

Artículo de revisión

Agricultura regenerativa y salud del suelo en el altiplano boliviano: revisión sistemática de evidencia, potencial y brechas de investigación

Regenerative Agriculture and Soil Health in the Bolivian Altiplano: A Systematic Review of the Evidence, Potential, and Research Gaps

Agricultura regenerativa e saúde do solo no altiplano boliviano: revisão sistemática de evidências, potencial e lacunas de pesquisa



Teresa Ruiz Diaz¹  , Bernardo Paz Betancourt²  

¹ Doctoranda en Ciencias en la Universidad Juan Misael Saracho, Bolivia

² Investigador Independiente, Bolivia

Recibido: 2026-03-15 / **Aceptado:** 2026-04-20 / **Publicado:** 2026-05-15

RESUMEN

Cada vez crece el interés hacia la agricultura regenerativa, porque se presenta como una forma integral para cuidar el suelo. Permite el equilibrio de los ecosistemas, prestando especial atención a mejorar la vitalidad del suelo, fomenta prácticas para incrementar la materia orgánica y la acción microbiana. Todo esto permite que el suelo retenga mejor tanto nutrientes como agua y minimice el deterioro. Por eso el interés de este estudio: conocer que tanto ha avanzado la ciencia en este tema y si este sistema, que favorece la salud del suelo, el secuestro de carbono, y la resiliencia frente al cambio climático, podría tener un enorme potencial a futuro en las zonas del altiplano boliviano, donde las condiciones son adversas. Siguiendo el protocolo PRISMA se ha examinado publicaciones en bases de datos como ScienceDirect, Google Scholar, Scopus, Dialnet, Web of Science y Semantic Scholar. De un total de 156 trabajos revisados, 74 cumplían los criterios de selección analizados meticulosamente. Los hallazgos evidencian una mejor calidad edáfica, carbono orgánico mayor, mejora la estructura del suelo, promueve la actividad microbiológica, permite retención de nutrientes y agua. De igual manera se notaron ventajas como usar menos fertilizantes y pesticidas, disminuir contaminantes y lograr que los cultivos soporten heladas y sequías. Si bien existen investigaciones importantes e interesantes, se detecta una falta de trabajos en regiones de altura, como el caso del altiplano boliviano. En conclusión, la agricultura regenerativa resulta una alternativa, como aporte a la sostenibilidad productiva en la región, en tanto se realicen investigaciones académicas a corto, mediano y largo plazo.

Palabras clave: agricultura regenerativa; salud del suelo; carbono orgánico del suelo; resiliencia climática; altiplano boliviano

ABSTRACT

Regenerative agriculture is getting attention because it is a great way to protect the soil and make it healthy again. It helps keep the ecosystem in balance by making the soil stronger, which is done by adding organic matter and helping the tiny living things in the soil grow. This helps the soil hold onto nutrients and water better and not get damaged easily. The main goal of this study is to see how much scientists have learned about agriculture and if it can really help the soil, the air and the earth in the Bolivian Altiplano, where the environment is very tough. To do this study researchers looked at a lot of publications from databases like ScienceDirect, Google Scholar and Scopus. They started with 156 studies. Only 74 of them were good enough to be looked at closely. What they found out is that regenerative agriculture makes the soil better, adds organic carbon, makes the soil structure better and helps the tiny living things in the soil grow more. They also found out that regenerative agriculture uses fertilizers and pesticides makes less pollution and helps crops survive the cold and dry weather better. Even though there are some studies on regenerative agriculture there is still not enough research on how it works in high places like the Bolivian Altiplano. So regenerative agriculture seems like an idea that could help the environment and make farming better, in this region but only if scientists keep studying it for a long time.

Regenerative agriculture is a way to make the soil healthy and strong, and it can also help the air and the earth, which is why it is so important to keep learning about regenerative agriculture.

Keywords: regenerative agriculture; soil health; soil organic carbon; climate resilience; bolivian altiplano

RESUMO

O interesse pela agricultura regenerativa cresce cada vez mais, pois ela se apresenta como uma forma integral de cuidar do solo. Permite o equilíbrio dos ecossistemas, dedicando especial atenção à melhoria da vitalidade do solo, promovendo práticas para aumentar a matéria orgânica e a atividade microbiana. Tudo isso possibilita que o solo retenha melhor tanto nutrientes quanto água, além de minimizar sua degradação. Por isso, o interesse deste estudo: conhecer o quanto a ciência avançou nesse tema e verificar se esse sistema, que favorece a saúde do solo, o sequestro de carbono e a resiliência frente às mudanças climáticas, poderia ter um enorme potencial futuro nas regiões do altiplano boliviano, onde as condições são adversas. Seguindo o protocolo PRISMA, foram examinadas publicações em bases de dados como ScienceDirect, Google Scholar, Scopus, Dialnet, Web of Science e Semantic Scholar. De um total de 156 trabalhos revisados, 74 atenderam aos critérios de seleção e foram analisados minuciosamente. Os resultados evidenciam melhor qualidade edáfica, maior teor de carbono orgânico, melhoria da estrutura do solo, promoção da atividade microbiológica e maior retenção de nutrientes e água. Da mesma forma, observaram-se vantagens como o uso reduzido de fertilizantes e pesticidas, a diminuição de contaminantes e a capacidade dos cultivos de resistirem a geadas e secas. Embora existam pesquisas importantes e interessantes, foi identificada uma carência de estudos em regiões de altitude, como é o caso do altiplano boliviano. Conclui-se que a agricultura regenerativa representa uma alternativa como contribuição para a sustentabilidade produtiva da região, desde que sejam realizadas pesquisas acadêmicas de curto, médio e longo prazo.

