarse de él. **Las larvas consumen muchas presas** hasta completar su desarrollo y una vez llegadas al estado adulto siguen, en la mayoría de los casos, con sus hábitos depredadores, aunque algunos son florícolas (de ahí la importancia de mantener flores en ciertas épocas y así aumentar la presencia de depredadores).



Adalia bipunctata depredando pulgón



Chrysoperla depredando pulgón



Orius laevigatus depredando trips
Fuente: Koppert

Entomopatógenos

Organismos que **producen enfermedades a los insectos**.

Pueden ser hongos, bacterias, virus, nematodos, protozoos y otros. Los entomopatógenos no buscan activamente a sus víctimas como hacen los parásitos y depredadores, así que se orienta a su producción masiva y aplicación a modo de plaguicida.





REFUGIO PARA FAUNA AUXILIAR



Recomendaciones

Uno de los fines de la agricultura ecológica es emplear los recursos renovables en los sistemas agrarios organizados localmente. Por ello, el agricultor debe ser autosuficiente y procurar combatir las plagas y enfermedades mediante **prácticas culturales** principalmente, evitando el uso de productos fitosanitarios (salvo en casos donde estas técnicas no sean suficientes) y tratando siempre con los productos autorizados conforme al Reglamento (CE) nº 889/2008. Es importante tener en cuenta que la transición de agricultura convencional a ecológica, no es un cambio de productos de síntesis química a fitosanitarios autorizados, sino un **cambio de gestión y concepción de la sanidad vegetal**.



Plaga	Enemigo Natural
Mosca Blanca	<i>Encarsia formosa</i> <i>Amblyseius swirskii</i> <i>Eretmocerus eremicus</i> <i>Macrolophus caliginosus</i> <i>Nesidiocoris tenuis</i>
Minadores de hoja	<i>Diglyphus isaea</i> <i>Chrysocharis parksi</i>
Pulgón	<i>Aphidius colemani</i> <i>Aphidius ervi</i> <i>Aphidoletes aphidimyza</i> <i>Chrysoperla carnea</i>
Araña roja	<i>Amblyseius swirskii</i> <i>Amblyseius cucumeris</i> <i>Amblyseius californicus</i> <i>Nesidiocoris tenuis</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i>
Trips	<i>Amblyseius barkeri</i> <i>Nesidiocoris tenuis</i> <i>Macrolophus caliginosus</i> <i>Orius laevigatus</i> <i>Amblyseius swirskii</i> <i>Neoseiulus cucumeris</i>
Orugas	<i>Nesidiocoris tenuis</i> <i>Trichogramma evanescens</i> <i>Bacillus thuringiensis</i>
Nematodos	<i>Steinernema feltiae</i>

Fuente: Elaboración propia

Métodos de actuación en control biológico

Control Biológico Clásico: introducir un enemigo natural eficaz ante plagas invasoras, donde nuestra fauna auxiliar no es suficiente en su control.

Incremento de Enemigos Naturales (EN): consiste en el aumento de EN de forma puntual para el control específico de plagas. Este incremento puede ser **inoculativo** (se sueltan pocos individuos al principio de la estación, y el insecto aumenta sus niveles poblacionales de forma natural); o bien **inundativo**, donde se sueltan grandes cantidades de EN, que controlan la plaga de forma más rápida.

Control Biológico por Conservación: Consiste en desarrollar técnicas que permitan conservar o estimular las poblaciones nativas o establecidas de EN.



MANEJO EFICIENTE DEL RIEGO

Si bien el ahorro de agua es un objetivo relevante, una **gestión eficiente del riego** se define, en términos agronómicos, por la capacidad del sistema para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo con el mínimo impacto negativo sobre el suelo, el medio ambiente y la productividad a largo plazo (Pereira et al., 2012).

Tradicionalmente, la eficiencia del riego se ha expresado mediante **indicadores hidráulicos**, como la eficiencia de aplicación, que cuantifica la fracción del agua aplicada que queda almacenada en la zona radicular (Fereres and Soriano, 2007). Sin embargo, estos indicadores resultan insuficientes si no se consideran conjuntamente los efectos del riego sobre:

- El estado hídrico y fisiológico del cultivo.
- La dinámica de nutrientes en el suelo.
- La estructura, salinidad y calidad química del suelo.
- Las pérdidas de agua y contaminantes hacia acuíferos y cursos superficiales.



El agua cumple **múltiples funciones** en el agroecosistema: transporte de nutrientes, regulación térmica del suelo, soporte de la actividad microbiana y mantenimiento de la estructura edáfica. Una estrategia de riego orientada únicamente al ahorro volumétrico puede comprometer estas funciones y generar costes ocultos a medio y largo plazo. Debe entenderse como un equilibrio entre productividad, conservación de recursos y sostenibilidad ambiental, basado en el ajuste preciso del riego a las necesidades reales del sistema suelo-planta-atmósfera.

La agricultura es responsable de alrededor del **70 % de las extracciones** de agua dulce a escala global, lo que convierte al riego en un ámbito prioritario de actuación para avanzar hacia sistemas agrarios sostenibles (FAO, 2011). En consecuencia, la eficiencia no debe entenderse únicamente como un objetivo económico, sino también como un imperativo ambiental y social.



