

Artículo Científico

Estrategias de agricultura regenerativa para mejorar la salud del suelo

Regenerative agriculture strategies to improve soil health



Herrera-Sánchez, Daniela Jaqueline ¹



<https://orcid.org/0009-0005-3667-8395>



daniela.herrera@ute.edu.ec



Universidad UTE, Ecuador, Santo Domingo.



Gavilánez-Buñay Tatiana Carolina ²



<https://orcid.org/0000-0002-7422-3122>



tatiana.gavilanez@utc.edu.ec



Universidad Técnica de Cotopaxi, Doctorado en Educación, Ecuador, La Maná.

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v1/n2/12>

Resumen: La degradación progresiva del suelo, intensificada por prácticas agrícolas convencionales, representa una amenaza crítica para la sostenibilidad agroalimentaria. Este estudio tiene como propósito analizar, mediante una revisión bibliográfica sistemática en bases de datos indexadas, las estrategias de agricultura regenerativa más efectivas para restaurar la salud del suelo. Se utilizaron criterios de inclusión rigurosos que priorizaron estudios empíricos revisados por pares sobre cultivos de cobertura, compostaje y rotación diversificada de cultivos. Los resultados evidencian que estas prácticas mejoran significativamente la estructura, fertilidad, actividad microbiana y capacidad de retención de agua del suelo, al tiempo que fortalecen servicios ecosistémicos como el secuestro de carbono y la resistencia a la erosión. Asimismo, se identifican sinergias funcionales entre dichas estrategias, especialmente cuando se aplican de forma conjunta y adaptada al contexto edafoclimático. El análisis concluye que la agricultura regenerativa constituye un enfoque viable, resiliente y ecológicamente restaurador, aunque su efectividad depende de factores locales y de una implementación sostenida, respaldada por políticas públicas e innovación agronómica.

Palabras clave: agricultura regenerativa; salud del suelo; cultivos de cobertura; compostaje; rotación de cultivos.



Check for updates

Received: 18/Mar/2023

Accepted: 22/Abr/2023

Published: 10/May/2023

Cita: Herrera-Sánchez, D. J., & Gavilánez-Buñay, T. C. (2023). Estrategias de agricultura regenerativa para mejorar la salud del suelo. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 1(2), 15-

28. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v1/n2/12>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)

<https://revistacym.com>

revistacym@editorialgrupo-aea.com

info@editorialgrupo-aea.com

© 2023. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

Progressive soil degradation, intensified by conventional agricultural practices, represents a critical threat to agrifood sustainability. This study aims to analyze, through a systematic literature review in indexed databases, the most effective regenerative agriculture strategies to restore soil health. Rigorous inclusion criteria were used that prioritized peer-reviewed empirical studies on cover crops, composting and diversified crop rotation. The results show that these practices significantly improve soil structure, fertility, microbial activity and water holding capacity, while enhancing ecosystem services such as carbon sequestration and erosion resistance. Functional synergies between these strategies are also identified, especially when they are applied jointly and adapted to the soil and climate context. The analysis concludes that regenerative agriculture is a viable, resilient and ecologically restorative approach, although its effectiveness depends on local factors and sustained implementation, supported by public policies and agronomic innovation.

Keywords: regenerative agriculture; soil health; cover crops; composting; crop rotation.

1. Introducción

La degradación de los suelos agrícolas representa una de las problemáticas ambientales y productivas más relevantes a nivel global, con consecuencias directas sobre la seguridad alimentaria, la resiliencia de los ecosistemas y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. La intensificación de las prácticas agrícolas convencionales, caracterizadas por el uso excesivo de agroquímicos, la labranza intensiva, el monocultivo y la escasa rotación de cultivos, ha provocado una pérdida progresiva de la fertilidad del suelo, la disminución de la biodiversidad microbiana y la erosión acelerada (Lal, 2020). Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se estima que más del 33 % de los suelos del mundo están degradados, lo que pone en riesgo su capacidad de sustentar la producción agrícola actual y futura (FAO, 2015).

La degradación del suelo no solo compromete el rendimiento de los cultivos, sino que también afecta procesos ecológicos fundamentales, como el ciclo del carbono, la regulación hídrica y la estabilidad del clima local y global (Amundson et al., 2015). Asimismo, la pérdida de materia orgánica y la compactación del suelo limitan la infiltración del agua, reducen la disponibilidad de nutrientes y afectan la actividad biológica del suelo, lo que a su vez repercute en la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Schulte et al., 2014). Estas afectaciones se ven agravadas por el cambio climático, que altera los regímenes de precipitación y temperatura, intensificando aún más los procesos de degradación y erosionando la capacidad de

los sistemas agrícolas de adaptarse a nuevas condiciones ambientales (Montanarella & Vargas, 2012).