Palavras-chave: agricultura regenerativa, saúde do solo, carbono orgânico do solo, resiliência climática, altiplano boliviano

Forma sugerida de citar (APA):

Ruiz Diaz, T., & Paz Betancourt, B. (2026). Agricultura regenerativa y salud del suelo en el altiplano boliviano: revisión sistemática de evidencia, potencial y brechas de investigación. *SAGA: Revista Científica Multidisciplinar*, 3(2), 403-415. <https://doi.org/10.63415/saga.v3i2.397>



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0

INTRODUCCIÓN

El desgaste del suelo, o la degradación del suelo, se considera como un problema para quienes intentan mantener una agricultura que puede perdurar en el tiempo sin importar en qué lugar del planeta se encuentren. Sin duda, el enfoque se ha venido usando una agricultura basada sobre todo en el monocultivo, remover el suelo intensivamente y usar cada vez más productos químicos, ha terminado por dejar los campos pobres en materia orgánica, erosionados y con poca vida bajo la superficie (FAO, 2015; Lal, 2004).

Esto no representa solo un problema para las cosechas: también desajusta procesos naturales clave, como capturar o secuestrar carbono, filtrar el agua o resistir los embates del clima. Precisamente por este motivo; es que está tomando fuerza la agricultura regenerativa, como una forma distinta de trabajar en busca de mejorar el suelo,

realizando rotación de cultivos, aplicando prácticas de cobertura vegetal, disminuir la frecuencia de roturación del suelo y abonando el suelo desde una perspectiva más natural.

(Gattinger et al., 2012; Lal, 2015; Oldfield et al., 2019) cercioran que son más frecuentes las fuentes de investigación, donde se confirma que las prácticas de agricultura regenerativa logran aumentar el carbono orgánico del suelo, mejorar su estructura y reducir la dependencia de fertilizantes y pesticidas. En línea con el objetivo 12 del informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas hasta el 2030 (Naciones Unidas 2019), cuando se menciona garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

El altiplano boliviano tiene condiciones de suelo y clima especialmente frágiles. El suelo es superficial, con poca materia orgánica, el clima es muy cambiante y las sequías y heladas son frecuentes, además de precipitaciones

pluviales anuales que no pasan de los 250 mm (Vassas, 2018). Todo esto hace que sea difícil producir en el campo y que el suelo se deteriore con facilidad. Aun así, todavía falta información clara y estudios más completos sobre cómo funcionan estos ecosistemas de altura.

La finalidad de este estudio fue revisar la evidencia científica disponible sobre los efectos de la agricultura regenerativa en la salud del suelo, el almacenamiento de carbono, la lucha contra el cambio climático, la capacidad de recuperación de los cultivos y sus propios sistemas, y la disminución de insumos químicos, poniendo especial atención en la posibilidad de aplicarse en el Altiplano boliviano, señalando los principales vacíos de conocimiento que dificultan su posible incorporación en sistemas agrícolas de altura.

METODOLOGÍA

Se tomaron en cuenta criterios de selección desde la identificación del origen de la Agricultura Regenerativa, discursos a favor y en contra, con la finalidad de comprender los motivos de la degradación del suelo debido a las prácticas convencionales, considerar las posibilidades de una aplicación de forma generalizada o más bien de manera puntual, conocer el gasto inicial que implicaría una posible transición, así como evaluar cuan factibles son las prácticas propuestas dentro de la agricultura regenerativa, si bien la motivación de los beneficios pueden ser positivos a largo plazo; o en situaciones como zonas áridas y semiáridas donde se presentan suelos propensos a una degradación rápida, pueden responder una manera más lenta, pudiendo este elemento ser una causa para desanimar la incorporación de técnicas regenerativas. Si se puede considerar como un paquete integral o más bien debe responder a la evaluación de cada área de producción, considerando las limitaciones y las oportunidades de cada región.

Se llevó a cabo una revisión detallada de la bibliografía disponible, siguiendo los lineamientos propuestos por PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), cuyo uso de esta

metodología permite que la revisión sea rigurosa, transparente y detallada, facilitando la evaluación crítica, la finalidad ha sido ubicar, elegir y examinar investigaciones vinculadas con la agricultura regenerativa, el estado de la salud del suelo y su regeneración, la forma a través de la cual se puede enfrentar el cambio climático, la reducción de insumos químicos y las brechas de conocimiento para potenciar los sistemas de cultivo propios de las zonas altoandinas.

La exploración de los documentos se realizó entre enero y diciembre de 2025, consultando las siguientes fuentes de información:

- Scopus
- Web of Science
- Scielo
- Google Scholar
- Dialnet

Se utilizaron combinaciones de palabras clave en inglés y español mediante operadores booleanos:

- “regenerative agricultura” AND “soil health”
- “soil organic carbon” AND “climate mitigation”
- “high Andean systems” OR “Altiplano”
- “agricultura regenerativa” AND “salud del suelo”
- “sistemas altoandinos” AND “cambio climático”

Criterios de inclusión

- Artículos publicados entre 2000 y 2025.
- Estudios revisados por pares.
- Investigaciones en inglés o español.
- Estudios que evaluaran impactos edáficos, ambientales o productivos.
- Investigaciones desarrolladas en contextos áridos, semiáridos o altoandinos.

Criterios de exclusión

- Documentos sin revisión por pares.
- Estudios sin mediciones edáficas o ambientales verificables.
- Publicaciones exclusivamente divulgativas.
- Artículos duplicados.