MANEJO EFICIENTE DEL RIEGO



Beneficios

La **integración del riego eficiente** favorece una planificación a medio y largo plazo, permitiendo:

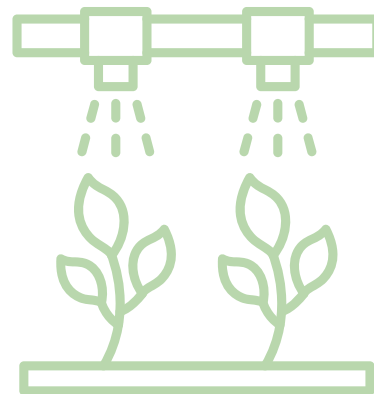
- Anticipar escenarios de escasez hídrica
- Optimizar inversiones en infraestructuras y tecnología
- Incrementar la resiliencia del sistema agrario frente al cambio climático

El manejo, entendido desde un **enfoque integrador**, conecta de forma directa la gestión del agua con la salud del suelo, la productividad del cultivo y la sostenibilidad global de la explotación agrícola.

Es uno de los factores más determinantes en la **productividad agrícola**, especialmente en regiones áridas y semiáridas, donde la disponibilidad hídrica condiciona la viabilidad de los cultivos. En este contexto, el manejo está orientado a maximizar la producción por unidad de agua aplicada, preservar los recursos hídricos y prevenir procesos de degradación del suelo (Playan and Mateos, 2006).

Un manejo eficiente del riego genera **beneficios múltiples**:

- Reducción del consumo de agua sin comprometer la producción
- Menor lixiviación de nitratos y otros contaminantes
- Mejora de la calidad del suelo y de la actividad radicular
- Ahorro energético y reducción de costes de bombeo
- Mayor resiliencia frente a sequías y variabilidad climática





MANEJO EFICIENTE DEL RIEGO



Recomendaciones

Para evitar percolaciones profundas y escorrentías es imprescindible aplicar técnicas de **programación del riego basadas en la demanda real** de los cultivos y en la humedad del suelo. Esto incluye el uso de sondas de humedad y de conductividad eléctrica, estaciones agroclimáticas para calcular la evapotranspiración de referencia y sistemas automatizados de control que ajusten el tiempo y la frecuencia del riego.

Además, se deben **mantener y revisar periódicamente los sistemas** de riego localizado para evitar fugas y asegurar una distribución uniforme. En áreas con problemas de salinidad, es aconsejable planificar los lavados de suelos de forma controlada y con recogida de las aguas salinas para su tratamiento, evitando así su vertido directo a cauces naturales.

La **reutilización de aguas regeneradas** debe realizarse cumpliendo la normativa sanitaria y ambiental, monitorizando los niveles de sales y elementos traza para prevenir impactos secundarios.

Ajuste del riego

No todas las etapas del cultivo presentan la misma sensibilidad al déficit hídrico. Es importante **identificar las fases críticas** (floración, cuajado, llenado de grano/fruto) y priorizar el suministro de agua en dichos periodos.

Elección del sistema de riego

- **Gravedad:** menor eficiencia de aplicación y requiere manejo cuidadoso.
- **Aspersión:** mayor control, pero puede implicar pérdidas por evaporación y deriva.
- **Localizado (goteo):** mayor eficiencia potencial, siempre que esté bien diseñado y mantenido.

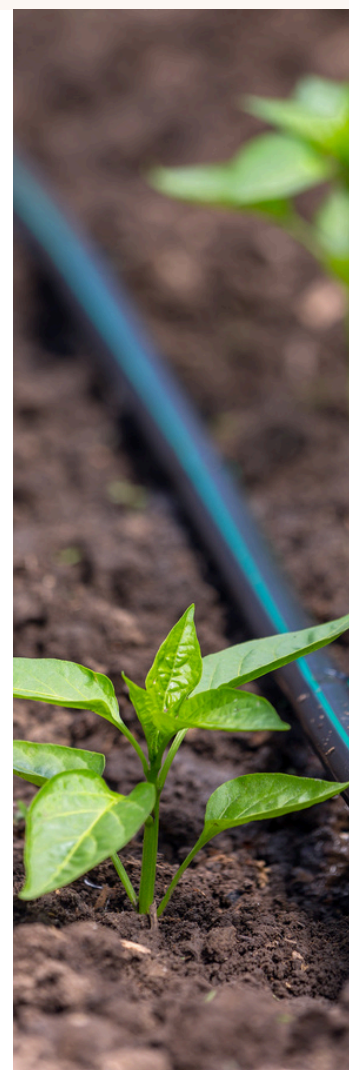
La elección del sistema debe basarse en **criterios técnicos, económicos y ambientales**, evitando soluciones uniformes para contextos heterogéneos

Programación del riego

Se requiere una **programación racional**, basada en información objetiva. Se debe fomentar el uso combinado de:

- Sensores de humedad del suelo (tensiómetros, FDR, TDR).
- Balance hídrico del suelo.
- Observaciones del cultivo (estado hídrico, crecimiento).
- Modelos y plataformas de apoyo a la decisión.

Estas herramientas permiten pasar de un riego “calendario” a un riego basado en la demanda real, mejorando significativamente la eficiencia del uso del agua.





ZANJAS DE INFILTRACIÓN Y MICROTERRACEO



Las zanjas de infiltración y el microterraceo constituyen **prácticas estructurales de conservación del suelo y del agua**, de bajo impacto tecnológico, especialmente en zonas con pendiente, climas semiáridos o sometidas a episodios de lluvia intensa.

Ambas técnicas tienen como objetivo principal **reducir la escorrentía superficial, favorecer la infiltración** del agua y **disminuir la erosión**, contribuyendo a la sostenibilidad productiva y ambiental de los sistemas agrícolas (FAO, 2015).