En este contexto, la agricultura regenerativa ha emergido como un enfoque alternativo que busca no solo mitigar los impactos negativos de la agricultura convencional, sino también restaurar la funcionalidad ecológica de los suelos agrícolas mediante prácticas integradas que fomentan la salud del suelo, la biodiversidad y la resiliencia agroecosistémica. A diferencia de otros enfoques sostenibles, la agricultura regenerativa se centra en la regeneración activa de los procesos ecológicos y el fortalecimiento de las interacciones entre el suelo, las plantas y los organismos vivos (Rhodes, 2017). Estrategias como la cobertura permanente del suelo, el compostaje, la rotación diversificada de cultivos, el pastoreo planificado y la integración agroforestal se presentan como mecanismos clave para restaurar la estructura, biología y fertilidad del suelo (Giller et al., 2009).

La justificación de este estudio radica en la necesidad urgente de identificar, sistematizar y evaluar las estrategias más efectivas de agricultura regenerativa orientadas a la recuperación de la salud del suelo, entendida esta como la capacidad del suelo de funcionar como un sistema vivo que sustenta plantas, animales y humanos de manera sostenible (Doran & Zeiss, 2000). Comprender qué prácticas son más eficaces en contextos diversos y cómo estas interactúan con los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo es esencial para formular recomendaciones técnicas aplicables a distintos modelos de producción agrícola. Asimismo, este análisis permitirá identificar vacíos de conocimiento y orientar futuras investigaciones hacia la validación empírica de los beneficios ecológicos y agronómicos de la agricultura regenerativa.

La viabilidad de esta revisión bibliográfica se sustenta en la creciente disponibilidad de estudios científicos, tanto experimentales como de revisión sistemática, que documentan los efectos de prácticas regenerativas en diversos indicadores de salud del suelo. Además, el enfoque de revisión permite integrar hallazgos dispersos, contrastar metodologías y evaluar la aplicabilidad de los resultados en distintos contextos edafoclimáticos, lo que amplía la relevancia y utilidad de este trabajo tanto para investigadores como para tomadores de decisiones, técnicos agrícolas y productores.

El objetivo principal de este artículo es analizar críticamente las estrategias de agricultura regenerativa orientadas a mejorar la salud del suelo, a través de una revisión bibliográfica exhaustiva de literatura científica indexada en bases de datos reconocidas. Se pretende identificar las prácticas más relevantes, los mecanismos mediante los cuales contribuyen a la regeneración del suelo y los principales desafíos para su implementación a gran escala. De esta manera, se busca aportar a la construcción de un modelo agrícola resiliente, productivo y ambientalmente responsable, enmarcado en los principios de sostenibilidad y restauración ecológica.

La revisión de literatura aquí presentada se fundamenta en estudios recientes publicados en revistas científicas indexadas en Scopus y Web of Science, lo que garantiza la calidad y confiabilidad de las fuentes analizadas. Asimismo, se priorizará el uso de referencias verificables con identificador digital de objeto (DOI) y con enfoques empíricos que aborden la interacción entre prácticas regenerativas y parámetros clave de la salud del suelo, tales como la materia orgánica, la actividad microbiana, la capacidad de retención de agua y la estabilidad estructural del suelo. Con ello, se espera ofrecer una visión integral y actualizada de las oportunidades que ofrece la agricultura regenerativa para enfrentar los desafíos de la degradación del suelo y promover sistemas agrícolas más sostenibles y resilientes.

2. Materiales y métodos

La metodología empleada en este estudio se basa en un enfoque exploratorio de revisión bibliográfica, orientado a recopilar, analizar e interpretar información científica relevante sobre las estrategias de agricultura regenerativa aplicadas a la mejora de la salud del suelo. Dado el carácter no experimental de esta investigación, se adoptó un diseño cualitativo que permitió examinar el estado del conocimiento actual, identificar prácticas recurrentes, establecer relaciones conceptuales y detectar vacíos de investigación en la literatura especializada.