Proceso de selección según el esquema PRISMA

Identificación:

- 158 registros encontrados.
- 23 duplicados eliminados

Cribado:

- 135 artículos evaluados
- 34 fueron excluidos por irrelevancia temática

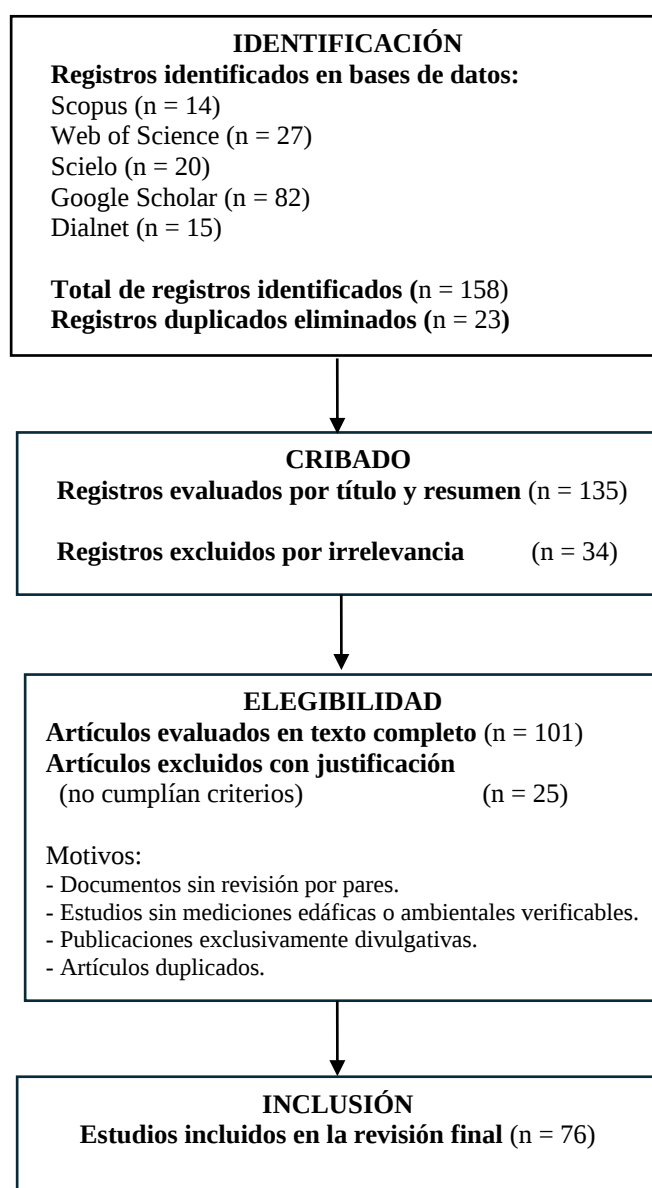
Elegibilidad:

- 101 artículos revisados en texto completo
- 25 estudios fueron excluidos por no cumplir criterios metodológicos; por ser documentos sin revisión de pares; estudios sin mediciones edáficas o ambientales verificables, publicaciones exclusivamente divulgativas y artículos duplicados.

Inclusión:

- 76 estudios cumplieron todos los criterios y fueron incluidos en la síntesis final.

Figura 1
Diagrama PRISMA del proceso de selección de estudios



Fuente: Elaboración propia siguiendo directrices PRISMA.

Sobre la base de la revisión sistemática de la literatura, los hallazgos fueron organizados en cinco categorías analíticas principales: secuestro de carbono, mitigación y adaptación al cambio climático, regeneración de la salud del suelo, reducción del uso de insumos químicos y brechas de conocimiento. La Tabla

1 sintetiza los indicadores más reportados y las tendencias comunes identificadas en los estudios analizados, permitiendo visualizar de manera integrada los principales efectos asociados a la realización de prácticas de agricultura regenerativa en sistemas altoandinos.

Tabla 1
Síntesis de hallazgos sobre la incorporación de agricultura regenerativa en sistemas altoandinos

Categoría (Dimensión)	Indicadores (Qué se midió)	Hallazgos reportados (Qué se encontró)
Secuestro de carbono	Medición de la huella de carbono Reducción de fertilizantes	Zonas áridas y semiáridas el carbono orgánico va en aumento con el tiempo Evitan emisiones de gases Incremento del carbono orgánico del suelo
Cómo enfrentar el cambio climático y adaptarse (Mitigación y adaptación)	Rendimiento con estabilidad Capacidad de retención de agua en el suelo. Soporte (resiliencia) a sequías y heladas Variedad de cultivos	Cosechas más estables de un año a otro; el suelo retiene mejor la humedad; los cultivos se recuperan más rápido después de fenómenos extremos; al diversificar, se corre menos riesgo de perder todo.
Devolver la salud a la tierra (regeneración)	Cantidad de materia orgánica; qué tan estables son los terrones; vida microbiana; qué tan rápido se filtra el agua y cuánta retiene el suelo; qué tan compactado está	Subió el nivel de materia orgánica; el suelo está más firme y se erosiona menos; hay más bichos y actividad biológica; el agua entra mejor y está más disponible; la tierra está menos apretada.
Reducción de agroquímicos	Uso de fertilizantes y plaguicidas reemplazo por productos biológicos; costos de producir	Disminuye de a poco el uso de agroquímicos; incremento del uso de bioinsumos; se depende menos de lo que viene de afuera; los costos bajan con el tiempo.
Brechas de conocimiento	Investigaciones realizadas en el mundo Datos sistémicos que acompañen a políticas públicas.	Deficientes investigaciones en el Altiplano boliviano Zonas potenciales para implementar la agricultura regenerativa mediante la cobertura vegetal y el incremento de materia orgánica.

Nota: Elaboración propia con base a la revisión sistemática de literatura sobre agricultura regenerativa en sistemas altoandinos (criterios de selección y análisis descritos en la sección metodológica).

RESULTADOS

Los estudios seleccionados fueron analizados mediante una síntesis temática, organizándose en cinco categorías: secuestro de carbono, mitigación climática, regeneración de la salud del suelo, reducción de insumos químicos y brechas de conocimiento.