Estas prácticas cumplen una función clave en la gestión del riesgo asociado a la **erosión hídrica**, especialmente en sistemas agrícolas de ladera o con pendientes moderadas, donde la intensidad y concentración de las precipitaciones puede provocar pérdidas significativas de suelo fértil en periodos cortos de tiempo. La erosión no solo reduce la profundidad efectiva del suelo, sino que compromete su fertilidad, su capacidad de retención de agua y su actividad biológica, afectando directamente a la sostenibilidad productiva de la explotación.

Zanjas de infiltración

Las zanjas de infiltración son **excavaciones lineales**, generalmente dispuestas siguiendo **curvas de nivel**, destinadas a interceptar el agua de escorrentía, reducir su velocidad y facilitar su infiltración en el perfil del suelo. A diferencia de las infraestructuras de drenaje, estas zanjas no buscan evacuar el agua, sino retenerla temporalmente para aumentar la recarga hídrica del suelo y reducir pérdidas por erosión.

Microterraceo

Consiste en la **modificación ligera y progresiva** de la superficie del terreno, creando **pequeños escalones o superficies casi horizontales** que reducen la pendiente efectiva sin llegar a las grandes obras de terrazas clásicas. Se trata de una práctica menos invasiva, compatible con la mecanización y más flexible en términos de diseño.

A diferencia de las terrazas tradicionales:

- Requiere **menor movimiento** de suelo.
- Presenta **menores costes** de implantación.
- Puede **adaptarse mejor** a explotaciones modernas.
- Mantiene **mayor continuidad** del perfil edáfico.





ZANJAS DE INFILTRACIÓN Y MICROTERRACEO



Beneficios

Estas prácticas **incrementan el aprovechamiento de las precipitaciones** naturales, reduciendo la dependencia del riego suplementario. En sistemas de secano o de riego deficitario, resulta en una mayor estabilidad de rendimientos y una reducción del estrés hídrico del cultivo durante períodos críticos.

Zanjas de infiltración

Sus **funciones más destacables** son:

- Disminuir la erosión hídrica.
- Aumentar la infiltración y almacenamiento de agua en el suelo.
- Reducir la pérdida de nutrientes y partículas finas.
- Mejorar la disponibilidad hídrica para los cultivos, especialmente en secano o riego deficitario.

Una práctica fundamental consiste en **integrar las zanjas de infiltración con cobertura vegetal**, ya sea mediante restos de poda, rastrojos o especies herbáceas:

- Aumenta la estabilidad de las zanjas.
- Reduce el colmatado por sedimentos.
- Mejora la infiltración y la actividad biológica del suelo.

En cultivos leñosos (olivar, almendro, viñedo), se combinan frecuentemente con cubiertas vegetales o manejo mínimo del suelo, potenciando su eficacia a largo plazo.



Microterraceo

Desde el punto de vista hidrológico, actúa **reduciendo la velocidad del agua** superficial, **aumentando el tiempo de residencia** del agua y favoreciendo su infiltración. Agronómicamente, esto se traduce en:

- Menor pérdida de suelo fértil.
- Mejor aprovechamiento de las lluvias.
- Reducción del estrés hídrico en periodos secos.
- Mayor uniformidad en el desarrollo del cultivo.

La **aplicación conjunta de zanjas de infiltración y microterraceo** representa una estrategia integrada de conservación, especialmente eficaz en laderas agrícolas. Mientras el microterraceo reduce la pendiente efectiva y la velocidad del flujo, las zanjas interceptan el agua sobrante, evitando su concentración aguas abajo.



ZANJAS DE INFILTRACIÓN Y MICROTERRACEO



Recomendaciones

Zanjas de infiltración

- **Orientación:** preferentemente a nivel o con pendiente mínima.
- **Espaciamiento:** función de la pendiente, textura del suelo y régimen de lluvias.
- **Dimensiones:** anchura y profundidad suficientes para retener el volumen esperado de escorrentía sin generar inestabilidad.
- **Material excavado:** puede disponerse aguas abajo formando un pequeño caballón estabilizador.

Las zanjas de infiltración y microterraceo forman parte de una **estrategia integrada de manejo del territorio agrícola**, que debe combinarse con otras prácticas complementarias:

- **Cobertura vegetal** permanente o temporal, que protege la superficie del suelo frente al impacto de la lluvia.
- **Laboreo mínimo**, que mantiene la estructura edáfica y reduce la desagregación.
- **Manejo eficiente del riego**, evitando la generación de escorrentía inducida.
- **Monitoreo continuo del suelo**, para evaluar la evolución de la estabilidad estructural y la infiltración.





MONITOREO CONTINUO

La productividad agraria a medio y largo plazo depende directamente del **estado funcional del suelo y de la calidad del agua** utilizada para riego. Ambos recursos responden de forma directa a las prácticas de manejo y al clima, por lo que **su evaluación puntual resulta insuficiente**. En este contexto, el monitoreo continuo se consolida como una herramienta clave para la toma de decisiones agronómicas, la prevención de procesos de degradación y el cumplimiento de objetivos de sostenibilidad ambiental y seguridad alimentaria (Karlen et al., 2001). La **degradación del suelo** (expresada mediante pérdida de materia orgánica, compactación, salinización, acidificación o contaminación) y el deterioro de la calidad del agua de riego representan amenazas reconocidas para la agricultura.