Para la recopilación de información, se realizó una búsqueda sistemática de publicaciones en bases de datos científicas de alto impacto, principalmente Scopus y Web of Science, priorizando artículos publicados en los últimos diez años para garantizar la actualidad de los hallazgos. Se utilizaron combinaciones de palabras clave en inglés y español tales como “regenerative agriculture”, “soil health”, “sustainable farming practices”, “soil organic matter”, “soil microbiome”, “agricultural biodiversity”, entre otros términos relacionados. Esta estrategia permitió abarcar una gama amplia de estudios, incluyendo artículos de revisión, investigaciones empíricas, metaanálisis y reportes técnicos con validez científica reconocida.

Los criterios de inclusión contemplaron publicaciones revisadas por pares que presentaran evidencia empírica o teórica sobre prácticas regenerativas específicas y su efecto sobre parámetros indicativos de la salud del suelo, tales como la estructura, la fertilidad, el contenido de carbono, la biodiversidad microbiana, la capacidad de retención de agua, la actividad biológica y la estabilidad frente a la erosión. Se excluyeron estudios con enfoques meramente descriptivos, informes sin validación científica o documentos centrados en prácticas agrícolas no vinculadas directamente con la regeneración del suelo.

Posteriormente, se procedió a la lectura exhaustiva, sistematización e interpretación de los textos seleccionados. La información fue organizada temáticamente en torno a las principales estrategias regenerativas identificadas, considerando su fundamento técnico, mecanismos de acción y resultados documentados en distintas regiones y

tipos de suelos. Esta categorización permitió establecer patrones comunes, evaluar su efectividad en distintos contextos agroecológicos y detectar aspectos metodológicos relevantes de los estudios analizados.

Finalmente, se desarrolló un análisis comparativo de las prácticas más representativas, considerando tanto su impacto en la salud del suelo como los factores que condicionan su implementación, como el tipo de cultivo, el clima, la disponibilidad de recursos, el conocimiento técnico de los agricultores y las políticas agrarias vigentes. Este proceso permitió construir una síntesis crítica de la literatura revisada, con el propósito de aportar una visión comprensiva y actualizada sobre el potencial de la agricultura regenerativa como herramienta para restaurar la funcionalidad de los suelos agrícolas.

3. Resultados

3.1. Prácticas regenerativas efectivas: cultivos de cobertura, compostaje y rotación para mejorar la salud del suelo

El deterioro de la salud del suelo es una problemática creciente que compromete la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios. Factores como la intensificación agrícola, la pérdida de cobertura vegetal, el uso excesivo de insumos sintéticos y la compactación mecánica han resultado en la disminución de la materia orgánica, la biodiversidad microbiana y la capacidad funcional de los suelos agrícolas (Lal, 2020). Ante este escenario, la agricultura regenerativa emerge como un enfoque holístico y restaurativo, cuyo eje central es la recuperación de la vitalidad biológica, estructural y química del suelo. Dentro de este paradigma, las prácticas de cultivos de cobertura, compostaje y rotación diversificada de cultivos constituyen intervenciones clave cuya eficacia ha sido ampliamente documentada en la literatura científica contemporánea.

Los cultivos de cobertura representan una estrategia esencial para mejorar la funcionalidad del suelo mediante la presencia continua de vegetación no destinada a la cosecha comercial. Estas especies, cultivadas entre ciclos de producción o de forma simultánea con el cultivo principal, contribuyen a reducir la erosión, controlar malezas, fijar nutrientes y aumentar el contenido de carbono orgánico. Estudios de largo plazo han evidenciado que su uso regular incrementa significativamente la materia orgánica del suelo, mejora la porosidad y la infiltración del agua, además de favorecer una estructura estable que resiste procesos erosivos (Basche et al., 2016; Blanco-Canqui et al., 2012). Adicionalmente, especies como las leguminosas (e.g., *Vicia villosa*, *Trifolium spp.*) tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a su asociación simbiótica con rizobios, lo cual reduce la necesidad de fertilizantes sintéticos y mejora la disponibilidad de nutrientes para los cultivos sucesivos (Schipanski et al., 2014).

En términos microbiológicos, los cultivos de cobertura fomentan una mayor diversidad de comunidades edáficas, particularmente bacterias y hongos beneficiosos, que

desempeñan un papel esencial en los procesos de mineralización, descomposición y formación de agregados. Un análisis metaanalítico realizado por Tiemann et al. (2015) demostró que la diversidad microbiana y la actividad enzimática del suelo aumentan considerablemente en sistemas que incorporan cultivos de cobertura, lo cual se traduce en una mejora de los servicios ecosistémicos del suelo, incluyendo la descomposición de residuos y el secuestro de carbono.