De los trabajos revisados, un 80%, sostienen que la agricultura regenerativa tiene bastante potencial para bajar la marca de carbono que deja la actividad agrícola, se considera por lo tanto que en la medida que suceda más acumulación de carbono orgánico en el suelo, también se logra reducir el uso de fertilizantes y otros plaguicidas.

Por otro lado, de las investigaciones llevadas a cabo en zonas áridas y semiáridas, cerca al 70% de ellas efectuadas en zonas áridas y semiáridas, muestra que, con paso del tiempo, el carbono orgánico del suelo va en

aumento como resultado de la incorporación de ciertos enfoques como los sistemas de rotación, el uso de abonos naturales y cubiertas o coberturas vegetales.

Enfocando en lugares que se parecen al altiplano boliviano, con suelos delicados y un clima que no da tregua, cerca del 60% de la bibliografía indica que el secuestro de carbono es un proceso lento, que se nota más cuando pasan los años. Además, varios estudios coinciden en que, al usar menos fertilizantes nitrogenados de síntesis, se evitan indirectamente emisiones de gases que contribuyen al calentamiento global, especialmente el óxido nitroso.

Rehberger et al. (2023) refieren que la falta de evidencia científica, sobre todo en la cuantificación del secuestro de carbono (medir con precisión cuánto carbono se captura realmente) o de evaluar (evidenciar) qué pasa

con estas prácticas a largo plazo, son una verdadera limitante para avanzar de una manera más precisa. Estas carencias dejan claro que hacen falta investigaciones que combinen experimentos de campo con miradas más adaptadas a cada contexto.

El CO₂ presente en la atmósfera, es fundamental para que las plantas hagan su fotosíntesis. El problema es que sus niveles se han incrementado por la quema de combustibles y por cómo se ha ido modificando el territorio, transformándolo en el principal culpable de que el planeta cada vez esté más caliente. Ante esta situación, la idea de atrapar (capturar) carbono en los suelos de cultivo ha empezado a tomar fuerza como una alternativa real para mitigar el impacto climático tal como menciona cerca del 40% de la literatura consultada. Estos mismos autores indican que es en ese punto que la agricultura regenerativa ingresa como una alternativa, donde se plantea un manejo mucho más integral del suelo, apuntando a incrementar el carbono orgánico con prácticas como rotar los cultivos, mantener los restos vegetales en la superficie, introducir coberturas verdes y labrar lo menos posible. Así se logra que se acumule materia orgánica, que la tierra mejore su estructura y que los procesos biológicos ligados al ciclo del carbono funcionen a la perfección (Sharma et al., 2024).

Reafirmando que la agricultura regenerativa no solo ayuda a disminuir los efectos negativos, sino que también facilita la adaptación. Ayuda a disminuir estos efectos porque impulsa prácticas más limpias y que pueden perdurar en el tiempo, con beneficios que cruzan el límite de lo ambiental con incidencia en la parte social y económica. Facilita la adaptación a zonas afectadas por el cambio climático porque refuerza la capacidad de soportar sequías, sobrellevar las heladas y dar más regularidad a las cosechas. Al final la idea de restaurar el suelo es un camino para mitigar el cambio climático, almacenando carbono en forma de materia orgánica y fijarse de mejor manera.

La agricultura regenerativa usada como una herramienta valiosa, al aplicar en los sistemas

de producción una adecuada diversificación de cultivos, velando por mejores rendimientos, contribuyen a una seguridad alimentaria sostenible, lo que es posible inferir en la reducción del impacto ambiental, como hace referencia (Voisin et al., 2023).

Poder mitigar los efectos del cambio climático, para aumentar la biodiversidad, solventar mejor la vida de los agroecosistemas, potenciar el rendimiento de los cultivos, la agricultura regenerativa es una buena opción, sobre todo para zonas áridas y semiáridas donde se denota que la pérdida de nutrientes del suelo tiene una notable demarcación, lo que inclusive puede inducir de manera acelerada a la desertificación. (Giller et al., 2021; Rhodes, 2017). Aunque aún se evidencia que existen varios estudios que señalan que hay limitaciones serias, sobre todo porque falta de evidencia sólida y porque en climas secos los suelos llevan tiempo para reaccionar cuando se cambian las prácticas (Luján Soto et al., 2021). Dentro lo consultado, para el caso del altiplano boliviano instituciones como CIPCA (2025), han reunido experiencias de manejo sostenible de suelos en pueblos altoandinos, aunque no así a nivel de investigación científica, pero resalta la importancia de introducir algunas prácticas basadas en la Agricultura Regenerativa.

El enfoque de la mitigación al cambio climático, en cuanto al carbono orgánico con la captura de este en el suelo, es una de las posibles soluciones; a la par que reducir los fertilizantes nitrogenados sintéticos puede bajar las emisiones de óxido nitroso. Por otro lado, el hecho de precisar menos insumos de afuera y labrar menos reduce la huella de carbono que deja todo el proceso de producir, transportar y quemar combustible.

Por ello, la agricultura regenerativa se puede considerar como una estrategia de mitigación porque proporciona prácticas sostenibles y ecológicas, dando así beneficios no solo ambientales sino también sociales y económicos; pero va más allá, ya que también se reconoce como una adaptación a la resiliencia a sequías, al manejo de heladas y a una estabilidad productiva; es así que la

regeneración del suelo contribuye directamente a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono en forma de materia orgánica estable.

Tabla 2
Evidencias de agricultura regenerativa en zonas áridas y su aplicabilidad al Altiplano

Autor	Región de estudio	Práctica evaluada	Principales resultados
Rhodes 2017	Zonas áridas	Manejo regenerativo	Incremento biodiversidad y servicios ecosistémicos
Giller et al. 2021	Sistemas semiáridos	Prácticas regenerativas	Mejora productividad y sostenibilidad
Alavi-Murillo et al. 2021	Altiplano boliviano	Manejo tradicional	Mayor materia orgánica y retención de humedad
Briceño 2024	Sistemas de papa altoandinos	Labranza mínima + cobertura	Mejor estructura y menor compactación

Fuente: elaboración propia por medio de la revisión bibliográfica de este artículo.

