



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Estrategias para la Conservación de la Salud del Suelo: Una
Revisión Sistemática.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Acosta Inocencio, Nicolle Jazminne (orcid.org/0000-0002-0684-8649)

Ari Acero, Valery Kelly (orcid.org/0000-0003-3155-1879)

ASESOR:

MSc. Solorzano Acosta, Richard Andi (orcid.org/0000-0003-3248-046X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA — PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi padre, por ser mi motivo de superación constante y a mi tía por ser mi compañera, mi guía y ejemplo a seguir. A mi madre y abuelos por haberme apoyado incondicionalmente y ser mi fortaleza para continuar.

**Nicolle Jazminne Acosta
Inocencio**

A mis padres por ser mi principal motivación en mi día a día.

A mis hermanos: Andre, Mayra, y Luis por ser mi mayor ejemplo a seguir.

A mis papitos que desde el cielo me cuidan e interceden por mí.

Valery Kelly Ari Acero

Agradecimiento

A Dios, por permitirme alcanzar cada uno de mis objetivos. A la Universidad César Vallejo por darme la oportunidad de culminar con éxito la presente tesis. A los docentes y profesionales quienes con su apoyo y conocimiento hicieron posible la culminación de esta etapa de mi vida profesional.

**Nicolle Jazminne Acosta
Inocencio**

A Dios, por permitirme cumplir con mis objetivos.

A mis padres por creer siempre en mí, por su apoyo incondicional y por los valores inculcados.

A mis hermanos: Andre, Mayra y Luis por siempre estar para mí y su apoyo invaluable a lo largo de estos años.

A la Universidad César Vallejo por la oportunidad en el proceso de titulación.

Al asesor y docentes que fueron parte de mi formación.

Valery Kelly Ari Acero

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización	9
3.3. Escenario de estudio	10
3.4. Participantes	10
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
3.6. Procedimiento	10
3.7. Rigor científico	12
3.8. Método de análisis	12
3.9. Aspectos éticos	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1. Estrategias físicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo	14
4.2. Estrategias químicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo	23
4.3. Estrategias biológicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo	31
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	40

REFERENCIAS

41

ANEXOS

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Indicadores de la salud del suelo</i>	4
Tabla 2: <i>Estrategias físicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo</i>	17
Tabla 3: <i>Estrategias químicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo</i>	25
Tabla 4: <i>Estrategias biológicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo</i>	33

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: *Resumen de criterios de búsqueda*

11

RESUMEN

La salud del suelo mantiene la productividad agrícola; sin embargo, las estrategias de su conservación son diversas e incluyen prácticas cuya adopción no es muy difundida, probablemente por desconocimiento. Las estrategias para la conservación de la salud del suelo son muy amplias y se encuentran reportadas en forma dispersa en la literatura científica. En base a lo mencionado, se planteó describir las estrategias utilizadas para la conservación de la salud del suelo. Se buscó, seleccionó y sistematizó la literatura científica existente sobre las estrategias para la conservación de la salud del suelo con el fin de recoger datos e información de las investigaciones seleccionadas. Para la búsqueda de información se emplearon palabras claves tales como “Soil health”, “soil health strategies” “soil health indicators” en las bases de datos Scopus, Science Direct, Scielo, Springer y Elsevier. Se seleccionaron artículos desde el año 2016 en que se encontró registro de investigaciones acerca de las estrategias para la conservación de la salud del suelo; además que estuviesen publicados en los idiomas inglés y español y que se tuviese acceso completo al documento. Para la sistematización de la información se empleó una serie de categorías previamente establecidas en una matriz apriorística respecto de los objetivos de la investigación. Los resultados se obtuvieron por medio del análisis respectivo a partir de 84 artículos que proporcionaron información para determinar y describir las estrategias físicas, químicas y biológicas más relevantes. En cuanto a las estrategias físicas se sistematizó 33 artículos, 26 artículos para las estrategias químicas y 25 artículos para las estrategias biológicas. La estrategia física más relevante fue el sistema de labranza cero junto a las prácticas de cultivos de cobertura y rotaciones de cultivo. El manejo equilibrado e integrado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos se consideró como la estrategia química más relevante para mantener la salud del suelo. La estrategia de comunidades microbianas, destaca entre las estrategias biológicas. Los cultivos y ecosistemas donde más se emplearon las estrategias fueron el arroz, trigo, maíz, pastizales, leguminosas y comunidades microbianas.

Palabras claves: *Salud del suelo, estrategias de salud del suelo , indicadores de salud del suelo*

ABSTRACT

Soil health maintains agricultural productivity; however, conservation strategies are diverse and include practices that are not widely adopted, probably due to lack of knowledge. The strategies for the conservation of soil health are very broad and are reported sparsely in the scientific literature. Based on the above, it is proposed to describe the strategies used for the conservation of soil health. The existing scientific literature on strategies for the conservation of soil health was searched, selected and systematized in order to collect data and information from the selected investigations. To search for information, keywords such as "Soil health", "soil health strategies" "soil health indicators" were used in the Scopus, Science Direct, Scielo, Springer and Elsevier databases. Articles were selected from the year 2016 in which research records were found about strategies for the conservation of soil health; also, that they were published in the English and Spanish languages and that there was full access to the document. For the systematization of the information, a series of categories previously established in an a priori matrix regarding the objectives of the investigation were used. The results were obtained through the respective analysis from 84 articles that provided information to determine and describe the most relevant physical, chemical and biological strategies. Regarding physical strategies, 33 articles were systematized, 26 articles for chemical strategies and 25 articles for biological strategies. The most relevant physical strategy was the zero-tillage system together with the practices of cover crops and crop rotations. The balanced and integrated management of organic and inorganic fertilizers was considered the most relevant chemical strategy to maintain soil health. The microbial community strategy stands out among the biological strategies. The crops and ecosystems where the strategies were most used were rice, wheat, corn, grasslands, legumes and microbial communities.

Keywords: *Soil health, soil health strategies , soil health indicators.*

I. INTRODUCCIÓN

El suelo se reconoce cada vez más como un importante activo natural no renovable que debe gestionarse adecuadamente para garantizar el desarrollo sostenible (Ngosong et al., 2019). Además, los ecosistemas basados en el suelo tienen un papel vital en la preservación del estado del suelo, las funciones del ecosistema y la productividad de los cultivos (Lal et al., 2019). El deterioro de la calidad del suelo es uno de los principales efectos de la contaminación ambiental, caracterizada por deficiencias de nutrientes y la presencia simultánea de sustancias tóxicas en los sistemas agrícolas sobre todo (Alam et al., 2020).

En este sentido, la salud del suelo, que es un indicador de la calidad del mismo, cumple un rol fundamental en la productividad agrícola, la calidad de los alimentos, la resiliencia ambiental y la sostenibilidad del ecosistema (Stevens, 2018), por lo que la salud del suelo como indicador determina la capacidad del suelo para soportar la vida, resistir el estrés ambiental y servir como un componente esencial de los ecosistemas resilientes (Cooper et al., 2020).

Dado el importante papel que desempeña la salud del suelo en el mantenimiento de la productividad agrícola y la mejora del almacenamiento de carbono, existe un gran interés en impulsar las decisiones, prácticas y sistemas de producción de gestión agrícola para ayudar a mantener o mejorar la salud del suelo (Derner et al., 2018).

Las estrategias de conservación son diversas e incluyen prácticas tales como cultivos de cobertura, manejo de residuos y labranza cero, rotación de cultivos, cultivos de conservación y manejo de nutrientes; la adopción de estas medidas de protección de la tierra por parte de los agricultores no es muy amplia probablemente por desconocimiento o implicancias económicas (Singh et al., 2021). En todo caso el concepto de salud del suelo es muy amplio, así como sus indicadores por lo que las estrategias también se encuentran reportadas en forma dispersa en la literatura científica.

En base a lo mencionado, se plantea el siguiente problema general ¿Cuáles son las estrategias utilizadas para la conservación de la salud del suelo? Y como objetivo general: Describir las estrategias utilizadas para la conservación de la salud del suelo.

La importancia de la presente investigación es a nivel social porque se dará a conocer a la sociedad la importancia de sintetizar y describir las estrategias que son utilizadas para la conservación de la salud del suelo. A nivel ambiental debido a que, la salud del suelo determina la calidad del medio ambiente, por lo tanto, la salud de plantas, animales y humanos, que son perjudicadas por el desorden de las actividades agrícolas y mal manejo de agentes químicos, donde las diferentes estrategias empleadas contribuyen a la calidad del suelo.

Esta investigación se enfocará en una revisión de literatura científica sobre temas relacionados con las estrategias para conservar la salud del suelo, para lo cual se recolectó toda la información existente y se resume por medio de tablas y gráficos como estrategias que sistematizan la información para futuras investigaciones y aplicaciones directas.