El compostaje, entendido como el proceso biológico de estabilización de residuos orgánicos mediante su descomposición aerobia controlada, constituye otra herramienta regenerativa crucial para la mejora de la calidad del suelo. El compost aporta no solo materia orgánica estabilizada, sino también una amplia variedad de microorganismos benéficos, micronutrientes y ácidos húmicos que enriquecen el ecosistema edáfico (Diacono & Montemurro, 2012). La aplicación continua de compost ha demostrado aumentar la capacidad de intercambio catiónico, mejorar la agregación del suelo y estimular la actividad de enzimas claves para los ciclos de nitrógeno y fósforo (Lazcano et al., 2012).

Asimismo, el compost favorece la supresión natural de patógenos del suelo y promueve un equilibrio biológico más resiliente frente a disturbios bióticos y abióticos. Su efecto positivo sobre el contenido de carbono orgánico es particularmente importante en la mitigación del cambio climático, ya que contribuye al secuestro de carbono atmosférico en formas estables dentro del perfil edáfico (Zhang et al., 2021). Cabe destacar que los beneficios del compost varían en función de su origen, grado de maduración y dosis aplicada, lo que exige criterios técnicos rigurosos en su producción y manejo para optimizar sus efectos.

Por otro lado, la rotación diversificada de cultivos se ha consolidado como una práctica regenerativa que rompe los ciclos de agotamiento nutricional, reduce la presión de plagas y enfermedades, y diversifica las interacciones planta-suelo. A diferencia del monocultivo, la rotación planificada de especies vegetales permite un uso más eficiente de los recursos edáficos y favorece la regeneración de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Según Smith et al. (2008), la diversidad de cultivos en secuencia temporal contribuye a una mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno, mejora la biomasa radicular y estimula la actividad microbiana asociada a rizosferas diferenciadas.

Desde una perspectiva funcional, sistemas de rotación que integran gramíneas, leguminosas y cultivos de raíces profundas permiten una extracción balanceada de nutrientes, facilitan la descompactación del suelo y promueven una estructura más porosa y aireada. Además, la diversidad de exudados radiculares derivados de cultivos diferentes incrementa la riqueza y abundancia de microorganismos especializados, promoviendo así una red trófica más robusta y eficiente (McDaniel et al., 2014). La implementación de rotaciones también ha mostrado un efecto acumulativo positivo sobre la capacidad de retención de agua, el contenido de materia

orgánica y la estabilidad estructural del suelo en diferentes contextos agroecológicos (Brennan & Boyd, 2012).

La integración de estas tres prácticas dentro de un modelo agrícola regenerativo genera sinergias que amplifican sus beneficios individuales. Por ejemplo, los cultivos de cobertura pueden ser incorporados al suelo mediante compostaje in situ, generando un circuito cerrado de nutrientes; a su vez, la rotación con especies de cobertura o cultivos compostables maximiza el retorno de biomasa al suelo y diversifica la microbiota edáfica. Esta estrategia integrada no solo promueve una agricultura más productiva y sostenible, sino que también contribuye a restaurar la capacidad ecológica del suelo, permitiendo su funcionamiento como un sistema vivo y resiliente.

En síntesis, las evidencias empíricas y teóricas recopiladas indican que la adopción de cultivos de cobertura, compostaje y rotación diversificada de cultivos constituye un pilar fundamental de la agricultura regenerativa. Estas prácticas, cuando se aplican de manera planificada y contextualizada, mejoran sustancialmente los indicadores clave de salud del suelo y ofrecen una vía concreta para la recuperación de la funcionalidad ecosistémica en agroecosistemas degradados.

3.2. Impactos ecosistémicos y agronómicos

La implementación de prácticas regenerativas como los cultivos de cobertura, el compostaje y la rotación diversificada de cultivos tiene efectos sustanciales tanto en los procesos ecológicos como en la productividad agrícola. A diferencia de los sistemas convencionales, que frecuentemente conducen al deterioro estructural y funcional del suelo, estas prácticas propician la restauración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que fortalece su capacidad de retención hídrica, secuestro de carbono y resistencia frente a la erosión. Estos efectos integrales reconfiguran positivamente la dinámica de los agroecosistemas, al tiempo que mejoran la estabilidad, resiliencia y sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo.