Uno de los pilares de la agricultura regenerativa es que se comprenda al suelo como un organismo vivo capaz de mantener su actividad biológica, equilibrar los ciclos de nutrientes, sostener la biodiversidad y conservar los procesos ecológicos. Sobre el punto Poliakov, M. (2021), indica que este enfoque no solo ayuda a recuperar el suelo, sino que su fertilidad puede volverse más sostenible, si se combina con prácticas de conservación de suelo, siembra directa, realizando por lo tanto un enfoque orgánico es un buen camino para mitigar los efectos negativos de una agricultura convencional. Estas prácticas sugeridas también por Pérez. C. (2021) deben ser consideradas como una estrategia agrícola orientada a cuidar y reactivar los procesos biológicos del suelo, por lo que considera que la agricultura regenerativa debe ser considerada como un pilar para un futuro sostenible.

También Schreefel et.al. (2020) refiere a la agricultura regenerativa como un enfoque agrícola que toma a la conservación del suelo como punto de partida para su restauración y su contribución a diversos servicios ecosistémicos. Sobre esa misma línea, al hablar de la vitalidad del suelo (Doran & Zeiss, 2000), señala a las propiedades físicas, químicas y biológicas que de manera conjunta hacen que los sistemas agrícolas sean más productivos, tengan sostenibilidad y capaces de soportar mejor las condiciones adversas

El hecho de que el suelo gane estructura y forme agregados más firmes, gracias a que se

remueve menos y se mantiene tapizado con vegetación, aumenta la porosidad, facilita que el agua se infiltre y reduce la erosión (Six et al., 2004). Estos cambios en la estructura vienen acompañados de más biomasa microbiana y mayor actividad biológica, lo que refuerza los ciclos de nutrientes. Además, a mayor contenido de materia orgánica, el suelo tiene la capacidad de retener más humedad, algo vital en zonas donde las lluvias son escasas y desordenadas, dando más herramientas para soportar periodos secos que se prolongan (Lal, 2015).

En los suelos altoandinos, que ya tienen deficiencia de materia orgánica y se van desgastando cada vez más; elevar los niveles de carbono orgánico debe ser una prioridad para los siguientes estudios. Casi un 40% de las investigaciones revisadas muestran que incorporar abonos orgánicos y rotar con leguminosas incrementa concentraciones de carbono en la tierra y mejora la fertilidad química (Gattinger et al., 2012; Oldfield et al., 2019). Recuperar la materia orgánica hace que mejore el intercambio de cationes y que los nutrientes estén más disponibles (Lal, 2004), algo fundamental en terrenos que ya arrastran limitaciones estructurales (Brady & Weil, 2017).

En el altiplano boliviano, hay experiencias que demuestran que estas prácticas contribuyen para mejorar la calidad del suelo y hacer más sostenibles los sistemas productivos. Para poner en contexto, algunos estudios realizados en comunidades

altoandinas han encontrado niveles más altos de materia orgánica y una mejor capacidad para retener humedad en suelos donde se siguen respetando las prácticas tradicionales a pesar de las bajas temperaturas (Alavi-Murillo et al., 2021). Observando también que, en el cultivo de papa, al combinar una labranza mínima con cobertura vegetal y abonos orgánicos, mejora la estructura del suelo y disminuye la compactación (Briceño, 2024), el uso de abonos verdes, por su parte, se perfila como una alternativa con mucho futuro para mantener la fertilidad y la sostenibilidad agrícola en distintas zonas del altiplano.

De la revisión de literatura y lo que han dejado los diferentes estudios, se puede inferir que los principios de la agricultura regenerativa en el altiplano boliviano pueden aportar con una serie de mejoras, para lograr que la tierra esté más sana, que se ponga un freno al cambio climático, que la huella de carbono se reduzca y que dependamos menos de insumos químicos. Todos ellos bajo un enfoque integral, impulsando un cambio hacia formas de cultivar de una manera más sostenible para poder enfrentar de mejor manera a la variabilidad del clima.

Es así, que cerca del 90% de la literatura revisada lleva a pensar que la agricultura regenerativa en el altiplano boliviano puede promover un proceso integral donde el suelo recupere su fertilidad, las emisiones de gases invernadero disminuyen y la capacidad productiva se afiance. Si el suelo tiene más materia orgánica, mejor estructura, más vida y usa el agua de forma más eficiente, esa es la base o el principio ecológico que explica por qué se reduce la huella de carbono y se avance hacia sistemas que dañan menos el entorno.

Como la agricultura regenerativa propone ir reduciendo de manera gradual los fertilizantes y el uso de químicos sintéticos, fortaleciendo procesos biológicos ya existentes en el suelo, entonces los suelos altoandinos, caracterizados por tener poca materia orgánica, son afectados por los cambios climáticos y el hecho de depender tanto de insumos químicos ha ido deteriorando la estructura del suelo, reduciendo su biodiversidad y volviendo los

cultivos más vulnerables a cualquier cambio; por lo que, cuando se logra restaurar el carbono orgánico del suelo, los nutrientes se aprovechan mucho mejor y necesitan menos fertilización química (Lal, 2015).

La idea de dejar de lado los insumos sintéticos se sostiene en incorporar prácticas como abonos verdes, usar compost y manejar las plagas de forma ecológica. Cabe recordar, que las leguminosas utilizadas de manera natural para abono verde ayudan a fijar nitrógeno, además de reciclar nutrientes dentro del mismo sistema, y mejorar así la composición y la estructura del suelo (Drinkwater et al., 1998). De igual manera, incorporando compost es posible incrementar la actividad biológica del suelo, aportando con materia orgánica, lo cual permite aumentar la capacidad de intercambio catiónico, contribuyendo así para que el suelo se mantenga firme (Pimentel D. et al., 2005) y el manejo ecológico de plagas que apuesta a diversificar los cultivos, así como el uso del control biológico, para que el sistema en conjunto se fortalezca (Altieri M., 2018).