El **monitoreo sistemático** permite detectar cambios tempranos, evaluar la eficacia de las prácticas aplicadas y ajustar el manejo antes de que los daños sean irreversibles.

Existen **multitud de indicadores** (físicos, químicos y biológicos), destinados a incorporar en nuestra estrategia de monitoreo. A continuación se detallan los más comunes.



Indicadores físicos

- Densidad aparente y porosidad, relacionadas con compactación y aireación.
- Estabilidad de agregados, resistencia a la erosión y a la disgregación por lluvia.
- Capacidad de infiltración y conductividad hidráulica.
- Profundidad efectiva y resistencia a la penetración.

Indicadores químicos

- pH del suelo, clave para la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana.
- Conductividad eléctrica (CE), especialmente relevante en regadíos, como indicador de salinidad.
- Materia orgánica / carbono orgánico del suelo, vinculada a fertilidad, estructura y resiliencia. Fracciones de C estables sería un buen indicador a monitorizar.
- Macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes.
- Presencia de contaminantes (metales pesados, residuos de pesticidas) en zonas de riesgo.

Indicadores biológicos

- Biomasa microbiana del suelo.
- Respiración del suelo.
- Actividad enzimática (deshidrogenasa, fosfatasa, β -glucosidasa, enzimas del ciclo del N).
- Diversidad y abundancia de macrofauna edáfica (lombrices).
- Biodiversidad edáfica mediante métodos como PLFAs, o con métodos genómicos.



MONITOREO CONTINUO



Beneficios

El monitoreo no persigue únicamente maximizar rendimientos, sino **asegurar la estabilidad productiva, reducir insumos externos y minimizar impactos ambientales negativos**.

La medición periódica de estos parámetros permite identificar problemas de compactación progresiva, frecuentemente asociados al tráfico de maquinaria o al uso de agua de riego de baja calidad, y evaluar la efectividad de prácticas como laboreo reducido, tráfico controlado o incorporación de materia orgánica (Lal, 2004).

Aporta **beneficios agronómicos, económicos y ambientales** que trascienden el corto plazo y se manifiestan de forma acumulativa a lo largo del tiempo (West and Post, 2002).



Prevención de procesos de degradación

Detectar de forma temprana procesos incipientes de degradación, tales como **salinización, sodificación, compactación, pérdida de materia orgánica o desequilibrios nutricionales**. La identificación precoz de estas tendencias permite aplicar medidas correctoras de bajo coste, evitando que los problemas alcancen niveles que comprometan la productividad o requieran intervenciones drásticas.

Optimización del uso de insumos

Permite ajustar con **mayor precisión la fertilización y el riego** a las necesidades reales del sistema:

- Reducción de sobredosificaciones de fertilizantes.
- Menor riesgo de lixiviación de nutrientes, especialmente nitratos.
- Uso más eficiente del agua de riego, evitando pérdidas por percolación profunda o escorrentía.

Beneficios ambientales y cumplimiento normativo

Contribuye a:

- Reducir la contaminación difusa de aguas superficiales y subterráneas.
- Limitar la degradación estructural y biológica del suelo.
- Conservar los servicios ecosistémicos asociados al suelo agrícola.





MONITOREO CONTINUO



Recomendaciones

Se recomienda estructurar el **monitoreo integrado** mediante:

- Muestreos sincronizados de suelo y agua, especialmente en regadíos.
- Uso de indicadores comunes, como la conductividad eléctrica, el sodio intercambiable o la relación de adsorción de sodio, interpretados de forma conjunta.
- Seguimiento temporal que permita identificar tendencias, más allá de valores puntuales.

Este enfoque resulta especialmente relevante en sistemas agrícolas sometidos a intensificación productiva, uso de aguas de calidad marginal o escenarios de cambio climático, donde la variabilidad de las precipitaciones y la mayor dependencia del riego incrementan los riesgos de degradación del suelo.

Es necesario un **control periódico de la calidad del agua**, principalmente cuando se emplean aguas subterráneas, regeneradas o procedentes de fuentes con variabilidad estacional. En zonas como el Campo de Cartagena, el agua puede tener altos niveles de nitratos o sales. El uso de fitodepuración, biofiltros y estanques con plantas depuradoras (papiro, carrizo, lenteja de agua), son soluciones prácticas muy adecuadas para la regeneración de agua.

Las guías clásicas de Ayers y Westcot (1985), aún vigentes y ampliamente citadas, establecen **rangos de riesgo y criterios de manejo** según estos parámetros, constituyendo una referencia fundamental para programas de monitoreo.



Frecuencia y estrategia de muestreo

- **Aguas superficiales:** análisis estacional, por su variabilidad.
- **Aguas subterráneas:** análisis anual o semestral, según historial.
- **Aguas regeneradas:** monitoreo frecuente y sistemático, por requisitos sanitarios y agronómicos.

El seguimiento continuado permite **anticipar problemas y aplicar medidas correctivas** como mezclas de aguas, ajuste de láminas de lavado, enmiendas cálcicas (yeso) o cambios en el sistema de riego.