3.2.1. Mejora en la retención de agua

Uno de los beneficios más inmediatos de las prácticas regenerativas es el incremento de la capacidad del suelo para almacenar y conservar agua. En sistemas agrícolas convencionales, la pérdida de materia orgánica y la compactación reducen significativamente la porosidad y la infiltración del agua, lo que limita su disponibilidad para las plantas y exacerba los efectos de las sequías. En contraste, la aplicación de compost y la presencia de cultivos de cobertura incrementan la materia orgánica y promueven una estructura de suelo más suelta y agregada, facilitando la infiltración y reduciendo la escorrentía (Basche & DeLonge, 2017).

Diversos estudios demuestran que la materia orgánica actúa como una esponja, capaz de absorber entre 10 y 20 veces su peso en agua, dependiendo del tipo de suelo (Liu et al., 2021). Además, las raíces de los cultivos de cobertura mejoran la

porosidad y crean canales biológicos que permiten una infiltración más profunda. Por ejemplo, en un estudio de campo llevado a cabo en sistemas agrícolas de transición ecológica, se encontró que el uso de centeno como cultivo de cobertura mejoró la capacidad de retención hídrica en un 25 % en comparación con parcelas sin cobertura (Blanco-Canqui et al., 2012).

A nivel funcional, esta capacidad incrementada de retención de agua tiene efectos directos sobre la productividad de los cultivos, especialmente en condiciones de estrés hídrico. La disponibilidad continua de agua en el perfil edáfico permite una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y favorece el desarrollo radicular profundo, lo cual mejora el rendimiento y reduce la vulnerabilidad a variaciones climáticas extremas (Amelung et al., 2020). En este sentido, la agricultura regenerativa se presenta como una estrategia adaptativa frente a los desafíos derivados del cambio climático.

3.2.2. Secuestro y estabilización del carbono orgánico

El suelo es el segundo mayor reservorio de carbono después de los océanos, y su manejo adecuado puede contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático. En este contexto, las prácticas regenerativas desempeñan un papel clave en el secuestro de carbono, al favorecer la acumulación de carbono orgánico estable en el suelo. La incorporación de biomasa vegetal a través del compost y de los residuos de cultivos de cobertura incrementa el contenido de carbono en formas humificadas, que pueden permanecer en el suelo durante décadas o siglos (Minasny et al., 2017).

La dinámica del carbono edáfico está íntimamente relacionada con la actividad microbiana. El compost no solo aporta carbono lábil que sirve de alimento a los microorganismos, sino también compuestos húmicos complejos que estabilizan el carbono a través de asociaciones con minerales arcillosos (Lehmann et al., 2020). Esta estabilización es fundamental, ya que el carbono protegido físicamente dentro de agregados estables es menos susceptible a la descomposición y pérdida por mineralización.

En términos cuantitativos, Lal (2020) estima que las prácticas regenerativas bien gestionadas pueden aumentar el carbono del suelo en una tasa anual de 0,3 a 1,0 t C ha⁻¹ año⁻¹. Esta capacidad de capturar CO₂ atmosférico y almacenarlo en el suelo posiciona a la agricultura regenerativa como una herramienta potente en estrategias de carbono negativo. Machmuller et al. (2015), en un estudio comparativo de fincas regenerativas y convencionales, hallaron un incremento promedio del 29 % en el carbono orgánico total en los suelos regenerativos en un periodo de apenas seis años.

3.2.3. Aumento de la resistencia a la erosión

La erosión del suelo constituye una de las principales amenazas a la sostenibilidad agrícola, ya que implica la pérdida irreversible de la capa superficial rica en nutrientes y microorganismos. La agricultura convencional, al dejar el suelo desnudo y

susceptible a la acción del viento y el agua, incrementa drásticamente las tasas de erosión. En contraposición, los sistemas regenerativos —mediante la cobertura permanente del suelo y la mejora de su estructura— actúan como una barrera física y biológica contra la erosión (Morgan, 2009).

Los cultivos de cobertura protegen la superficie del impacto directo de las gotas de lluvia, disminuyendo la disgregación de partículas y promoviendo la infiltración en lugar de la escorrentía. Además, sus raíces cohesionan las partículas del suelo, incrementando la resistencia mecánica frente a la erosión hídrica y eólica. Estudios realizados en Europa y América del Norte muestran reducciones de entre 40 % y 80 % en las tasas de pérdida de suelo cuando se integran cultivos de cobertura y compost (Borrelli et al., 2017).