En lo que se refiere a los rendimientos, un 30% de los estudios indican que los sistemas que están haciendo el cambio pueden tener alguna disminución del rendimiento inicial, pero con la progresiva incorporación de carbono se estabiliza y terminan siendo más sólidos, resistiendo mejor los fenómenos climáticos extremos y precisando menos insumos químicos (Ponisio et al., 2015). Para el altiplano boliviano, el hecho de que las cosechas no fluctúen tanto de un año a otro y de que disminuya el peligro de perder la producción se vuelve más relevante que buscar el máximo rendimiento en una sola temporada. Investigaciones recientes con papa en Bolivia señalan que el uso de biocompost y microorganismos puede contribuir a recuperar suelos que están sobreexplotados (Franco, Ortuño & Herbas, 2025).

Del 100% de los artículos analizados se observa que cada vez hay más estudios sobre agricultura regenerativa, sin embargo, la información específica para el altiplano boliviano todavía es bastante escasa. Un gran

porcentaje del material publicado se aplica a regiones templadas o tropicales, con suelos y climas muy diferentes a los del altiplano, por ello es que se pueden aplicar esos resultados directamente a sistemas altoandinos, por sus características particulares como: temperaturas bajas, nivel de radiación solar, suelos frágiles y poca retención de humedad.

Una de las deficiencias más grandes de estos estudios es la falta investigaciones hechas en la zona altiplánica. Lo que afirma la bibliografía internacional es que muchos de los beneficios de la agricultura regenerativa, como el aumento del carbono orgánico o la mejora en la estructura del suelo, necesitan demostrarse a largo plazo (Lal, 2015). Pero en los Andes lo que predominan son estudios a corto plazo, que no son conclusivos y no permiten contar con el panorama completo de cómo impactan estas prácticas en la producción y en el ambiente.

Por ello, hay una carencia de indicadores para los sistemas altoandinos; si bien existen

marcos generales para medir la sostenibilidad agrícola (Altieri, M.,2018), no siempre incluyen consideraciones clave para el altiplano, como la capacidad de soportar heladas, cómo se usa el agua en estas zonas semiáridas o qué pasa con el carbono en suelos que son muy superficiales. Como señalan Pretty J. et.al., (2018), para avanzar hacia sistemas sostenibles hacen falta métricas que se ajusten a cada lugar, que mezclen lo productivo, lo ecológico y lo social.

En ese sentido, todo lo que se ha revisado deja claro que urge hacer investigaciones localizadas, que comparen distintas opciones y que se extiendan en el tiempo, a objeto medir si las prácticas regenerativas funcionan en los cultivos importantes para el altiplano boliviano. El hecho de que no haya datos sistemáticos es una gran limitante para poder diseñar políticas públicas y programas que ayuden a dar el salto hacia una agricultura más ecológica en la región.

Tabla 3
Síntesis de evidencia científica sobre agricultura regenerativa y sus impactos en sistemas agro-ecosistémicos comparables al Altiplano boliviano

Categoría (Resultados)	Principales hallazgos de la literatura	Mecanismos ecológicos involucrados	Implicaciones para el Altiplano boliviano	Nivel de evidencia
3.1. Huella de carbono	Reducción de emisiones asociadas a insumos sintéticos y labranza intensiva. Mayor eficiencia energética del sistema.	Menor uso de fertilizantes nitrogenados; reducción de combustibles fósiles; mayor secuestro de C en suelo.	Potencial disminución de emisiones por unidad de superficie y mayor sostenibilidad productiva.	Moderada para el altiplano (mayormente estudios internacionales).
3.2. Mitigación del cambio climático	Incremento del carbono orgánico del suelo en sistemas con enmiendas orgánicas y rotaciones diversificadas.	Secuestro de carbono; reducción de N ₂ O; mejora en eficiencia del uso de nutrientes.	Posiciona a sistemas altoandinos como contribuyentes a estrategias de mitigación climática.	Moderada–alta (metaanálisis y estudios comparativos).
3.3. Regeneración de la salud del suelo	Aumento de materia orgánica, mejora de estructura, mayor actividad biológica y retención hídrica.	Formación de agregados estables; incremento de biomasa microbiana; mejora en capacidad de intercambio catiónico.	Mayor resiliencia frente a sequías y erosión; recuperación funcional de suelos degradados.	Alta en otros contextos; limitada evidencia local.
3.4. Reducción de insumos químicos	Disminución progresiva de fertilizantes y pesticidas mediante abonos verdes, compost y manejo ecológico.	Fijación biológica de N; reciclaje interno de nutrientes; control biológico natural.	Reducción de costos productivos y menor dependencia externa.	Moderada; pocos estudios específicos para altura.
3.5. Limitaciones y brechas	Escasez de estudios locales de largo plazo y falta de indicadores adaptados a sistemas altoandinos.	Limitada validación empírica en condiciones de alta variabilidad climática.	Necesidad de investigación contextualizada y monitoreo a largo plazo.	Baja evidencia específica regional.

Fuente: Elaboración propia resultado de la revisión bibliográfica

La síntesis de resultados evidencia que la agricultura regenerativa muestra consistencia en sus beneficios ecológicos en diversos contextos; sin embargo, en el altiplano boliviano persisten brechas relacionadas con evidencia empírica local y estudios de largo plazo, lo que subraya la necesidad de investigación contextualizada.