II. MARCO TEÓRICO

La salud del suelo es un concepto actual que implica la medición de diversos indicadores que denotan la capacidad productiva de este recurso y la capacidad de regenerarse de los contaminantes que en él recaen (Rincón y Muñoz, 2005 y Lal et al., 2019); como se sabe, el suelo es un cuerpo natural de gran importancia que proporciona servicios ambientales, almacena y transmite agua que permite el crecimiento de las plantas, retiene nutrientes, del mismo modo, es el hábitat de organismos como bacterias, hongos, nematodos, etc. (Montaño et al., 2018).

Arias et al. (2005) definen la salud del suelo como el conjunto de propiedades biológicas, químicas y físicas requeridas para una productividad agrícola sostenible a largo plazo con un impacto ambiental mínimo. Asimismo, Yang et al. (2020) establecen que la salud del suelo es la capacidad que este tiene para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas, mejorando así la sostenibilidad ambiental y la salud humana en todo el mundo, además mantiene la productividad de cultivos y animales.

En ese sentido Moebius-Clune et al. (2017) en su manual refieren que un suelo saludable presenta las siguientes características:

- Buena estructura con materia orgánica idónea para una buena producción de cultivos debido a una buena labranza. Asimismo, contar con una profundidad suficiente que permita a sus raíces absorber adecuadamente los nutrientes y agua.
- Buen sistema de almacenamiento de agua y drenaje para que durante las épocas secas las plantas tengan de donde absorber agua.
- Suministro adecuado y equilibrado de nutrientes, ya que, si presenta un exceso de nutrientes, puede dar pase a un proceso de lixiviación y posible contaminación de las aguas subterráneas, toxicidad para las plantas y microorganismos.

- Poca presencia de patógenos y plagas de insectos, esto refiere a que las plantas sanas son más capaces de defenderse de las plagas y elevada presencia de organismos benéficos, importante para el funcionamiento del suelo debido a que ayuda con el ciclo de nutrientes, descomposición orgánica, mantener la estructura del suelo y suprimir biológicamente las plagas de las plantas.
- Resistentes a la degradación, debido a que presentan una comunidad diversa de organismos más resistentes como la erosión por el viento y la lluvia, sequía extrema, brotes de enfermedades, entre otros eventos adversos. Por último, el suelo saludable es capaz de recuperarse más rápidamente después de un evento negativo.

Dada la importancia de la salud del suelo, Arias (2005) determina que no se puede medir de manera directa la salud del suelo. Sin embargo, se puede determinar midiendo las características específicas del suelo como físicas, químicas y biológicas, considerando a estos indicadores tales como: la textura, la dureza de la superficie, la capacidad de retención de agua, los agregados estables al agua, la materia orgánica, pH, la proteína, la respiración del suelo, el carbón activo y el análisis estándar de nutrientes (Mann et al., 2019). También se consideran indicadores a poblaciones de hongos, bacterias, nematodos y otros organismos (Sánchez-Moreno y Talavera, 2013 y Lu et al., 2020). Para un mayor entendimiento a continuación se muestran los indicadores de la salud del suelo en la Tabla 1.

Tabla 1

Indicadores de la salud del suelo

Físicos	Químicos	Biológicos
Dureza	Contenido de fósforos	Población de nematodos
Capacidad de infiltración	Nitrógeno	Tasa de respiración microbiana
Capacidad de retención de agua	Potasio	Proteínas del suelo
Porosidad	pH	Comunidades bacterianas
Densidad	Contenido de metales pesados	Actividades enzimáticas
Textura	Intercambio catiónico	
	Conductividad eléctrica.	

En este sentido, se busca conservar la salud del suelo como un concepto amplio, por lo que su conservación va mucho más allá de solo su manejo, es por ello que se incluyen el uso de algunas técnicas asociadas a la labranza de la tierra, a la capacidad y potencial biótico y otras técnicas que puedan mantener estables a los ecosistemas o al menos asemejarse a las condiciones naturales (Magdoff, 2001).

Para mantener la salud del suelo algunos autores han propuesto estrategias que en algunos casos ya se venían utilizando y eran propias de la labranza del suelo tal como lo afirman Cano et al. (2018) en su artículo científico que la práctica de labranza de conservación del cultivo se utiliza para manejar y conservar el suelo bajo diferentes escenarios de manejo del suelo, tipo de suelo y condiciones climáticas. Así mismo, el uso de las enmiendas orgánicas como el compostaje, se considerada como una de las mejores estrategias para convertir la biomasa de las fuentes alternativas disponibles en productos ricos en nutrientes para las plantas, debido a que influye en sus propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo, mejorando directa o indirectamente la salud del suelo, el estado de la materia orgánica y la productividad de los cultivos (Indoria et al., 2018).

Otra estrategia a considerar es el manejo de nutrientes que según Antil y Raj (2019) definen que está diseñado para conservar la salud del suelo y adecuada disponibilidad de nutrientes para las plantas, manteniendo así la productividad de los cultivos.

Asimismo, la estrategia uso de acolchados, constituyen una alternativa a los métodos tradicionales de control de malas hierbas, mejorando la productividad del cultivo, temperatura del suelo, disminución de la evaporación de agua del suelo, entre otros. Pueden ser orgánicos o inorgánicos (Zribi et al., 2011).

También existen otras técnicas más actuales basadas en aumentar la diversidad biológica como se puede mencionar a algunas bacterias promotoras del crecimiento de plantas tolerantes a la sal (ST-PGPB) mejoran el crecimiento de los cultivos y reducen los impactos negativos del estrés salino mediante la regulación de algunas

características bioquímicas, fisiológicas y moleculares (Kumar et al., 2021).

Por otro lado, el uso de las comunidades microbianas y las características moleculares a nivel de la comunidad pueden explotarse como indicadores de "biomarcadores" de los procesos del ecosistema y así evaluar la salud del suelo (Shi et al., 2021).

Otra de las estrategias a considerar es el vermicompost, según Huanay (2022) et al. La definen como un proceso que incluye la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) que acelera los cambios en los residuos orgánicos por lo que estimula los procesos de humificación y mineralización, dando como resultado un producto final maduro, estable y rico en Ca, P, N, K y Mg.

En otro ámbito, también destaca la nanotecnología en el área de la agricultura, la producción científica es evidente, concentrándose en nano-agroquímicos, desde nanoplaguicidas hasta nanofertilizantes (Gobinath et al., 2019). Según Lira (2018) la nanotecnología proporciona las herramientas para detectar rápidamente plagas y enfermedades en los cultivos, además ayuda a mejorar la capacidad de las plantas para absorber nutrientes, crecer más rápido y generar mejores rendimientos.

Estas estrategias postulan que, si se mantienen rangos apropiados de cada uno de sus indicadores, la salud del suelo podrá mantener al máximo la producción y explotación sin causar impactos ambientales que puedan deteriorar estos usos.

Al respecto, diversos autores explican las estrategias empleadas durante los últimos años, cómo se recopila a continuación tras una revisión de los principales antecedentes:

Rafiq et al. (2020), determinaron el efecto del biocarbón de cáscara de arroz solo y en combinación con dosis altas y bajas de fertilizante NPK en la productividad de los prados alpinos, la diversidad microbiana del suelo, así como el pH, el carbono y contenido de nitrógeno a 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad, como indicadores de la salud del suelo. Los resultados mostraron que la aplicación de biocarbón en

combinación con N, P y K tuvo un aumento significativo en la biomasa fresca y seca durante el segundo y tercer año del estudio en comparación con el control y la aplicación de biocarbón solo ($p \leq 0,05$), por lo que concluyeron que el biocarbón tiene un impacto positivo en el crecimiento de las praderas alpinas y la salud del suelo además de ser una herramienta eficaz para la restauración de las praderas.

Asimismo, Leomo et al. (2018), analizaron la efectividad de los cultivos de cobertura terrestre y las rizobacterias como fitorremediadores para mejorar la salud del suelo de los suelos de ex-minería de níquel. El estudio utilizó un diseño de bloques al azar (RBD). El primer factor fue la aplicación de rizobacterias, consistió en dos tratamientos, sin rizobacterias (R0) y con tratamiento con rizobacterias (R1). El segundo factor fue el tipo de cultivo de cobertura del suelo, que fue *Centrosema pubescens Benth* (C1), *Calopogonium mucunoides* (C2), *Arachis pintoii* (C3) y *Eleusine indica* (C4). El resultado mostró que la aplicación de rizobacterias en diferentes cultivos de cobertura en suelo de minería de níquel ha mejorado la fertilidad del suelo. Las propiedades físicas y químicas del suelo mejoraron, incluido un aumento en el contenido de agua del suelo, el carbono orgánico del suelo, el nitrógeno total y la capacidad de intercambio catiónico. Se concluye que el estudio mostró la disminución de la permeabilidad del suelo de un nivel extremadamente alto a un nivel muy alto.

