

BIOSAL: biochar, agua y suelo vivo para una agricultura mediterránea más resiliente

El suelo es mucho más que el soporte físico sobre el que crecen los cultivos. Regula el ciclo del agua, almacena carbono, proporciona nutrientes y alberga una enorme diversidad de organismos responsables de procesos esenciales para la producción agrícola. Sin embargo, entre el 60 y el 70% de los suelos presentan actualmente algún grado de degradación, asociado, entre otros factores, a la pérdida de materia orgánica, la compactación, la erosión y la salinización.



Angie Marcela Pedraza Torres
Investigadora avanzada I+D+i – Área de Sostenibilidad | Water, air & soil, Eurecat

En los sistemas agrícolas mediterráneos este problema adquiere especial relevancia. La combinación de sequías estivales, episodios de lluvia intensa y pérdida progresiva de materia orgánica puede reducir la capacidad del suelo para almacenar agua y nutrientes y aumentar su vulnerabilidad frente a fenómenos climáticos extremos.

Ante este escenario, el proyecto BIOSAL – Aplicación del biochar en agricultura regenerativa ha estudiado durante dos años el potencial del biochar como herramienta para recuperar funciones esenciales del suelo y favorecer sistemas agrícolas más resilientes. El proyecto se desarrolla en el marco de los Grupos Operativos de la Asociación Europea para la Innovación (AEI-Agri) del Plan Estratégico de la PAC 2023-2027, está liderado por la Fundació Drissa, coordinado por el Clúster de Bioenergia de Catalunya (CBC) y cuenta con la participación de Idària SCCL y Eurecat- Centro Tecnológico de Catalunya.

Un suelo con margen de mejora

El diagnóstico inicial, realizado en 2025 sobre un suelo franco, mostró un margen considerable de mejora: una materia orgánica de apenas el 1,04%, carbono orgánico próximo al 1%, una densidad aparente de 1,19 g/mL y una capacidad de retención de agua de 37,5 g H_2O/100 g de suelo seco, junto con niveles bajos de nitrógeno y fósforo.

Sobre esta base se establecieron ocho tratamientos: control, biochar, compost, estiércol bovino, purín y sus tres combinaciones con biochar. El biochar se aplicó a

biosal.indd 52 31/08/2026 8:49:09

una dosis equivalente a 2L/m2, mientras que las combinaciones con las enmiendas orgánicas se diseñaron buscando una relación aproximada 50:50 en materia seca, con el objetivo de comparar los materiales bajo condiciones funcionalmente equivalentes de aporte de carbono y nutrientes. El biochar utilizado, producido mediante pirólisis de material leñoso procedente de restos de poda del territorio, presentó una porosidad del 78% y una superficie específica de 323,7 m²/g. Esta elevada estructura porosa explica su interés como una matriz capaz de interactuar con el agua, los nutrientes y los microorganismos del suelo durante periodos prolongados.

Las sondas instaladas en la parcela permitieron observar el comportamiento real del agua en el perfil del suelo, más allá de los muestreos puntuales. En otoño de 2025, la capacidad de retención de agua de purín+biochar alcanzó 51,8 g H_2O/100 g frente a 38,4 g/100 g del control, aproximadamente un 35% más. En primavera de 2026, el tratamiento con biochar alcanzó una humedad media del 35,4% frente al 24,2% del control, equivalente a un incremento relativo del 46%. La combinación compost + biochar llegó al 38,1%, aproximadamente un 58% más que el control. En el indicador de agua disponible relativa que es la fracción de agua potencialmente aprovechable por las raíces, el tratamiento compost + biochar alcanzó un valor un 137% superior al control.

Estos resultados son especialmente relevantes en agricultura mediterránea: la cuestión no es únicamente cuánto llueve o cuánto se riega, sino qué capacidad tiene el suelo para almacenar esa agua y mantenerla disponible para el cultivo.

A ello se suma una respuesta interesante en la conductividad eléctrica. En otoño, varios tratamientos con biochar registraron valores aproximadamente un 79-80% inferiores al control, mientras que purín+biochar presentó un valor un 73% inferior. Esta diferencia apunta a un posible efecto sobre la dinámica de los iones presentes en la solución del suelo.

En la última campaña, purín+biochar alcanzó un 5,08% de materia orgánica frente al 2,69% del control, aproximadamente un 89% más. El mismo tratamiento presentó un 69% más de fósforo total, un 63% más de fósforo asimilable, un 41 % más de potasio y un 16% más de calcio intercambiable respecto al control.

Un laboratorio de resiliencia a escala real

En verano de 2025, el campo sufrió una inundación severa que afectó al terreno. En invierno, unas heladas intensas afectaron al cultivo previsto de coles y brócolis y obligaron a introducir una cubierta de mostaza y camomila como estrategia transitoria de agricultura regenerativa. Posteriormente, durante el verano de 2026, los nuevos cultivos de calabacín y remolacha estuvieron sometidos a episodios de calor intenso y prolongado. Lejos de invalidar el ensayo, estos episodios lo convirtieron en un banco de pruebas de resiliencia climática a escala real, representativo de condiciones cada vez más frecuentes en la agricultura mediterránea.