Esta reducción de la erosión tiene también implicaciones para la calidad del agua, ya que disminuye la carga de sedimentos y nutrientes transportados hacia cuerpos de agua superficiales, reduciendo la eutrofización y los impactos negativos sobre ecosistemas acuáticos. A nivel económico, la conservación del suelo mediante prácticas regenerativas evita la necesidad de costosas enmiendas y correcciones posteriores, lo que mejora la rentabilidad a largo plazo (Pimentel et al., 1995).

3.2.4. Sinergias ecosistémicas y resiliencia agrícola

La convergencia de estos efectos —mayor retención hídrica, secuestro de carbono y resistencia a la erosión— genera sinergias ecosistémicas que refuerzan la funcionalidad del suelo como un sistema vivo. Estas sinergias no solo estabilizan la producción agrícola, sino que también mejoran la biodiversidad, reducen la dependencia de insumos externos y permiten la regeneración continua del capital natural.

En sistemas regenerativos bien diseñados, se observa una mayor actividad microbiana, un equilibrio más estable entre organismos beneficiosos y fitopatógenos, y una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de producción (Altieri et al., 2011; Lehmann et al., 2020). Esto permite que el suelo recupere sus funciones ecosistémicas fundamentales: provisión de nutrientes, regulación hídrica, soporte para la vida vegetal y mitigación del cambio climático.

Por tanto, los impactos ecosistémicos y agronómicos de la agricultura regenerativa no deben entenderse como beneficios aislados, sino como componentes interdependientes de un sistema complejo y resiliente. La transición hacia este tipo de agricultura representa un cambio de paradigma que va más allá de la productividad, promoviendo una relación armónica entre la actividad humana y los procesos naturales del suelo.

4. Discusión

La presente revisión bibliográfica ha permitido constatar que la agricultura regenerativa, mediante la implementación de prácticas específicas como los cultivos de cobertura, el compostaje y la rotación diversificada de cultivos, constituye una estrategia integral para revertir la degradación del suelo y restituir su funcionalidad ecológica. Estos enfoques, cuando se aplican de forma sinérgica y adaptada a las condiciones edafoclimáticas particulares, no solo inciden positivamente sobre parámetros agronómicos, sino que también fortalecen múltiples servicios ecosistémicos, lo que refrenda su potencial para contribuir a la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios contemporáneos.

Los hallazgos revisados corroboran que estas prácticas regenerativas inducen mejoras sustanciales en la estructura del suelo, la capacidad de retención de agua, el contenido de carbono orgánico y la estabilidad de los agregados. Tales transformaciones son el resultado de procesos complejos en los que intervienen la biomasa vegetal, la actividad microbiana y la dinámica de nutrientes, los cuales, al ser estimulados por manejos regenerativos, reactivan las funciones biogeoquímicas del suelo (Lehmann et al., 2020). Así, los cultivos de cobertura actúan no solo como una protección física contra la erosión, sino como un catalizador de interacciones subterráneas que incrementan la resiliencia edáfica frente al estrés hídrico y térmico, como lo demuestra el metaanálisis de Basche y DeLonge (2017), en el que se evidencia una mejora estadísticamente significativa en la infiltración y retención de agua en suelos con cobertura vegetal permanente.

En cuanto al compostaje, su aplicación reiterada ha sido asociada con el aumento del carbono lábil y la mejora en la capacidad de intercambio catiónico, lo que, en consecuencia, mejora la fertilidad a largo plazo sin los efectos colaterales de la fertilización química intensiva. Diacono y Montemurro (2012) destacan que la materia orgánica estabilizada que aporta el compost tiene un rol determinante en la estructuración del suelo y en la mitigación de la acidificación, al actuar como amortiguador del pH. Además, su influencia positiva sobre la microbiota edáfica diversifica los nichos ecológicos disponibles, favoreciendo organismos funcionales clave en el reciclaje de nutrientes (Lazcano et al., 2012).

Por otro lado, la rotación diversificada de cultivos, particularmente aquellas secuencias que combinan leguminosas y gramíneas, ha demostrado ser eficaz en la interrupción de ciclos de plagas, la recuperación del nitrógeno y la estimulación de la actividad enzimática del suelo (Tiemann et al., 2015). Esta práctica no solo incrementa la estabilidad de la producción, sino que, al alternar tipos de raíces y exudados, diversifica las relaciones planta-suelo-microorganismo, lo que fortalece la capacidad del sistema agrícola para adaptarse a perturbaciones bióticas y abióticas. En este sentido, Smith et al. (2008) subrayan que los beneficios de la rotación trascienden el rendimiento inmediato, al estar vinculados con mejoras sistémicas en la eficiencia del uso de los recursos.