También Bhandari et al. (2020), evaluaron el valor de intercalar alfalfa en pasto Old World bluestem (OWB) establecido para mejorar la salud del suelo del pasto en relación con OWB cultivado en un rodal de monocultivo. Evaluaron las propiedades microbianas y químicas del suelo tomadas a 0-10 cm en marzo de 2019 de OWB y OWB-alfalfa como información preliminar para comprender el papel potencial de la alfalfa en la mejora de la salud del suelo. Los resultados mostraron que los tratamientos de forraje no fueron significativos para los ésteres metílicos de ácidos grasos totales (FAME), hongos micorrizas arbusculares (AMF) y protozoos, pero OWB-alfalfa tuvo mayores abundancias. Los hongos saprofitos fueron mayores en el suelo bajo OWB-alfalfa ($P = 0.048$) en comparación con el suelo bajo OWB. Los marcadores bacterianos para Gram+, Gram- y actinobacterias no fueron significativamente diferentes. Concluyó que el OWB-alfalfa es una combinación

prometedora de especies forrajeras para estimular la salud del suelo de los pastos a través de una mayor biomasa microbiana del suelo y poblaciones de hongos.

En general como se muestra en los antecedentes las estrategias son variadas y la eficiencia y evidencia de las mismas sobre la salud del suelo, contundentes.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Es una investigación básica porque tiene como objetivo ampliar los conocimientos de un determinado tema a través de una recopilación de artículos y con ello brindar un aporte a la sociedad (González, 2004).

Es una revisión sistemática porque se ha revisado, analizado y sintetizado la literatura científica existente sobre las estrategias para la conservación de la salud del suelo, formulando una pregunta clara y objetiva con el fin de recolectar datos e información de diversas investigaciones para sus resultados (Sánchez, 2010).

Diseño de investigación: Es descriptiva porque se abordó la sucesión de hechos, situaciones, fenómenos, procesos y eventos (Escudero y Cortez, 2018). Asimismo, se recopilaron datos de los acontecimientos para ser descritos, analizados y sintetizados (Salgado, 2007).

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

Para este tipo de investigación las categorías y subcategorías fueron apriorísticas, según Cabrera (2005) refiere que se desarrollan antes del proceso de recopilación de información y que pueden ser modificadas desde el levantamiento de referenciales a partir de la propia investigación (Anexo 1).

En función a ello se inició con la formulación del problema, seguidamente del objetivo general, luego las categorías y subcategorías.

Problema General : ¿Cuáles son las estrategias utilizadas para la conservación de la salud del suelo?

Objetivo General : Describir las estrategias utilizadas para la conservación de la salud del suelo.

3.3. Escenario de estudio

La investigación cualitativa se basó en principios teóricos, utilizando métodos de recolección de datos de autores que han trabajado en la investigación, además, se utilizó referencias de todas las fuentes obtenidas durante la investigación (Ñaupas et al., 2018). Así mismo, Hernández, Fernández y Baptista (2014), afirman que el escenario de estudio es el lugar o ambiente donde se producirán los hechos suscitados por la realidad problemática. Por lo tanto, teniendo en cuenta y precisando que el proyecto de investigación por ser de revisión sistemática se relata como escenario de estudio a las fuentes literarias a nivel mundial relacionadas con estrategias para la conservación de la salud del suelo.

3.4. Participantes

Los participantes de la investigación estuvieron constituidos por las bases de datos: ScienceDirect, Elsevier, Scopus, Scielo, Springer y Taylor & Francis Group.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó fue la técnica de análisis de documentos que, según Dulzaides y Molina (2004) es una técnica para investigar, analizar y sintetizar toda información de diferentes literaturas científicas de manera estandarizada y sistemática.

El instrumento que se empleó, basado en la matriz apriorística, fue un formulario de análisis de contenido para la recolección de la información en la investigación cualitativa de los artículos indexados ligados al tema de investigación (Escudero y Cortez, 2017). Además, los artículos revisados están dentro del periodo 2016 al 2022.

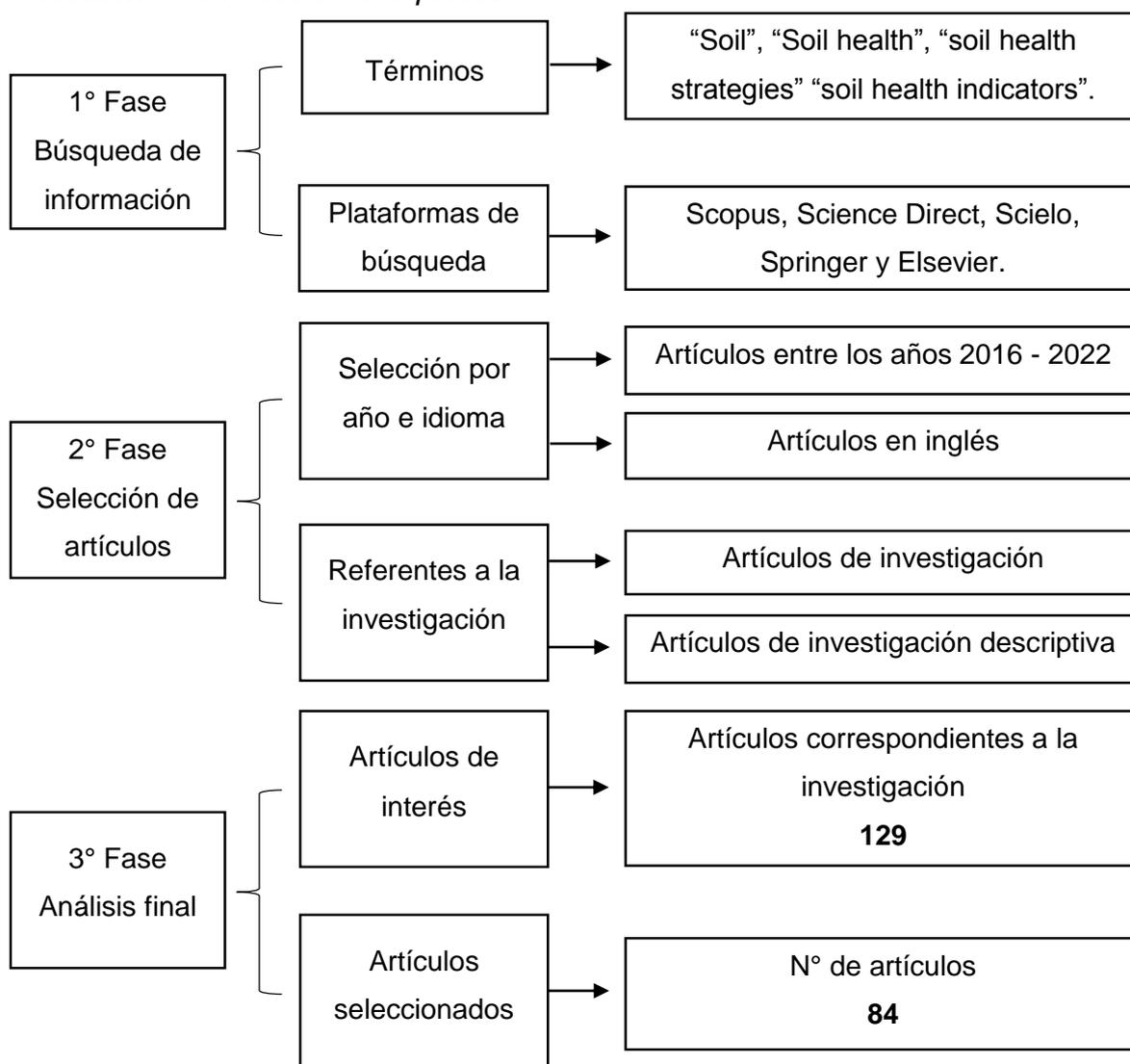
3.6. Procedimiento

La búsqueda de información se desarrolló en tres fases tal como se muestra en la Figura 1. Teniendo en cuenta como primera fase la búsqueda de

información, utilizando palabras claves tales como “Soil health”, “soil health strategies” “soil health indicators” en las bases de datos Scopus, Science Direct, Scielo, Springer y Elsevier, para la segunda fase se seleccionó artículos empleando criterios de inclusión y exclusión como el año, idioma y el acceso a la información, tomando en cuenta desde el año 2016 hasta el 2022, los idiomas inglés y español y el acceso completo al documento. Finalmente, en la tercera fase se sistematizó los artículos de interés con las categorías establecidas de la matriz apriorística, teniendo como resultado 84 artículos seleccionados.

Figura 1

Resumen de criterios de búsqueda.



Fuente: Elaboración propia

3.7. Rigor científico

Se demostró la validez y autenticidad, asociadas al rigor científico, al momento en el que se realizó las evaluaciones de consistencia y confiabilidad de investigación, se recuperó y analizo información en un orden razonable para compararla con otros autores.