En el último ciclo, las plantas de calabacín que consiguieron completar la fructificación mostraron respuestas diferenciadas. En purín+biochar se observó uno de los frutos de mayor desarrollo respecto al control y el análisis foliar mostró aproximadamente un 87% más de fósforo, un 52% más de potasio, un 25% más de calcio, un 51% más de hierro y un 56% más de manganeso.

El diseño experimental de BIOSAL, sin réplicas espaciales independientes por tratamiento, no permite atribuir estadísticamente una mayor productividad a esta combinación. Sin embargo, los resultados aportan una señal coherente entre condiciones del suelo, nutrición vegetal y capacidad de mantener el desarrollo del cultivo bajo condiciones térmicas exigentes.

Índice SWI-BIOSAL

Precisamente para evitar interpretar de forma fragmentada decenas de parámetros, BIOSAL desarrolló el SQI-BIOSAL (Soil Quality Index-BIOSAL), un índice que integra 18 indicadores físico-hidrológicos, químicos y biológicos, entre ellos tres actividades enzimáticas utilizadas como indicadores de funcionalidad microbiana en los ciclos del Carbono, Fosforo y actividad.

La dimensión biológica mostró algunas de las respuestas más marcadas del ensayo. En la primera campaña, estiércol+biochar incrementó la actividad B-glucosidasa un 112% respecto al control y la fosfatasa un 87%. En primavera, compost+biochar, estiércol+biochar y



biosal.indd 53 31/08/2026 8:49:11

purín+biochar presentaron actividades fosfatasa entre un 94 y un 99% superiores al control.

La evaluación se complementó con secuenciación del gen 16S rRNA. Los resultados mostraron diferencias en la estructura de las comunidades bacterianas entre tratamientos y una mayor riqueza y diversidad bacteriana en el biochar aplicado individualmente respecto al control. Las combinaciones con enmiendas mostraron, sin embargo, respuestas distintas entre sí, reforzando una idea clave, la biodiversidad y funcionalidad no necesariamente evolucionan de forma paralela.

El suelo partió de un SQI-BIOSAL del 70,6% y, durante las tres campañas posteriores, los tratamientos superaron el 80% dentro de la escala comparativa definida para el propio índice. Además, ningún tratamiento resultó ganador de forma sistemática. En la primera campaña, verano de 2025, destacó compost+biochar (94,0%); en otoño destacaron estiércol bovino y purín; y en primavera de 2026 las primeras posiciones correspondieron a estiércol+biochar (94,6%) y compost+biochar (93,6%). Esto sugiere que las enmiendas orgánicas pueden generar respuestas más rápidas, mientras que determinadas combinaciones con biochar adquieren mayor relevancia conforme evoluciona el sistema y se estabilizan diferentes funciones del suelo a mediano y largo plazo.

Esta aproximación conecta directamente con la Directiva (UE) 2025/2360 sobre protección, vigilancia y gestión sostenible del suelo, que establece un marco armonizado para monitorizar y evaluar la salud de los suelos europeos mediante descriptores comunes.

El SQI-BIOSAL sigue esta lógica y cubre cinco dimensiones relacionadas con ese enfoque: estructura del suelo, gestión del agua, materia orgánica, nutrientes y actividad biológica. No constituye una herramienta oficial de evaluación regulatoria, pero si una metodología experimental alineada con el nuevo marco europeo para integrar información obtenida en condiciones reales de campo.

Tras dos años de experimentación, el principal resultado de BIOSAL no fue identificar una única combinación ganadora, sino demostrar que la regeneración del suelo debe evaluarse como un proceso multifuncional y dinámico.

Del ensayo a la oportunidad para las empresas del sector

El interés de BIOSAL no se limita a sus resultados agronómicos. Proyectos de este tipo permiten validar, sobre suelo real y bajo condiciones climáticas adversas, tecnologías, materiales y herramientas de monitorización antes de su transferencia a otros contextos.

También permiten explorar nuevas vías de valorización de biomasa y subproductos orgánicos, desarrollar formulaciones orientadas a funciones concretas del suelo y generar series de datos que una empresa individual difícilmente podría obtener por sí sola.

BIOSAL demuestra que la resiliencia del suelo frente al cambio climático no depende de una solución única, sino de combinar biochar, materia orgánica, conocimiento del suelo y seguimiento riguroso. Para las empresas, participar activamente en este tipo de iniciativas supone además anticiparse a un escenario en el que agricultores, administraciones y mercados demandarán cada vez más soluciones respaldadas por evidencias sobre salud del suelo, eficiencia hídrica y resiliencia climática.

La colaboración en consorcios como BIOSAL, que reúne explotaciones agrícolas, entidades vinculadas a la valorización de biomasa, centros tecnológicos y clústeres sectoriales, reduce el riesgo técnico de innovar en solitario y facilita el acceso a infraestructuras, conocimiento especializado y escenarios reales de validación



biosal.indd 54 31/08/2026 8:49:11