ANEXO II - NORMATIVA APLICABLE

ANEXO II - NORMATIVA APLICABLE

Normativa nacional, autonómica y europea

- **Directiva 91/676/CEE (Nitratos):** exige identificar zonas vulnerables a nitratos y adoptar programas de acción para prevenir la contaminación de aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias. España ha sido sancionada por incumplimientos en varias CCAA, incluida Murcia. [Maldita.es+1](https://maldita.es/1)
- **Ley 3/2020 de la Región de Murcia:** Ley de protección y recuperación del Mar Menor, que impone regulaciones en el uso de fertilizantes en las zonas cercanas a la laguna, límites de transformación de cultivos, control de vertidos y sanciones. [Transparencia CARM+2](#)[Ministerio de Transición Ecológica+2](#)
- **Ley 19/2022 (España):** otorga personalidad jurídica al Mar Menor y su cuenca, facilitando acciones legales específicas de protección.
- **Plan Hidrológico del Segura 2022–2027:** establece como objetivo el vertido cero de aguas sin tratamiento provenientes del Campo de Cartagena al Mar Menor, y la obligación de que las EDAR con vertido a cauce público incorporen procesos de desnitrificación. [Ministerio de Transición Ecológica+2](#)[Ministerio de Transición Ecológica+2](#)
- **Mapa de zonas vulnerables a nitratos** y programas de actuación NITRA-SEGURA por la CHS. [Ministerio de Transición Ecológica+1](#)
- **Resolución de medidas cautelares** (16 de julio de 2020): la CHS declaró en riesgo la masa de agua subterránea del Campo de Cartagena (cuantitativa y química) y ordenó medidas cautelares (control de nitratos, regulación de usos). [Ministerio de Transición Ecológica+2](#)[Ministerio de Transición Ecológica+2](#)
- **Nitratos (UE/ES):** Directiva 91/676/CEE; en España, RD 47/2022: Zonas Vulnerables a Nitratos, Códigos de Buenas Prácticas Agrarias (CBPA) y Programas de Actuación obligatorios; cartografía oficial de ZVN y “aguas afectadas” disponible en MITECO. En Murcia, CBPA de aplicación y planes de inspección 2025–2027.
- **Fitosanitarios (UE/ES):** Reglamento (CE) 1107/2009; RD 1311/2012 (modificado 2022): uso sostenible y Gestión Integrada de Plagas (GIP); publicación del indicador armonizado de riesgo (HRI) por MAPA.
- **Mar Menor (RM/ES):** Ley 1/2018 (medidas urgentes), Ley 3/2020 (recuperación y protección, con obligaciones específicas agrarias), y Ley 19/2022 (personalidad jurídica del Mar Menor); gobernanza reforzada por RD 90/2025.
- **Estrategias UE:** Pacto Verde y “De la Granja a la Mesa” (metas 2030: reducción del 50 % en plaguicidas, –20 % en fertilizantes, +25 % de superficie ecológica).

Planes, programas y proyectos destacados

- **Marco de Actuaciones Prioritarias para Recuperar el Mar Menor (MAPMM):** documento rector que agrupa acciones urgentes y estructurales en drenaje, saneamiento, restauración, recuperación de ramblas, control agrario y ciencia de datos. Ministerio de Transición Ecológica+2Ministerio de Transición Ecológica+2
- **Análisis de soluciones** para el vertido cero: estudio con alternativas técnicas para lograr que ningún caudal que entre al Mar Menor provenga sin tratamiento adecuado del Campo de Cartagena. Ministerio de Transición Ecológica
- **Proyectos piloto** de biorreactores / humedales / filtros verdes en tramos de la rambla del Albuñón (y otros tramos) para eliminar nitratos de los caudales antes de que lleguen a la laguna. Ministerio de Transición Ecológica+2Ministerio de Transición Ecológica+2
- **Constitución de la Junta de Usuarios del acuífero Campo de Cartagena:** en 2024 se eligieron los miembros para redactar ordenanzas que regirán la explotación sostenible del acuífero. Confederación Hidrográfica del Segura
- **Monitoreo intensivo:** hasta 20 puntos de control semanal del caudal y calidad de las corrientes que desembocan al Mar Menor, con especial atención a Albuñón. Ministerio de Transición Ecológica+3CDTI+3Comunidad de Regantes Cartagena+3
- **Reconversión de regadíos ilegales:** clausura de superficies con riego sin derecho legal, restitución de suelo, sanciones. En 2022 se registraron ~7.209 ha identificadas como regadío ilegal. Ministerio de Transición Ecológica
- **Transferencia de tecnologías** (teledetección, drones, gemelo digital, sensores) para vigilancia agronómica y ambiental. Ministerio de Transición Ecológica+1