Además, según Castillo y Vásquez (2003) se consideraron 3 criterios para evaluar el rigor científico:

- La credibilidad se logra cuando las informaciones obtenidas de las investigaciones son verdaderas y reales por las personas que contribuyeron y/o experimentaron referente a un tema en específico.
- La confirmabilidad es cuando otro investigador puede hacer hallazgos similares bajo la guía del investigador original, es decir, se refiere a la parcialidad en el análisis o interpretación de la información
- La transferibilidad consiste en la posibilidad de poder transferir los resultados en otras investigaciones.

3.8. Método de análisis

El método de análisis que se realizó fue a través de la matriz apriorística, la cual fue capaz de recopilar y analizar la información, dividiéndose en categorías y subcategorías para sintetizar una revisión sistemática referente a las estrategias utilizadas para la conservación de la salud del suelo.

3.9. Aspectos éticos

En la presente investigación los aspectos éticos que se tomó en cuenta fue realizar las citas de fuentes auténticas, como artículos y revistas donde se cumplió con el parafraseo y se respetaron las ideas del investigador original.

Asimismo, la referencia bibliográfica se trabajó según el modelo de APA de la Universidad César Vallejo. De igual forma los resultados son respaldados por estándares científicos rigurosos que serán consistentes y, en última instancia,

consistentes con los objetivos del contenido de la investigación, incluidas las categorías y subcategorías relacionadas con el proyecto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que, las estrategias para la conservación de la salud del suelo son diversas y el concepto de salud del suelo es muy amplio, se describieron las estrategias utilizadas para la conservación de la salud del suelo mediante la clasificación de estrategias físicas, químicas y biológicas, las cuales fueron identificadas, analizadas y sistematizadas. Los resultados se obtuvieron en base al análisis de 84 artículos que proporcionaron información, la cual permitió determinar y describir las estrategias físicas, químicas y biológicas más relevantes. En cuanto a las estrategias físicas se sistematizó 33 artículos, 26 artículos para las estrategias químicas y 25 artículos para las estrategias biológicas.

4.1. Estrategias físicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo

Respecto a las estrategias físicas, según Hermans et al. (2021), los desafíos de la degradación del suelo y el cambio climático han llevado al surgimiento de la agricultura de conservación debido a los impactos positivos de esta práctica en la salud del suelo. Es por ello que se han desarrollado técnicas, tales como los sistemas de labranza cero, cuyo rendimiento puede mejorarse mediante la integración de prácticas de conservación adicionales, como cultivos de cobertura y rotaciones de cultivo que mejoran el carbono orgánico del suelo (COS), que a su vez mejora la salud y la sostenibilidad del suelo, así mismo, ayuda al control de las malezas, estabilidad de los agregados del suelo, infiltración, densidad aparente del suelo, además, esta estrategia puede ser viable a largo plazo en regiones templadas (Wulanningtyas et al., 2021; Jian et al., 2020; Osterholz et al., 2020; Jemison et al., 2019 y Nunes et al., 2018).

Por otro lado, los efectos antropogénicos en los suelos son evidentes desde el inicio de la agricultura hace 6000 años, al igual que la enmienda para contrarrestar sus efectos (Gron et al., 2021).

Algunos agentes físicos se han incorporado al suelo, como las enmiendas, en la que se destaca el uso de biochar que es producido a partir de materia vegetal y aplicado al suelo se ha vuelto cada vez más reconocido para abordar múltiples

preocupaciones contemporáneas, como la productividad agrícola y la mejora del ecosistema contaminado, principalmente al eliminar el dióxido de carbono de la atmósfera y mejorar la salud del suelo, además de minimizar el riesgo de erosión (Kannan et al., 2020; Lu et al., 2020; Rafiq et al., 2020; Rajalakshmi, 2020; Alam et al., 2020; Guo et al., 2020; Lal et al., 2019 y Rafiq et al., 2017).

Del mismo modo, la estrategia empleando materiales acolchados en suelos agrícolas presenta un efecto positivo en el rendimiento, evita que el agua se evapore del suelo, manteniendo las condiciones óptimas de humedad y temperatura en el suelo (Ngosong et al., 2019; Verma et al., 2017 y Manna et al., 2018).

En otro ámbito, el uso generalizado de la nanotecnología ha aumentado la liberación de nanopartículas metálicas (MNP) al medio ambiente, que en su mayoría son de ingeniería. El suelo agrícola es uno de los sumideros más importantes de las MNP. Si bien numerosos estudios se han centrado en comprender la fitotoxicidad de las MNP y el alcance y las vías de su acumulación en las plantas, los impactos de las MNP en la salud del suelo solo están recibiendo atención recientemente (Sun et al., 2020).

La nanotecnología es una tecnología novedosa que está surgiendo actualmente y que pronto podrá utilizarse en todas las ramas de la agricultura. Ha habido un gran interés en el uso de nanomateriales en la producción de cultivos y la agricultura basada en la protección de cultivos. Sin embargo, la investigación existente revela que la respuesta mixta de la exposición a nanopartículas en plantas, microbios y suelo comienza desde un mayor rendimiento de los cultivos hasta la alteración genética. El rápido desarrollo de la nanotecnología en el sector agrícola podría conducir a la liberación de una gran cantidad de nanopartículas diseñadas, que pueden causar efectos adversos en el medio ambiente del suelo (Bandeppa et al., 2019).

En relación a los estudios que han sido realizados por diversos investigadores respecto a las estrategias físicas, muestran mayormente investigaciones en cultivos o ecosistemas son en arroz, maíz, y trigo, así mismo, en leguminosas, mejorando en la germinación de las semillas, aumentó foliar y altura de la planta (Gron et al.,

2021; Battaglia et al., 2020; Wulanningtyas et al., 2021; Yang et al., 2020; Lu et al., 2020; Firth et al., 2020; Jian et al., 2020; Jemison et al., 2019; Lal et al., 2019; Nunes et al., 2018; Khati, et al., 2017 y Sarkar et al., 2017). Así mismo, también fueron empleadas en pastos, mejorando la calidad su calidad y ciclo de nutrientes (Li et al., 2021; Rafiq et al., 2020; Manna et al., 2018; Romano, et al., 2017; Rafiq et al., 2017 y Verma et al., 2017).

La salud del suelo se ha asociado a características físicas como: estructura del suelo, porosidad, infiltración, densidad y cobertura del suelo que ha generado diversas estrategias como se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2*Estrategias físicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo.*

Estrategia	Cultivo o ecosistema	Justificación de la estrategia	Referencia
Reconstrucción de praderas	Pastos altos	La reconstrucción de praderas tiene un gran potencial para la restauración de la salud del suelo en paisajes agrícolas degradados.	Li et al., 2021
Agricultura de conservación del suelo	Varios	Los enfoques integrados contribuyen a percepciones más matizadas y localizadas sobre la gestión de la tierra.	Hermans et al., 2021
Registro isotópico de la salud del suelo	Cereales arqueológicos	El registro arqueológico contiene múltiples líneas de evidencia paleoclimática y paleoambiental que pueden contribuir a la comprensión y el análisis de las trayectorias de cambio a largo plazo que son clave para contextualizar los desafíos ambientales globales del siglo XXI.	Gron et al., 2021
Eliminación de rastrojos	Maíz y paja de trigo	La erosión del suelo, la escorrentía de agua y la lixiviación de nutrientes como el nitrógeno (N) total y el potasio extraíble del suelo disminuyeron cuando no se eliminó más del 30% de los residuos de cultivos.	Battaglia et al., 2020
Un cultivo de cobertura y un sistema de labranza cero	Soja	El sistema de labranza cero integrado al cultivo de cobertura (centeno) mejoró el carbono orgánico del suelo y la salud del suelo.	Wulanningtya s et al., 2021

Labranza del suelo, prácticas de manejo y mulching	Maní	Labranza con arado con película de acolchado sin abono verde como estrategia adecuada para mejorar las propiedades fisicoquímicas y microbianas del suelo y aumentar el rendimiento de la vaina de maní.	Yang et al., 2020
Enmienda de biocarbón	Arroz	La adición de biocarbón al suelo de arroz arcilloso rico en nutrientes podría sostener un aumento en el COS, la agregación del suelo y el funcionamiento de la salud del suelo, con cambios positivos en la comunidad microbiana a lo largo de los años.	Lu et al., 2020
Insumos de materia fecal de aves y bacterias sistema	Arroz	La aplicación a largo plazo del exclusivo sistema de cultivo de arroz con materia fecal de aves y bacterias puede reducir la necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos en > 13 %, al tiempo que aumenta el carbono orgánico del suelo.	Firth et al., 2020
Enmienda de biocarbón	Pastizales alpinos	Los resultados mostraron que la aplicación de biocarbón en combinación con fertilizantes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) tuvo un aumento significativo en la biomasa fresca y seca durante el segundo y tercer año del estudio en comparación con el control y la aplicación de biocarbón sola. ($p \leq 0,05$).	Rafiq et al., 2020
Biochars en ambiente semiárido	Varios	El biocarbón es carbono almacenado a largo plazo en el ecosistema terrestre y es capaz de reducir las emisiones de efecto invernadero del suelo a la atmósfera.	Kannan et al., 2020
Utilización de residuos agrícolas como biocarbón	Varios	Los efectos del biocarbón en múltiples funciones del ecosistema y las tendencias centrales sugieren que el biocarbón promete ser una solución en la que todos ganan para la energía, el almacenamiento de carbono y la función del ecosistema.	Rajalakshmi, 2020