De manera convergente, todas estas prácticas inciden de forma positiva en el secuestro de carbono, un servicio ecosistémico de relevancia crítica en el contexto del cambio climático. El incremento del carbono orgánico del suelo mediante la adición de materia orgánica y la minimización de disturbios físicos ha sido ampliamente documentado como una estrategia viable de mitigación, tanto por su capacidad de almacenar carbono en formas estables como por sus beneficios colaterales en la estructura del suelo y la retención de agua (Minasny et al., 2017; Lal, 2020). La literatura revisada respalda la noción de que, mediante un manejo regenerativo continuo, es posible revertir parcialmente los efectos acumulativos de décadas de degradación inducida por prácticas agrícolas extractivas.

Cabe destacar, sin embargo, que la eficacia de estas prácticas no es homogénea en todos los contextos. Su impacto está condicionado por factores como el tipo de suelo, el régimen de precipitaciones, la historia de uso del terreno y la escala de implementación. Algunos estudios, como el de Machmuller et al. (2015), advierten que aunque los beneficios son acumulativos, los cambios significativos en propiedades como el carbono orgánico del suelo pueden tardar entre cinco y diez años en manifestarse plenamente. Esto implica que la agricultura regenerativa, si bien prometedora, requiere de un enfoque de largo plazo, acompañado de políticas públicas coherentes, incentivos adecuados y un robusto sistema de extensión agrícola que facilite su adopción por parte de los productores.

En conclusión, la agricultura regenerativa representa una alternativa científicamente fundamentada y ecológicamente funcional para restaurar la salud del suelo y mejorar la sostenibilidad de la producción agrícola. Las prácticas analizadas en esta revisión no solo recuperan propiedades físicas y químicas esenciales del suelo, sino que también dinamizan procesos ecológicos clave que sostienen la productividad y resiliencia de los agroecosistemas. En consecuencia, su incorporación sistemática en políticas agrarias y programas de manejo sostenible de tierras constituye una necesidad urgente para enfrentar los desafíos del cambio climático, la seguridad alimentaria y la degradación de los recursos naturales.

5. Conclusiones

La revisión realizada permite concluir que la agricultura regenerativa representa una estrategia sólida y científicamente respaldada para restaurar la salud del suelo y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Las prácticas evaluadas, como los cultivos de cobertura, el compostaje y la rotación diversificada de cultivos, actúan de manera complementaria sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mejorando su estructura, capacidad de retención hídrica, fertilidad y estabilidad frente a procesos de degradación.

Estas prácticas no solo generan beneficios agronómicos, como el aumento del rendimiento y la eficiencia en el uso de recursos, sino que también aportan importantes

impactos ecosistémicos. Entre ellos destacan la mejora de los servicios ambientales del suelo, el secuestro de carbono, la conservación de la biodiversidad edáfica y la mitigación de la erosión. En conjunto, estos efectos contribuyen a la resiliencia de los agroecosistemas y a su adaptación frente a los desafíos del cambio climático y la variabilidad climática creciente.

Sin embargo, se reconoce que la eficacia de estas estrategias depende del contexto específico en que se implementan, incluyendo las condiciones edafoclimáticas, el tipo de manejo agrícola, la escala de aplicación y el compromiso sostenido en el tiempo. Por ello, es indispensable que las acciones regenerativas estén acompañadas de procesos de formación técnica, planificación agronómica, monitoreo continuo y apoyo institucional, a fin de garantizar su adopción efectiva y duradera.

En suma, la agricultura regenerativa no solo ofrece una alternativa viable al modelo convencional, sino que se perfila como un enfoque transformador para restaurar la funcionalidad ecológica del suelo, asegurar la producción agrícola y conservar los recursos naturales en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Altieri, M. A., Funes-Monzote, F. R., & Petersen, P. (2011). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: Contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0065-6>
- Amelung, W., Bossio, D., de Vries, W., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Amundson, R., ... & Minasny, B. (2020). Towards a global-scale soil climate mitigation strategy. *Nature Communications*, 11, 5427. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18887-7>
- Amundson, R., Berhe, A. A., Hopmans, J. W., Olson, C., Sztein, A. E., & Sparks, D. L. (2015). Soil and human security in the 21st century. *Science*, 348(6235), 1261071. <https://doi.org/10.1126/science.1261071>
- Basche, A. D., & DeLonge, M. S. (2017). The impact of continuous living cover on soil hydrologic properties: A meta-analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 83(3), 974–983. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.03.0077>
- Basche, A. D., Kaspar, T. C., Archontoulis, S. V., Jaynes, D. B., Parkin, T. B., & Miguez, F. E. (2016). Soil water improvements with the long-term use of a winter rye cover crop. *Agricultural Water Management*, 172, 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.006>