**ANEXO III -
TIPOS DE SUELO AGRÍCOLA EN LA CVMM**

ANEXO III - TIPOS DE SUELO AGRÍCOLA EN LA CVMM

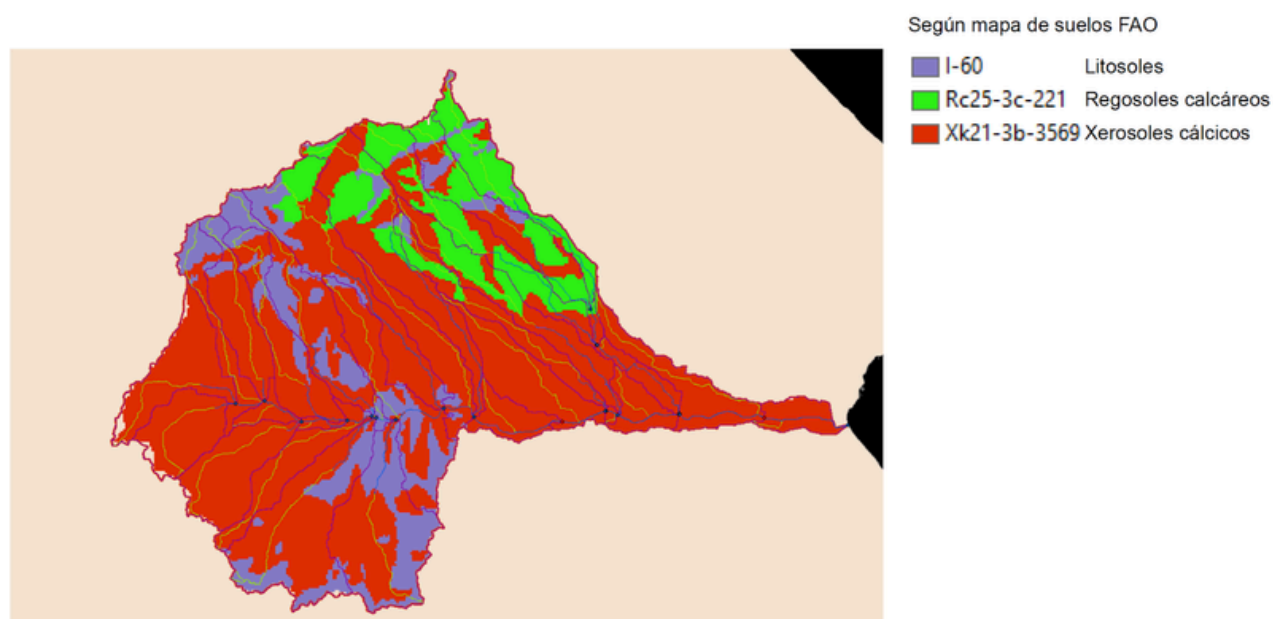
En función del tipo de terreno que disponemos, deberemos tomar unas medidas adaptadas y enfocadas a mejorar sus cualidades. Para ello, es importante conocer sus particularidades básicas y así trabajar sobre los aspectos más desfavorables.

La cuenca del Mar Menor se caracteriza por la presencia de **suelos poco evolucionados**, sometidos a **clima árido-seco** y con tendencia general a la **escasez de materia orgánica**.

Los tres grupos predominantes —**Xerosoles cálcicos**, **Regosoles calcáreos** y **Litosoles**— comparten limitaciones comunes, pero presentan particularidades que condicionan de forma distinta el manejo agroecológico.

A continuación, se muestra gráficamente la división de suelos en la Cuenca vertiente del Mar Menor y los parámetros a tener en cuenta.

Materiales y métodos: Tipos de suelo definidos según modelo SWAT



Tipos de suelo en la Cuenca Vertiente del Mar Menor.

Fuente: Sandra García Galiano (UPCT)

Conclusiones Generales

- La mayor limitación transversal es el **bajo contenido de materia orgánica**, clave para la transición agroecológica.
- Las **aportaciones orgánicas, cubiertas vegetales y reducción de laboreo** son imprescindibles para mejorar la fertilidad.
- Los tres tipos de suelo requieren **riego eficiente y manejo preventivo** para evitar la lixiviación.
- La recuperación del suelo debe integrarse en un **enfoque de manejo territorial**, considerando cuencas, pendientes y riesgo de arrastre de nutrientes.

A close-up photograph of a person's hands performing a water sampling procedure. The right hand holds a small, clear glass vial partially filled with water. The left hand holds a clear plastic pipette, with its tip submerged in a body of water. The background shows a calm blue body of water with some dark, possibly seaweed, visible in the lower left. The sky is a clear, bright blue. The text 'ANEXO IV - MONITOREO DE PARÁMETROS CLAVE EN SUELO Y AGUA' is overlaid in white, bold, sans-serif font across the center of the image.

**ANEXO IV - MONITOREO DE PARÁMETROS
CLAVE EN SUELO Y AGUA**

ANEXO IV - MONITOREO DE PARÁMETROS CLAVE EN SUELO Y AGUA

PARÁMETROS CLAVE EN SUELO

El **análisis de suelo** es una herramienta fundamental en agricultura ecológica, donde no se pueden usar insumos químicos para corregir deficiencias. El conocimiento preciso de las características del suelo nos ayudará en la toma de decisiones de manejo. A continuación, se muestran los **parámetros y el umbral deseable** a identificar en el análisis de suelo:

- **Materia orgánica (MO):** Mejora la estructura del suelo, retención de agua, actividad biológica y disponibilidad de nutrientes.
 - Suelos fértiles: >2,5%
 - Ideal: 3-6%
- **pH del suelo:** Influye en la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana.
 - Cultivos comunes: 6,0–7,5
 - Suelos ligeramente ácidos a neutros suelen ser óptimos para la biodiversidad del suelo.
- **Nutrientes principales** (macronutrientes):
 - Nitrógeno (N): Evaluado como N total o N-NO_3
 - Aporte equilibrado mediante compost, leguminosas, etc.
 - Fósforo (P): Se mide como P disponible (P Olsen o Bray)
 - 15–30 mg/kg
 - Potasio (K): Intercambiable (K^+)
 - 150–300 mg/kg
- **Micronutrientes:**
 - Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo: Su disponibilidad depende fuertemente del pH y la MO.
 - Se monitorizan si hay síntomas de deficiencia o en cultivos exigentes.
- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC):**
 - Representa la capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes.
 - Bajos: <10 cmol(+)/kg (arenosos)
 - Óptimos: >15 cmol(+)/kg (franco-arcillosos)
- **Saturación de bases:**
 - Relación entre Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ en la CIC.
 - Se busca un buen equilibrio, idealmente:
 - Ca: 60–70%
 - Mg: 10–20%
 - K: 2–5%
 - Na: <2%

- **Textura del suelo:**
 - Influye en la retención de agua, aireación y facilidad de manejo ecológico.
 - Determina las prácticas más adecuadas (laboreo, cobertura, compostaje).
- **Actividad biológica/microbiana:**
 - Indicadores como respiración basal, biomasa microbiana o actividad enzimática.
- **Compactación y estructura:**
 - Se evalúa con prueba de penetración, análisis visual o densidad aparente.
- **Salinidad** (CE – conductividad eléctrica):
 - Altos niveles pueden afectar negativamente la absorción de agua.
 - <1 dS/m es ideal para la mayoría de cultivos.