Aplicar biocarbón	Varios	Para maximizar los beneficios para la salud del suelo y minimizar el riesgo de erosión, la enmienda con biocarbón debe implementarse mediante la difusión de biocarbón granular en condiciones húmedas o en mezclas de compost a las tierras de cultivo con poco viento, seguido de una incorporación completa y uniforme en la capa de suelo de 0 a 15 cm.	Guo, 2020
Aplicación de biocarbón en la agricultura	Varios	También se ha demostrado que la aplicación de biocarbón reduce las emisiones de gases de efecto invernadero de los agroecosistemas; además, también se ha discutido el impacto del biocarbón en la mitigación del estrés abiótico.	Alam et al., 2020
Cultivo de cobertura y labranza	Orgánicos	Para futuras investigaciones, las necesidades incluyen evaluaciones más integradas de los efectos de los cultivos de cobertura tanto en la salud del suelo como en el control de malezas bajo diferentes regímenes de labranza; mayor esfuerzo para caracterizar los impactos en la salud del suelo de los sistemas de cultivos de cobertura utilizando indicadores de salud del suelo recientemente desarrollados, incluidos los parámetros físicos del suelo.	Osterholz et al., 2020
Nanopartículas metálicas y productos transformados	Varios	En comparación con las propiedades físicas y químicas del suelo, los parámetros biológicos de la salud del suelo son más susceptibles al impacto de los MNP. En general, los efectos de los MNP y sus productos transformados en la salud del suelo varían según los suelos, los MNP y la duración y la dosis de exposición.	Sun et al., 2020
Gestión integrada de cuencas sobre la salud del suelo	Formaciones geológicas de dolerita y arenisca	La introducción de prácticas de gestión integrada de cuencas hidrográficas (IWSM) tiene un impacto positivo en la mejora de la salud del suelo.	Gebremeskel et al., 2019
Labranza cero	Maíz	La producción de forraje sin labranza puede mejorar la salud del suelo, reducir los costos de combustible y mano de obra, y la cobertura de residuos puede reducir los impactos de la erosión del suelo.	Jemison et al., 2019

Sensores para la salud del suelo	Varios	Los datos geoespaciales ofrecen una cobertura geográfica más amplia de los datos del suelo, al mismo tiempo que proporcionan datos cuantitativos sobre las propiedades específicas del suelo y los sensores pueden abordar estos vacíos de datos críticos para la calidad del suelo.	Gourlay, 2019
Labranza cero	Arroz y maíz	La labranza cero redujo el consumo de energía en un 56 % y la huella de carbono en un 39 % y, además, la emisión de N ₂ O fue un 20 % menor que la labranza convencional.	Lal et al., 2019
Acolchado orgánico	Suelo agrícola	El acolchado orgánico es una opción sostenible viable para mejorar la salud y la productividad del suelo, ya que ha demostrado su eficacia para mejorar la salud del suelo al reducir la evaporación, aumentar la retención de humedad, regular la temperatura, mejorar la disponibilidad de nutrientes y la absorción de raíces, suprimir las malezas	Ngosong et al., 2019
Nanomateriales base de hierro	a Diversidad microbiana	Debido a su composición, contribuye a la disponibilidad de nutrientes y al interactuar con la materia orgánica, contribuye al aumento de carbono orgánico. Sin embargo, se recomienda que se considere la toxicidad de los nanomateriales a base de hierro (IO-NM) para las funciones del suelo antes de recomendar su uso en investigaciones prospectivas en agroecosistemas.	Kasem et al., 2019
Nanomateriales	Diversidad microbiana	La evaluación de la seguridad de las sustancias químicas mediadas por nanotecnología relacionadas con la salud humana y ambiental, como contaminantes emergentes, debe abordarse en relación con el uso, los beneficios y los desafíos potenciales con efectos tanto positivos como negativos de los nanomateriales agregados con respecto a la diversidad microbiana y la salud de suelo.	Bandeppa et al., 2019

Materiales de acolchado en la salud del suelo	Brócoli	El acolchado tiene un efecto positivo en el rendimiento, así como en la calidad y la biomasa disponible en esta región puede ser una mejor alternativa para los agricultores de escasos recursos de esta región.	Verma et al., 2017
Labranza cero	Maíz	La labranza cero a largo plazo puede ser viable en regiones templadas, promoviendo una mejora significativa en la salud del suelo y el rendimiento de los cultivos y estos beneficios aumentan cuando la labranza cero se combina con la rotación de cultivos (pasto perenne) y cultivos de cobertura.	Nunes et al., 2018
Tamaño del tamiz del suelo	Varios	El carbono oxidable con permanganato (POXC), el carbono mineralizable (C) y las proteínas son indicadores rápidos y económicos de la salud del suelo, que se centran en la materia orgánica lábil del suelo de ciclo rápido.	Hurisso et al., 2018
Mantillo agrotexil de yute no tejido	Brócoli	Los espesores de los mantillos agrotexiles de yute no tejidos (NJATM) de 350 gsm de espesor fueron muy efectivos en comparación con otros mantillos para aumentar el crecimiento y la productividad del brócoli al suprimir las malezas, aumentar la humedad, la población microbiana y el contenido de nutrientes del suelo laterítico.	Manna et al., 2018
Pirólisis de arcilla attapulgita mezclada con estiércol de yak	Pastos	El tratamiento con biocarbón de arcilla de attapulgita/estiércol de yak (50/50) dio como resultado los rendimientos más altos de pasto y la calidad nutricional del pasto y mejoró el ciclo de nutrientes y la disponibilidad en el suelo.	Rafiq et al., 2017
Fusión de datos de sensores	Varios	Los resultados de este estudio ilustran el potencial para la cuantificación rápida de la salud del suelo mediante la fusión de datos de sensores VNIR con datos auxiliares obtenidos de sensores complementarios. Los estudios han demostrado éxito con la textura del suelo, la estabilidad de los agregados, el pH y nutrientes.	Veum et al., 2017

Soportes de nanoquitosano	de Maíz	El nanoquitosano en combinación con la rizobacteria promotora del crecimiento vegetal <i>Bacillus spp.</i> Reveló parámetros de salud vegetal mejorados como la germinación de semillas (de 60 a 96,97 %), la altura de la planta (aumento de 1,5 veces) y el área foliar (doble) y la variabilidad en diferentes parámetros fisicoquímicos (pH, carbono orgánico oxidable, fósforo disponible, potasio disponible, nitrógeno amoniacal y nitrógeno nítrico).	Khati, et al., 2017
Aplicación de estiércol compostado e inserción de un componente de césped	Pastos/leguminosa	Esta investigación respalda el uso de estiércol, junto con la inserción de un componente de césped de gramíneas/leguminosas a corto plazo, para mejorar la salud del suelo en rotaciones de cultivos orgánicos.	Romano, et al., 2017
Gestión de nutrientes específica del sitio (SSNM)	Arroz y trigo	Se sugiere el papel indispensable de la geoinformática (RS, GPS y GIS) asistida por la gestión de nutrientes específica del sitio (SSNM) para el uso eficiente de los recursos y nutrientes para lograr el objetivo de producción de alimentos proyectado ~ 300 Mt para 2025.	Sarkar et al., 2017
Impactos de los cultivos de cobertura en el nitrógeno	Varios	Al reducir la lixiviación de nutrientes y las pérdidas por erosión, aumentar la materia orgánica del suelo, fijar N ₂ y proporcionar mantillo vivo y forraje para el ganado, los cultivos de cobertura pueden mejorar la sostenibilidad ambiental económica a largo plazo.	Chatterjee y Clay, 2016
Cultivos de cobertura y labranza cero	Regadío árido	Las prácticas a largo plazo de labranza cero y cultivos de cobertura, en sistemas de cultivo áridos con riego, podrían beneficiar la salud del suelo al mejorar los indicadores químicos, físicos y biológicos de las funciones del suelo mientras.	Mitchell et al., 2017

4.2. Estrategias químicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo

La preocupación por la sostenibilidad a largo plazo está aumentando en la agricultura, esto se debe a la aplicación excesiva de fertilizantes y la mala gestión de los recursos disponibles, lo que está ocasionando un deterioro de la salud del suelo y su diversidad microbiana (Sundram et al., 2019).