Si nos detenemos en evaluar las características variantes del clima del altiplano boliviano, los suelos cada vez más cansados y la dependencia de seguir introduciendo insumos externos, hace que la agricultura regenerativa asoma como una opción que encaja bien, tanto en lo práctico como en lo que pide la naturaleza y con la búsqueda de producciones sostenibles de los ODS (N. Unidas, 2019).

De acuerdo con la recopilación de información, se denota que cuando aumenta la materia orgánica, mejora la consistencia del suelo y retiene más humedad, las cosechas se vuelven más parejas, los cultivos resisten mejor las sequías y las heladas, que en la zona del altiplano boliviano son frecuentes y el hecho de ir reemplazando los químicos no solo hace que los gastos disminuyan con el tiempo, sino que, además, el sistema productivo sea sostenible a largo plazo.

Sin duda que falta bastante por investigar, es necesario realizar trabajos a largo plazo que sigan la evolución y mediciones en el lugar, para respaldar todo esto de manera más cuantitativa que de observación, sin perder de vista las particularidades que caracterizan el altiplano boliviano las cuales fueron señaladas anteriormente. Tomando en cuenta que la diversidad de técnicas propuestas por la agricultura regenerativa; como siembra directa, coberturas vegetales, rotación de cultivos, manejo de nutrientes, la microfauna del suelo (Lal, 2020), también son base de la agroecología y de la agricultura de conservación; por ello que no se puede considerar como un modelo rígido o único, más bien como líneas base que deben ser ajustadas a las diferentes condiciones biológicas, químicas y sociales de cada región.

DISCUSIÓN

A través de la presente revisión se ha constatado el aporte de elementos muy importantes: hay un vínculo claro entre la agricultura regenerativa, la recuperación del suelo y la capacidad de resistir los embates del clima. Sin embargo, se debe tener precaución, porque no podemos tomar estos resultados y extrapolarlos directamente al altiplano boliviano sin detenernos a mirar sus propias características.

Primero que nada, los trabajos internacionales indican que con estas prácticas se consiguen incrementos notables en el carbono orgánico del suelo, en su firmeza y en la actividad de los microorganismos (Gattinger et al., 2012; Lal, 2015). El detalle es que casi toda esa información viene de regiones templadas o tropicales, donde hay más vegetación y los procesos biogeoquímicos se producen a un ritmo diferente. En los sistemas altoandinos, con sus temperaturas frías, poca lluvia y suelos poco desarrollados es muy posible que la ganancia de carbono y la mejora de la estructura sean más lentas y no tan marcadas.

Por otra parte, aunque bastantes investigaciones relacionan la agricultura regenerativa con una mayor regularidad en las cosechas cuando las condiciones se ponen difíciles (Ponisio et al., 2015; Pretty et al., 2018), la realidad es que escasea la información de monitoreo de esos procesos en zonas semiáridas de altura. En el altiplano boliviano, con lo imprevisible de las lluvias y lo común que resultan las heladas, el comportamiento de los cultivos puede variar bastante, por lo que, se necesitan estudios extensos para confirmar si ganan en resiliencia y no miradas de solo un par de ciclos.

Además, otro de los ejes de esta propuesta es recortar el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas. La literatura sostiene que, a la larga, ese giro puede reducir gastos y prescindir cada vez más de insumos que vienen de fuera de la zona (Pimentel et al., 2005), pero en lugares como el altiplano para que este factor prospere como por ejemplo de la realidad de cada productor, si cuentan con

orientación técnica y si consiguen insumos orgánicos en la zona. Por eso, el respaldo institucional y las políticas públicas resultan esenciales para que este viraje en el modelo productivo sea factible.

Algo que se nota con mucha evidencia es que hacen falta indicadores diseñados específicamente para ecosistemas de altura. La mayoría de las herramientas que miden la sostenibilidad consideran aspectos como el rendimiento por hectárea o la cantidad de carbono atrapado, sin embargo, en el altiplano tal vez sea más útil observar otras variables: como los rendimiento máximo y mínimo de cosecha, la cantidad de agua, el daño que sufren los cultivos con las heladas y el riesgo de pérdida de la producción. Esto lleva a pensar a no tener una mirada a la agricultura regenerativa únicamente solo con la idea de lograr el máximo provecho a la tierra; al contrario, más bien darle una mirada más amplia, que las actividades sean sostenibles sin afectar los recursos naturales (Infante, 2016), entendiéndose como un sistema en conjunto de refuerzo.

Hay que tener en cuenta que esta revisión se hizo con la bibliografía que existe hasta ahora, y esa bibliografía no es equilibrada en términos de zonificación ecológica y metodológica: los estudios usan métodos distintos, duran tiempos diferentes y miden aspectos que no siempre coinciden. Toda esa variedad hace más complicado analizar los resultados y compararlos como si fueran todos iguales, y también dificulta sacar números exactos sobre los efectos de la agricultura regenerativa.

Dada la variabilidad del clima en el altiplano con los problemas ecológicos y de manejo inadecuado en la salud del suelo, provocando erosión, pérdida de la materia orgánica y falta de agua, la capacidad de producir de forma estable y la reducción de los riesgos puede ser un elemento más útil que buscar el mejor rendimiento del año. Entonces, pasar a sistemas de bajo impacto no debería medirse solo por lo que se cosecha de inmediato, sino por la sostenibilidad ecológica y económica del sistema. Por eso se necesitan estrategias a medida para sanar y conservar una

productividad que pueda mantenerse en el tiempo.

CONCLUSIONES

En el altiplano boliviano, la agricultura regenerativa es una opción interesante para que los cultivos sean más sostenibles en unos pocos años, sobre todo si se pone énfasis en mejorar la salud del suelo y se promueve el uso de cobertura vegetal, prácticas accesibles para combatir de mejor manera los embates climáticos.