PARÁMETROS CLAVE EN AGUA

Los factores clave a tener en cuenta en el análisis de agua son:

- **Conductividad eléctrica** (CE): indicador global de salinidad.
- **Relación de adsorción de sodio** (RAS): para evaluar riesgo de sodificación.
- **pH y alcalinidad** (bicarbonatos/carbonatos).
- **Concentraciones específicas** de iones (Na^+ , Cl^- , B).
- **Presencia de metales pesados o contaminantes** orgánicos, especialmente en aguas regeneradas.





ANEXO V - RECURSOS Y HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS

ANEXO V - RECURSOS Y HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS

GUÍAS Y RECURSOS DE SEAE (SOCIEDAD ESPAÑOLA DE AGRICULTURA ECOLÓGICA Y AGROECOLOGÍA)

- Manual de buenas prácticas para sistemas agroalimentarios resilientes.
- Jornadas técnicas de SEAE: actas y materiales de congresos que incluyen ponencias y experiencias dentro del sector agroecológico.
- Información sobre formación y eventos: SEAE difunde cursos, podcasts y sesiones formativas sobre buenas prácticas, variedades ecológicas, control biológico y cambio climático, disponibles en su newsletter.
- → Más información en su boletín, web y redes sociales:
 - [Boletín](#)
 - [Web](#)
 - [Correo electrónico](#)
 - [Facebook](#)
 - [Instagram](#)
 - [Bluesky](#)
 - [Youtube](#)
- App de Gestión Agrícola
 - [Agroptima](#)
 - [Farmable](#)
 - [Cultivapp](#)
 - [HortaGest](#)
- Control de plagas
 - [Koppert](#)
 - [Guía de plagas y enemigos naturales en cultivos hortícolas en invernadero](#)
 - [Agrobío](#)
 - [DiseñEN](#)
 - [Gipcitricos IVIA](#)
 - [PlantCare Pro](#)
- Cartografía y Cálculo de superficies
 - [Cartografía y SIG](#)
 - [SIGPAC](#)
 - [GPS Area Calculator](#)
 - [Agro Mide Mapas](#)
- Identificación de plantas y árboles
 - [PlantNet](#)
 - [PlantSnap](#)
 - [ArbolApp](#)



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Albright, M. B. N., Louca, S., Winkler, D. E., Feeser, K. L., Haig, S.-J., Whiteson, K. L., Emerson, J. B., & Dunbar, J. (2022). Solutions in microbiome engineering: Prioritizing barriers to organism establishment. *The ISME Journal*.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). FAO.
- Aloo, B. N., Makumba, B. A., Mbega, E. R., & Makumba, B. (2022). Plant growth-promoting rhizobacterial biofertilizers for crop production: The past, present, and future. *Frontiers in Plant Science*.
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29). FAO.
- Azarbad, H., & Junker, R. R. (2024). Biological and experimental factors that define the effectiveness of microbial inoculation on plant traits: A meta-analysis. *ISME Communications*.
- Bayo, J., López-Castellanos, J., Doval-Miñarro, M., & Olmos, S. (2025). Eco-labeled composts reduce microplastic contamination and mitigate heavy metal bioavailability in agricultural ecosystems.
- Bernet, T., & Weidmann, G. (Eds.). (2021). Organic farming: Basic principles and good practices (Dossier No. 1141, 1.ª ed.). Research Institute of Organic Agriculture (FiBL).
- Blanco-Canqui, H., & Ruis, S. J. (2020). Cover crop impacts on soil physical properties: A review. *Soil Science Society of America Journal*.
- Canfora, L., Costa, C., Pallottino, F., & Mocali, S. (2021). Trends in soil microbial inoculants research: A science mapping approach to unravel strengths and weaknesses of their application. *Agriculture*.
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., & Li, H. (2010). Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*.
- Díaz-Rodríguez, A. M., Parra Cota, F. I., Cira Chávez, L. A., García Ortega, L. F., Estrada Alvarado, M. I., Santoyo, G., & de los Santos-Villalobos, S. (2025). Microbial inoculants in sustainable agriculture: Advancements, challenges, and future directions.
- Dosskey, M. G. (2001). Toward quantifying water pollution abatement in response to installing buffers on crop land. *Environmental Management*.
- Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control.
- European Environment Agency. (2022). European environment – state and outlook.
- FAO. (1996). Agro-biodiversity and global food security.
- FAO. (2011). The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW).
- FAO–Earthscan.

FAO. (2015). Status of the world's soil resources (SWSR).

FAO. (2017). Soil pollution: A hidden reality.

FAO. (2021). The state of food and agriculture 2021.

FAO. Conservation agriculture principles. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*.

FIBL-IFOAM Organics International. (2022). The world of organic agriculture: Statistics and emerging trends.