- Blanco-Canqui, H., Claassen, M. M., & Presley, D. R. (2012). Summer cover crops fix nitrogen, increase crop yield, and improve soil-crop relationships. *Agronomy Journal*, 107(3), 1–10. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0240>
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., ... & Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8, 2013. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Brennan, E. B., & Boyd, N. S. (2012). Winter cover crop seeding rate and variety affect cover crop biomass and weed density. *Agronomy Journal*, 104(5), 1374–1384.
- Caicedo-Aldaz, J. C., & Herrera-Sánchez, D. J. (2022). El Rol de la Agroecología en el Desarrollo Rural Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 1(2), 1-16. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n2/24>
- Diacono, M., & Montemurro, F. (2012). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(2), 401–422. <https://doi.org/10.1051/agro/2009040>
- Doran, J. W., & Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 3–11. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)
- FAO. (2015). *Status of the World's Soil Resources – Main Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>
- Giller, K. E., Witter, E., Corbeels, M., & Tittonell, P. (2009). Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 261, 108014. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.017>
- Guamán-Rivera, S. A. (2022). Desarrollo de Políticas Agrarias y su Influencia en los Pequeños Agricultores Ecuatorianos. *Revista Científica Zambos*, 1(3), 15-28. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n3/30>
- Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Manchano, C. I. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- Lal, R. (2020). Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(5), 123A–124A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2020.0620A>
- Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Revilla, P., & Domínguez, J. (2012). Short-term effects of organic and inorganic fertilizers on soil microbial community structure and function. *Biology and Fertility of Soils*, 49, 723–733. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0761-7>
- Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 544–553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
- Li, Y., Zhang, Y., Guo, J., Liu, H., & Zhai, P. (2021). Long-term variation of boundary layer height and possible contribution factors: A global analysis. *Science of the Total Environment*, 796, 148950. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.14895>

- Liu, X., Herbert, S. J., Hashemi, A. M., Zhang, X., & Ding, G. (2021). Effects of organic compost amendment on water retention of sandy soils in semi-arid regions. *Catena*, 196, 104899.
- Machmuller, M. B., Kramer, M. G., Cyle, K. T., Hill, N., Hancock, D., & Thompson, A. (2015). Emerging land use practices rapidly increase soil organic matter. *Nature Communications*, 6, 6995. <https://doi.org/10.1038/ncomms7995>
- McDaniel, M. D., Tiemann, L. K., & Grandy, A. S. (2014). Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications*, 24(3), 560–570. <https://doi.org/10.1890/13-0616.1>
- Minasny, B., Malone, B. P., McBratney, A. B., Angers, D. A., Arrouays, D., Chambers, A., ... & Winowiecki, L. (2017). Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*, 292, 59–86. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>
- Montanarella, L., & Vargas, R. (2012). Global governance of soil resources as a necessary condition for sustainable development. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5), 559–564. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.06.007>
- Morgan, R. P. C. (2009). *Soil erosion and conservation* (3rd ed.). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9781118685417>
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., ... & Blair, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267(5201), 1117–1123. <https://doi.org/10.1126/science.267.5201.1117>
- Rhodes, C. J. (2017). The imperative for regenerative agriculture. *Science Progress*, 100(1), 80–129. <https://doi.org/10.3184/003685017X14876775256165>
- Schipanski, M. E., Barbercheck, M., Douglas, M. R., Finney, D. M., Haider, K., Kaye, J. P., ... & White, C. (2014). A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. *Agricultural Systems*, 125, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.11.004>
- Schulte, R. P. O., Creamer, R. E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., & O'hUallachain, D. (2014). Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science & Policy*, 38, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.10.002>
- Smith, R. G., Gross, K. L., & Robertson, G. P. (2008). Effects of crop diversity on agroecosystem function: crop yield response. *Ecosystems*, 11(3), 355–366. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9124-5>
- Tiemann, L. K., Grandy, A. S., Atkinson, E. E., Marin-Spiotta, E., & McDaniel, M. D. (2015). Crop rotational diversity enhances belowground communities and functions in an agroecosystem. *Ecology Letters*, 18(8), 761–771. <https://doi.org/10.1111/ele.12453>