Por lo que se ha observado hasta ahora, cuando se aplica este enfoque, el suelo mejora de manera sustancial, se afianza el nivel de materia orgánica, existe mayor compactación del suelo, la actividad de los microorganismos va en aumento y se logra mayor retención de agua.

Esto nos hace ver que la agricultura regenerativa no solo ayuda a frenar el cambio climático guardando carbono en el suelo, sino que también sirve como una forma práctica de adaptarse al cambio del clima tan común en las zonas altoandinos. Los cultivos soportan mejor las heladas y la falta de lluvia, y además se reduce la huella de carbono ya que queda secuestrado en el suelo.

Al mismo tiempo, la incorporación de una adecuada rotación de cultivos permitirá la reducción gradual de fertilizantes y pesticidas químicos, logrando así un mejor equilibrio ecológico.

Eso sí, todavía no hay suficientes estudios hechos en la región que lo confirmen con datos regionales. Por eso hace falta dedicarle mayores esfuerzos con investigaciones a mediano y largo plazo, que sigan el proceso y permitan constatar si realmente funciona en las condiciones particulares de cada caso. Por todo esto, se podría decir que la agricultura regenerativa aparece como una opción técnicamente viable y estratégica, hacia sistemas de cultivo más resistentes, duraderos y adaptados al cambio climático en zonas de altura.

En conclusión, todo lo examinado respalda que la agricultura regenerativa tiene recorrido

para recuperar el suelo y contribuir con la mitigación del cambio climático. Todavía persisten vacíos importantes de conocimiento experimental en lo que respecta al altiplano; se requieren investigaciones prolongadas, que contrasten distintas alternativas e incorporen análisis económicos y sociales exhaustivos. La propuesta de transitar hacia sistemas regenerativos en el altiplano boliviano debe entenderse como un trayecto que se avanza paso a paso, ajustándose a cada realidad y con el soporte de estudios realizados en el propio territorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altieri, M. A. (2018). *Agroecology: The science of sustainable agriculture* (2nd ed.). CRC Press.
- Alavi-Murillo, G., García, M., Arce, A., & Gilles, J. (2021). Decisiones productivas de los agricultores influenciadas por cambios globales y su impacto en el manejo de suelos. *LEISA Agroecología*.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- Briceño, P. J. (2024). *Agricultura regenerativa en el cultivo de papa: efecto en rendimiento, salud del suelo y huella de carbono en zonas altoandinas* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca.
- CIPCA. (2025). *Agroecología en altura: experiencias de manejo sostenible de suelos en el Altiplano boliviano*. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado.
- Doran, J. W., & Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability. *Soil Science Society of America Journal*, 64(1), 4–11.
- Drinkwater, L. E., Wagoner, P., & Sarrantonio, M. (1998). Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*, 396(6708), 262–265. <https://doi.org/10.1038/24376>
- FAO. (2015). *Status of the world's soil resources*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Franco, J. P., Ortuño, N., & Herbas, J. (2025). Potencial rehabilitación de tierras degradadas mediante biocompostaje e inoculantes microbianos en cultivos de papa en Bolivia. *LEISA Agroecología*.
- Gattinger, A., Müller, A., Haeni, M., et al. (2012). Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(44), 18226–18231. <https://doi.org/10.1073/pnas.1209429109>
- Giller, K. E., Hijbeek, R., Andersson, J. A., & Sumberg, J. (2021). Regenerative agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, 50(1), 13–25. <https://doi.org/10.1177/0030727021998063>
- Infante A. 2016. *Manual de producción agroecológica*. Centro de Educación y Tecnología www.corporacioncet.cl. Chile.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1–2), 1–22.
- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875–5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
- Luján Soto, R., Martínez-Mena, M., Almagro, M., & García-Franco, N. (2021). A review of soil organic carbon sequestration in Mediterranean agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 319, 107541.
- Naciones Unidas. (2019). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019_Spanish.pdf
- Oldfield, E. E., Bradford, M. A., & Wood, S. A. (2019). Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *SOIL*, 5(1), 15–32. <https://doi.org/10.5194/soil-5-15-2019>
- Pérez, C. (2021). *Agricultura regenerativa: Aliada para un futuro sostenible*. Revista de Investigaciones Agropecuarias.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., & Seidel, R. (2005). Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioScience*, 55(7), 573–582.
- Ponisio, L. C., M'Gonigle, L. K., Mace, K. C., et al. (2015). Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B*, 282(1799), 20141396.
- Polyakov, M. (2021). *Agricultura Regenerativa Para La Sostenibilidad Del Suelo*.

- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., et al. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441–446.
- Rehberger, E. et.al. (2023). What climate and environmental benefits of regenerative agriculture practices? .DOI. 10.1088/2515-7620/acd6dc. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Rhodes, C. J. (2017). The imperative for regenerative agriculture. *Science Progress*, 100(1), 80–129. <https://doi.org/10.3184/003685017X14876775256165>
- Schreefel, L. et.al. (2020). Regenerative agriculture – the soil is the base. Doi. 10.1016/j.gfs.2020.100404. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912420300584>
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., & Denef, K. (2004). A history of research on soil aggregates and organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*, 79(1), 7–31.
- Sharma, S., et al. (2024). Carbon sequestration in agricultural soils: Strategies for climate change mitigation. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- Vassas, A. (2018). Partir y cultivar; auge de la quinua, movilidad y recomposiciones rurales en Bolivia. Open Edition Books.
- Voisin et.al., (2023). Los pormenores: comprender el uso de insumos en la agricultura regenerativa: una revisión exploratoria. Cambridge University Press (CUP). DOI 10.1017/s0029665123001106.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.



DERECHOS DE AUTOR

Ruiz Diaz, T., & Paz Betancourt, B. (2026)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0, que permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.



El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en esta publicación es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la revista.