En relación a las estrategias químicas empleadas para la conservación de la salud del suelo, el manejo integrado de nutrientes se presenta como la estrategia con el concepto más lógico para gestionar y mantener la salud del suelo, ya que proporciona un ciclo de nutrientes más eficientes, por lo tanto, mejora la eficiencia en el uso de nutrientes, el estado de la materia orgánica del suelo aumentando la productividad y el rendimiento de los cultivos a largo plazo (Meena et al., 2019; Antil y Raj, 2019; Sundram et al., 2019; Srivastava et al., 2019 y Banerjee et al., 2018). Del mismo modo, la fertilización orgánica e inorgánica de manera adecuada mejora la sostenibilidad de la producción y el rendimiento del cultivo a largo plazo sin deteriorar la salud del suelo (Miner et al., 2020; Vishwanath et al., 2020; Mondal et al., 2020; Singh et al., 2019 y Tiwari et al., 2018).

Según Indoria et al. (2018), el compostaje y el vermicompostaje son las mejores estrategias para convertir la biomasa de las fuentes alternativas disponibles de enmiendas orgánicas en productos ricos en nutrientes para las plantas, es por ello que la aplicación de fuentes alternativas de enmiendas orgánicas directa o indirectamente mejora la salud del suelo al influir en sus propiedades químicas, regulando la dinámica de los nutrientes en el suelo.

Por otro lado, el carbono activo y la materia orgánica son los indicadores de la salud del suelo más útiles para granjas orgánicas (Hargreaves et al., 2019). El C mineralizable, o C que se respira al volver a humedecer el suelo seco, es una métrica común de la salud del suelo, pero la métrica todavía carece de un protocolo estandarizado y ampliamente aceptado (Wade et al., 2018). Del mismo modo, el

flujo de CO₂ se recomienda como un indicador robusto de la salud del suelo entre diferentes cultivos y tiempos de muestreo (Laffely et al., 2020). Las actividades enzimáticas (EA) también son indicadores de la salud del suelo de cambios en el potencial de ciclo biogeoquímico del suelo. La β -glucosidasa, la β -glucosaminidasa, la fosfomonoesterasa ácida y la arilsulfatasa se analizan comúnmente como índices de los ciclos de C, C y N, P y S, respectivamente (Acosta et al., 2018).

Los estudios realizados por diversos investigadores respecto a las estrategias químicas, presentan con mayor frecuencia análisis a cultivos o ecosistemas de arroz, maíz y trigo, en donde se muestra una respuesta positiva en el rendimiento y producción de los cultivos, una estabilización del entorno microbiano y la salud del suelo (Ma et al., 202; Laffely et al., 2020; Miner et al., 2020; Vishwanath et al., 2020; Mondal et al., 2020; Meena et al., 2019; Singh et al., 2019; Arya et al., 2018; Sinha, 2017 y Kumar et al., 2017).

La salud del suelo se ha asociado a características químicas como: Contenido de macronutrientes NPK, pH, conductividad eléctrica, intercambio catiónico, contenido de carbono (materia orgánica). Algunas de las estrategias basadas en estos indicadores se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Estrategias químicas utilizadas para la conservación del suelo.

Estrategia	Cultivo o ecosistema	Justificación de la estrategia	Referencia
Silicio mineral exógeno en el suelo	Arroz	La respuesta positiva de las actividades de las enzimas del suelo, el crecimiento del arroz y la estabilización general del entorno microbiano para la adición de mineral. Si a los suelos contaminados con Cd indicaron que el mineral podría mitigar el riesgo de Cd y mantener la salud del suelo, demostrando que es ecológico. Enmienda amigable y de bajo costo para la remediación de suelos.	Ma et al., 2021
Descarga de CO ₂	Cebada, maíz, trébol carmesí, soja y raigrás	El flujo de CO ₂ puede ser un indicador robusto de la salud del suelo entre diferentes cultivos y tiempos de muestreo.	Laffely et al., 2020
Extractos de malezas pesticidas y solarización del suelo	Cebolla	La solarización del suelo y las malas hierbas pesticidas pueden contribuir a aumentar la salud del suelo y al control de las enfermedades de pudrición blanca, y pueden usarse como una alternativa a los pesticidas químicos.	Gebretsadkan et al., 2020
Evaluación del estiércol y la fertilización con nitrógeno inorgánico	Maíz	Las prácticas de manejo que mantienen o mejoran la disponibilidad de SH y nutrientes también mejoran la productividad y la calidad nutricional del maíz, lo que podría tener efectos positivos en cascada en la nutrición animal y humana.	Miner et al., 2020

Macronutrientes espectrométricos de absorción	Taro	Espectrometría de absorción es una técnica para la salud del suelo del suelo. Los resultados mostraron la pérdida significativa de materia orgánica del suelo.	Nisha and Prasad, 2020
Fertilización y encalado en la salud del suelo	Soja y trigo	La aplicación a largo plazo de NPK con FYM/cal mejoró la salud del suelo y el rendimiento de los cultivos, pero la tasa de entrada de P inorgánico debe reducirse en un Alfisol.	Vishwanath et al., 2020
Reciclaje de residuos sólidos municipales en valioso fertilizante orgánico	Arroz	Se ha observado que el fertilizante NPK al 25 % puede complementarse de manera segura con vermicompost de bajo costo y basado en recursos naturales a razón de 2,5 t ha ⁻¹ para lograr una sostenibilidad a largo plazo en el cultivo de arroz que sea más productivo y rentable.	Mondal et al., 2020
Prácticas de manejo integrado de nutrientes en Vertisols	Maíz-garbanzo	Se observó un aumento significativo en los diversos indicadores de salud del suelo (físico, químico y biológico) bajo el uso equilibrado e integrado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Los resultados indicaron que el rendimiento de grano y el rendimiento del sistema fueron significativamente mayores con 75% de NPK, aumentando el rendimiento del grano de maíz y garbanzo.	Meena et al., 2019
Proceso de jerarquía analítica y metanálisis	Suelo orgánico y convencional	Este estudio desarrolló un marco de evaluación de la salud del suelo sensible y consistente que se puede aplicar a una variedad de sistemas de ubicación, estudio y manejo del suelo.	Xue et al., 2019

Manejo integrado de nutrientes	Varios	La gestión integrada de nutrientes podría desempeñar un papel importante en el aumento de la eficiencia en el uso de nutrientes (NUE), la producción de granos alimenticios y el mantenimiento de la salud del suelo y el aumento de los ingresos de los agricultores a través de la aplicación integrada y equilibrada de fertilizantes.	Antil y Raj, 2019
Manejo integrado balanceado de fertilizantes en la salud del suelo	Palma de aceite	El sistema sostenible de gestión de la salud del suelo tiene la capacidad de producir mayores rendimientos mientras mantiene, si no mejora, la salud del suelo.	Sundram et al., 2019
Manejo integrado de nutrientes	Mandarina y naranja	La sostenibilidad en la producción de calidad y la garantía de una salud tangible del suelo son los dos desafíos más exigentes, a los que es probable que se enfrenten los cultivos de frutas en los próximos años.	Srivastava et al., 2019
Fertilizantes y abonos orgánicos	Arroz-Trigo	El estudio muestra la superioridad de la combinación de fertilizantes minerales con fertilizantes orgánicos combinados; y la inclusión de leguminosas otorga una ventaja adicional en términos de sostenibilidad de la producción y salud del suelo.	Singh et al., 2019
Manejo integrado de nutrientes en caña de azúcar	Caña de azúcar	Los contenidos de carbono orgánico, N disponible, P ₂ O ₅ y K ₂ O del suelo aumentaron ligeramente después de la cosecha del cultivo debido a la incorporación inicial de abonos orgánicos y biofertilizantes en los suelos. Así, el 25% de la dosis recomendada de nitrógeno a través de fuentes inorgánicas podría ser reemplazada por estiércol de corral y biofertilizantes para obtener un	Banerjee et al., 2018

		mayor rendimiento de caña de azúcar junto con una mejora en el estado de salud del suelo.	
Flucetosulfuron en el ecosistema del arroz	Arroz	El flucetosulfuron es seguro para el medio ambiente y proporciona un entorno saludable y propicio para los microorganismos y los bioindicadores de la calidad y la salud del suelo.	Arya et al., 2018
Estiércol de corral y nitrógeno	Azafrán de secano	Se encontró que la salud general del suelo se mantuvo con la aplicación de orgánicos sobre la aplicación inorgánica.	Sofi et al., 2018
Actividades de las enzimas del suelo para la salud del suelo-índices biogeoquímicos	Varios	Los resultados de los EA combinados mostraron opciones significativas para analizar múltiples enzimas simultáneamente, lo que reduce el tiempo, los recursos y los desechos químicos generados al analizar las cuatro actividades enzimáticas individualmente.	Acosta et al., 2018
Cultivos de cobertura vegetal fitorremediación de níquel	Varios	El resultado mostró que la aplicación de rizobacterias en varios cultivos de cobertura en suelo de minería de níquel ha mejorado la fertilidad del suelo. La mejora se produjo en las propiedades físicas y químicas del suelo, incluido el aumento del contenido de agua del suelo, el carbono orgánico del suelo, el nitrógeno total y la capacidad de intercambio catiónico.	Leomo et al., 2018