FIBL-IFOAM-SOEL. (2025). The world of organic agriculture: Statistics and emerging trends 2025.

Fohrafellner, J., Keiblinger, K. M., Zechmeister-Boltenstern, S., Murugan, R., Spiegel, H., & Valkama, E. (2024). Cover crops affect pool specific soil organic carbon in cropland – A meta-analysis. *European Journal of Soil Science*.

Fundación para la Investigación del Clima (FIC). Informe de la aplicación de índices bio y agroclimáticos en escenarios de clima futuro.

Gil-Martínez, M., Madejón, P., Madejón, E., & de Sosa, L. L. (2025). Compost and vegetation cover drive soil fertility, microbial activity, and community in organic farming soils. *Plant and Soil*.

Gómez, J. A., Llewellyn, C., Basch, G., Sutton, P. B., Dyson, J. S., & Jones, C. A. (2011). The effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff loss in vineyards and olive groves in several Mediterranean countries. *Soil Use and Management*.

Hallama, M., Pekrun, C., Lambers, H., & Kandeler, E. (2019). Hidden miners – the roles of cover crops and soil microorganisms in phosphorus cycling through agroecosystems. *Plant and Soil*.

Hamza, M. A., & Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems. *Soil and Tillage Research*.

Hobbs, P. R., Sayre, K., & Gupta, R. (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*.

Hudson, N. W. (1995). *Soil conservation* (3.^a ed.). Batsford.

Karlen, D. L., Andrews, S. S., & Doran, J. W. (2001). Soil quality: Current concepts and applications. *Advances in Agronomy*.

Koudahe, K., Allen, S. C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*.

Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*.

- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*.
- Lamichhane, J. R., & Alletto, L. (2022). Ecosystem services of cover crops: A research roadmap. *Trends in Plant Science*.
- Li, J., Wang, J., Liu, H., Macdonald, C. A., & Singh, B. K. (2023). Microbial inoculants with higher capacity to colonize soils improved wheat drought tolerance. *Microbial Biotechnology*.
- Ma, D., Yin, L., Ju, W., Li, X., Liu, X., Deng, X., & Wang, S. (2021). Meta-analysis of green manure effects on soil properties and crop yield in northern China. *Field Crops Research*.
- MAPA. (2024). Estadísticas de la producción agraria ecológica en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MITECO. (2020). Informe sobre contaminación de suelos y aguas por actividad agraria. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation* (3.^a ed.). Blackwell Publishing.
- Muhammad, I., Sainju, U. M., Zhao, F., Khan, A., Fu, X., & Wang, J. (2019). Regulation of soil CO₂ and N₂O emissions by cover crops: A meta-analysis. *Soil and Tillage Research*.
- Muhammad, I., Wang, J., Sainju, U. M., Zhang, S., Zhao, F., & Khan, A. (2021). Cover cropping enhances soil microbial biomass and affects microbial community structure: A meta-analysis. *Geoderma*.
- Nicholls, Clara. *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Ed. Universidad de Antioquia. 2008.
- Ouyang, Y., Reeve, J. R., & Norton, J. M. (2022). The quality of organic amendments affects soil microbiome and nitrogen-cycling bacteria in an organic farming system. *Frontiers in Soil Science*.
- Pereira, L. S., Cordery, I., & Iacovides, I. (2012). *Improving water use efficiency in irrigated agriculture*. Springer.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., et al. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*.
- Pittelkow, C. M., Liang, X., Linnquist, B. A., Van Groenigen, K. J., Lee, J., Lundy, M. E., Van Gestel, N., Six, J., Venterea, R. T., & Van Kessel, C. (2015). Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*.
- Playán, E., & Mateos, L. (2006). *Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity*. Agricultural Water Management.
- Porterfield, K. K., Hobson, S. A., Neher, D. A., Niles, M. T., & Roy, E. D. (2023). Microplastics in composts, digestates, and food wastes: A review. *Journal of Environmental Quality*.
- Scialabba, N. (Ed.). (2015). *Training manual for organic agriculture: Technologies and practices for smallholder farmers*. FAO.

- Shu, X., He, J., Zhou, Z., Xia, L., Hu, Y., Zhang, Y., Zhang, Y., Luo, Y., Chu, H., Liu, W., Yuan, S., Gao, X., & Wang, C. (2022). Organic amendments enhance soil microbial diversity, microbial functionality and crop yields: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*.
- Sobhi, M., Elsamahy, T., Zakaria, E., Gaballah, M. S., Zhu, F., Hu, X., Zhou, C., Guo, J., Huo, S., & Dong, R. (2024). Characteristics, limitations and global regulations in the use of biogas digestate as fertilizer: A comprehensive overview. *Science of the Total Environment*.
- Tanji, K. K., & Kielen, N. C. (2002). Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 61).
- West, T. O., & Post, W. M. (2002). Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis. *Soil Science Society of America Journal*.
- Wooliver, R., & Jagadamma, S. (2023). Response of soil organic carbon fractions to cover cropping: A meta-analysis of agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Yan, F., & Arthur, E. (2025). Cover crops alter soil physicochemical properties: A global meta-analysis. *Geoderma*.
- Yousefi, M., Dray, A., & Ghazoul, J. (2024). Assessing the effectiveness of cover crops on ecosystem services: A review of the benefits, challenges, and trade-offs. *International Journal of Agricultural Sustainability*.
- Zhyr, L., Furch, A. C. U., & Mithöfer, A. (2025). Beneficial microbes in agriculture: Curse or blessing? *Trends in Plant Science*.