Fertilizantes inorgánicos con aplicación foliar de ácido giberélico	Caléndula	El tratamiento 100 % RDF y 25 % % de la dosis recomendada de fertilizante de FYM fue superior para la salud del suelo en condiciones climáticas subtropicales del oeste de Uttar Pradesh.	Tiwari et al., 2018
Fuentes alternativas de enmiendas orgánicas del suelo	Varios	Este estudio destaca que la aplicación de fuentes alternativas de enmiendas orgánicas directa o indirectamente mejora la salud del suelo al influir en muchas propiedades del suelo (físicas y químicas) y actividades enzimáticas (biológicas) que regulan la dinámica de los nutrientes en el suelo	Indoria et al., 2018
Carbono mineralizable como indicador de salud del suelo.	Varios	Si bien estos efectos de procedimiento pueden influir en la variabilidad entre laboratorios, también hubo una cantidad considerable de variabilidad analítica asociada con las mediciones de C mineralizable dentro de un laboratorio que depende en gran medida del tipo de suelo.	Wade et al., 2018
Manejo de nutrientes	Maíz tierno y garbanzo	La mejora de los sistemas integrados de manejo de nutrientes en la productividad y rentabilidad del maíz baby (<i>Zea mays L.</i>).	Sinha, 2017
Aplicación de sal común	Arroz de secano	La aplicación de sal común no ejerce una influencia marcada sobre la concentración de sodio (Na ⁺), el porcentaje de sodio intercambiable (ESP) y la relación de adsorción de sodio (SAR)	Kumar et al., 2017
Niveles de carbono del suelo	Caña de azúcar	Los datos de dos tipos de suelo bastante diferentes mostraron que aumentar el contenido de carbono del suelo en un 0,5 % disminuyó el número de <i>P. zeae/g</i>	Stirling, 2017

de raíces en un 80 % y un 35 % en suelos franco arenoso y franco arcilloso, respectivamente.

Vermicomposta

Legumbres

El uso integrado de 50 % CDR con vermicompost 2,51 ha⁻¹ y cal 4 q ha⁻¹ es rentable para aumentar la productividad de greengram y mejorar la salud del suelo.

Rajkhowa et al., 2017

4.3. Estrategias biológicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo.

Desde la perspectiva de la salud biológica del suelo, se discute la connotación de la salud del suelo y sus indicadores biológicos, incluidos los microorganismos, la actividad de las enzimas, la red microalimentaria del suelo e incluso las lombrices de tierra (Liang et al., 2021).

Con respecto a las estrategias biológicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo, las comunidades microbianas promueven la salud del suelo a través de la supresión de patógenos de plantas y el enriquecimiento de microbios beneficiosos, así mismo, son indicadores biológicos útiles de la salud del suelo, con características comunitarias tales como abundancia, diversidad y la estructura de la comunidad, están estrechamente relacionadas con el entorno del suelo y los procesos del ecosistema (Melakeberhan et al., 2021; Fierer et al., 2021; Hu et al., 2021; Shi et al., 2020; Mehmood et al., 2020 y Lu et al., 2020).

Del mismo modo, la estrategia empleando abono orgánico proveniente de residuos ovinos y biofertilizantes, mejoró significativamente la fertilidad del suelo y el aumento de carbono de biomasa microbiana y nitrógeno (Lal et al., 2020 y Saikia et al., 2018).

Dentro de otras estrategias biológicas empleadas se puede mencionar el pastoreo estratégico y el manejo de pasturas de resiembra, se evidenció que la evaluación del efecto del pastoreo estratégico facilita la mineralización y absorción de nitrógeno. Así mismo, la técnica de manejo de pasturas de resiembra, demostró un aumento en la materia orgánica del suelo, así como la disminución del nitrógeno inorgánico con el tiempo, los resultados mostraron que estas estrategias permiten mineralizar eficientemente el nitrógeno del suelo, reducir las pérdidas de nitrato por escorrentía, mejorando la comunidad microbiana total del suelo, en particular los hongos y su posible actividad enzimática (Dahal et al., 2020 y Bridges et al., 2019).

En otro ámbito, resalta la prueba de salud del suelo de Haney (HSHT) es un enfoque reciente para cuantificar la salud del suelo centrándose principalmente en la biología del suelo. Utiliza un nuevo extractante (H3A) para la extracción de los nutrientes disponibles para las plantas, un nuevo método de medición de la respiración del suelo (explosión de CO₂ de 24 horas) utilizando el sistema de gel Solvita® y un nuevo enfoque para determinar el carbono (C) y el nitrógeno biodisponible (N) a saber, C orgánico extraíble con agua (WEOC) y N orgánico extraíble con agua (WEON) (Chu et al., 2019).

Por otro lado, se encontró algunas bacterias promotoras del crecimiento de plantas tolerantes a la sal (ST-PGPB), mejoran el crecimiento de los cultivos y reducen los impactos negativos del estrés salino mediante la regulación de algunas características bioquímicas, fisiológicas y moleculares (Kumar et al., 2021).

En relación a los estudios que han sido realizado por diversos investigadores respecto a las estrategias biológicas, muestran mayormente investigaciones en cultivos o ecosistemas de trigo, maíz, legumbres, pastizales y comunidades microbianas, donde se evaluó y monitoreo la salud del suelo, la capacidad y actividad funcional microbiana, para así mejorar el rendimiento de los cultivos, la salud del suelo y el enriquecimiento de microorganismos beneficiosos (Fierer et al., 2021; Hu et al., 2021; Mehmood et al., 2020; Aslam et al., 2019; Frac et al., 2018; Muminov et al., 2018 y Lal et al., 2017).

La salud del suelo se ha asociado a características biológicas como: Respiración, población de nematodos, comunidades bacterianas y actividades enzimáticas; de las cuales se muestran algunas experiencias en la Tabla 4.

Tabla 4

Estrategias biológicas utilizadas para la conservación del suelo.

Estrategias	Cultivo o ecosistema	Justificación de la estrategia	Referencia
Comunidad de nematodos indicador de degradación de la salud del suelo	Comunidades de nematodos	El estudio desarrolló la primera prueba de concepto biofísicoquímica de que los grupos de suelo deben tratarse por separado al formular estrategias escalables de gestión de la salud del suelo.	Melakeberhan et al., 2021
Caracterización biológica de la salud del suelo	Varios	Debe mejorarse la comprensión de los científicos y los responsables de la toma de decisiones sobre el mantenimiento de la salud biológica del suelo, y dar plena consideración al importante papel de los organismos del suelo en los servicios de los ecosistemas.	Liang et al., 2021
Utilización de microbios para evaluar la salud del suelo	Población microbiana	Los índices microbianos utilizados para evaluar o monitorear la salud del suelo podrían usarse para producir evaluaciones relevantes y procesables de la salud del suelo.	Fierer et al., 2021
Ciclo de nitrógeno microbiano	Arveja, algodón y trigo	Las relaciones entre la capacidad y actividad funcional microbiana y las transformaciones de N del suelo in situ se muestran en diferentes temporadas agrícolas y prácticas de manejo del suelo.	Hu et al., 2021

Pastoreo canguro de baja intensidad	Varios	El pastoreo de canguros se asoció con una reducción de la biomasa y la cobertura herbácea, y la cobertura de la biocorteza, y las superficies en general fueron más estables, tenían una mayor cobertura e incorporación de hojarasca y tenían una mayor riqueza de especies de plantas. Es improbable que tenga efectos negativos importantes a largo plazo sobre la condición de la superficie del suelo.	Eldridge et al., 2021
Las comunidades bacterianas como indicadores	Lirio	La replantación a largo plazo aumentó significativamente la abundancia de bacterias en el suelo y cambió de manera insignificante la diversidad de bacterias en el suelo	Shi et al., 2021
Cambio de la biodiversidad microbiana	Bosques naturales y suelos agrícolas	Los resultados mostraron que los bosques naturales, las plantaciones de palma aceitera y las tierras degradadas demostraron un efecto significativo en los cambios en la biodiversidad de la abundancia de microbios del suelo en el rizomicrobioma. El cambio de ecosistemas forestales a suelos agrícolas acelerará la degradación y el deterioro de la salud del suelo.	Anggrainy et al., 2021
Cepa de <i>Bacillus pumilus</i> tolerante a la sal que promueve el crecimiento de las plantas JPVS11	Arroz	Estos resultados sugieren que la cepa JPVS11 de <i>Bacillus pumilus</i> es un ST-PGPB potencial para promover los atributos de crecimiento de las plantas, las actividades de las enzimas del suelo, los recuentos microbianos y mitigar los efectos nocivos de la salinidad en el arroz.	Kumar et al., 2021
Remediación de suelos	Varios	La salud del suelo no pudo recuperarse por completo después de la eliminación de contaminantes debido a los cambios adversos en las propiedades del suelo, especialmente en las actividades de las enzimas del suelo.	Lee et al., 2020

Ganadería ovina como abono orgánico de cebada	Forraje de cebada	La aplicación de lana de desecho en el suelo mejoró significativamente el estado de fertilidad del suelo y también se observó una mejora considerable en el carbono orgánico y nitrógeno	Lal et al., 2020
Conversión de bosques naturales degradados en plantaciones de monocultivo	Plantaciones de caucho	Destaca la necesidad de prácticas más rigurosas de gestión de la tierra y políticas de conversión del uso de la tierra para garantizar la conservación a largo plazo de la salud del suelo en las plantaciones de caucho.	Nguyen et al., 2020
Inoculación de esclerocios de un hongo fitopatógeno	Comunidades microbianas	<i>S. sclerotiorum</i> cuando está latente en el suelo puede reducir la diversidad de microbios del suelo, incluida la supresión de patógenos de plantas y el enriquecimiento de microbios beneficiosos.	Mehmood et al., 2020
Alfalfa en pasto para mejorar la salud del suelo de los pastos en las llanuras semiáridas de Texas High Plains	Alfalfa en pasto OWB	El OWB-alfalfa es una combinación prometedora de especies forrajeras para estimular la salud del suelo de los pastos a través de una mayor biomasa microbiana del suelo y poblaciones de hongos.	Bhandari et al., 2020
Biodiversidad en la Salud del Suelo	Varios	Ofrece sugerencias sobre cómo informar sobre el desempeño ambiental y las revisiones posteriores a la implementación utilizando las pautas proporcionadas	Maroun y Atkins, 2020

		por Global Reporting Initiative (GRI) y el International Integrated Reporting Council (IIRC) como marco de referencia de la salud del suelo.	
Nematodos del suelo	Comunidades de nematodos	Algunos nematodos de vida libre sirven como modelos biológicos para probar la condición del suelo en el laboratorio y, debido a estas ventajas, los nematodos del suelo se utilizan cada vez más como indicadores biológicos de la salud del suelo.	Lu et al., 2020
Pastoreo estratégico	Pastizales	El sistema de pastoreo STR podría mejorar la sustentabilidad de los sistemas de pastoreo al almacenar más carbono lábil, mineralizar eficientemente el nitrógeno del suelo y reducir las pérdidas de nitrato por escorrentía.	Dahal et al., 2020
Prueba de salud del suelo Haney	Maíz y soja	El HSHT, aunque es un concepto prometedor debido a su enfoque en vincular la biología del suelo con la fertilidad y la salud del suelo, puede necesitar una extensa evaluación de campo y refinamiento en suelos y climas contrastantes.	Chu et al., 2019
Composición de la comunidad microbiana	Cultivos de ganado, cereales o hortalizas	El manejo de menor intensidad (forraje perenne, cultivo mixto anual-perenne), la aplicación de estiércol y la labranza baja se relacionaron con una mayor respiración del suelo, agregados estables al agua, hongos, micorrizas, bacterias Gram negativas y menor cantidad de P.	Mann et al., 2019
Manejo de pasturas de resiembra	Pastizales áridos fríos	El Web Soil Survey (WSS) basado en SSURGO (Soil Survey Geographic Database) es una herramienta geoespacial para que los administradores evalúen las propiedades del suelo y tomen decisiones de gestión, presumiblemente sin muestreo de campo.	Gergeni y Scasta, 2019

Pasto perenne	Avena, triticale, ballica anual, veza peluda, rábano, nabo, trébol rojo, trébol bola y trébol carmesí	Esta técnica de manejo de pasturas de resiembra de una mezcla diversa de plantas anuales de invierno puede haber dado como resultado un estado constante de TC y TN, mientras que la SOM aumentó y el nitrógeno inorgánico disminuyó con el tiempo, y mejoró la comunidad microbiana total del suelo, en particular los hongos y su posible actividad enzimática. .	Bridges et al., 2019
Microbioma Biodiversidad	Varios	La combinación de conceptos de ecología comunitaria bien establecidos con microbiología molecular en un marco viable que puede permitirnos predecir y mejorar la funcionalidad del microbioma del suelo para promover un crecimiento robusto de las plantas en un contexto de cambio global.	Saleem y Jousset, 2019
Consortio biofertilizantes	de Frijol francés	El compost enriquecido reflejó el máximo registrado mejor para los parámetros del suelo, a saber, densidad aparente, pH, P 2 O 5, carbono de biomasa microbiana (630,33 µg/g/24h), actividad deshidrogenasa (711,50 µg TPF/ g/24h) y fosfomonoesterasa actividad (442,43 µg p-nitrofenol/g/h) respectivamente.	Saikia et al., 2018
Biodiversidad fúngica	Especies de hongos	Recomendar un cambio de la catalogación de especies de hongos en diferentes ecosistemas del suelo hacia un análisis más global basado en funciones e interacciones entre organismos.	Frac et al., 2018
Manejo del pastoreo	Varios	Será necesario desarrollar e implementar protocolos de gestión regenerativa que incluyan animales de pastoreo rumiantes para garantizar la sostenibilidad a largo plazo y la resiliencia ecológica de los agroecosistemas.	Teague, 2018

Sistemas de rotación bajo diferentes manejos de malezas	Trigo-maíz y ajo-soja	El control orgánico de malezas (H0T, H0T0) tanto de trigo-maíz como de ajo-soja agregó más materia orgánica al suelo que los métodos químicos (HT y HT0). Económicamente, se había logrado hasta un 69% más de beneficio neto en el ajo-soja que en el trigo-maíz para sus productos orgánicos.	Muminov et al., 2018
Sistemas de cultivo basados en legumbres	Legumbres	La incorporación de legumbres en los sistemas de cultivo/agricultura es importante para mejorar el suelo y la salud humana.	Lal, 2017

V. CONCLUSIONES

La estrategia física más relevante fue el sistema de labranza cero junto a las prácticas de conservación adicionales, tales como, cultivos de cobertura y rotaciones de cultivo. Del mismo modo, la estrategia del biochar y uso de materiales acolchados se presentan como estrategias eficientes, principalmente eliminando el dióxido de carbono de la atmósfera y minimizando el riesgo de erosión. Los cultivos y ecosistemas donde más se empleó estas estrategias fueron el arroz, maíz, trigo y leguminosas, así mismo, en pastizales.

El manejo integrado de nutrientes se consideró como la estrategia química con el concepto más lógico para gestionar y mantener la salud del suelo. Así mismo, existen alternativas de enmiendas orgánicas como el compostaje y el vermicompostaje que son consideradas las mejores estrategias para convertir la biomasa de las fuentes alternativas disponibles en productos ricos en nutrientes para las plantas. Los cultivos con mayor incidencia fueron el arroz, maíz y trigo.

La estrategia de comunidades microbianas, destaca entre las estrategias biológicas, ya que promueven la supresión de patógenos de plantas y el enriquecimiento de microbios beneficiosos. Así mismo, la estrategia empleando abonos orgánicos mejora significativamente la fertilidad del suelo y el aumento de carbono de biomasa microbiana y nitrógeno. Se puede mencionar también, el pastoreo estratégico y el manejo de pasturas de resiembra, que facilitan la mineralización y absorción de nitrógeno, reduce las pérdidas de nitrato por escorrentía, mejorando así la comunidad microbiana total del suelo. Los cultivos y ecosistemas donde más se emplearon estas estrategias fueron trigo, maíz, pastizales y comunidades microbianas.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda una mayor difusión y capacitación a la población especialmente a los agricultores sobre las estrategias para la conservación de la salud del suelo, tales como, enmiendas orgánicas ya que son económicamente viables y sostenibles.

Del mismo modo, se recomienda una mayor coordinación entre los esfuerzos regionales, nacionales y globales, así como las pautas consistentes para la conservación de la salud del suelo, logrando garantizar la seguridad alimentaria y contrarrestar los efectos del cambio climático, así mismo, conservar los ecosistemas y las especies que habitan.

Por otro lado, se recomienda realizar estudios a nivel Latinoamérica ya que entre la búsqueda de investigaciones no hay artículos enfocados en la salud del suelo y su conservación en Latinoamérica y es claro que las realidades con otros países desarrollados son distintas y por ende se deben emplear diferentes tipos de métodos y estrategias para su conservación.

REFERENCIAS

1. Acosta-Martinez, V., Cano, A., & Johnson, J. (2018). Simultaneous determination of multiple soil enzyme activities for soil health-biogeochemical indices. *Applied soil ecology*, 126, 121-128.
2. Arias, M. Enriqueta, González-Pérez, José A., González-Vila, Francisco J., & Ball, Andrew S. (2005). Soil health: a new challenge for microbiologists and chemists. *International Microbiology*, 8(1), 13-21.
3. Arya, S. R., Syriac, E. K., Meenakumari, K. S., & Kumar, V. (2018). Effect of flucetosulfuron on soil health in rice ecosystem. *Indian Journal of Ecology*, 45(2), 337-341.
4. Agudelo Viana, L. G., & Aigner Aburto, J. M. (2008). Diseños de investigación experimental y no-experimental. Disponible en: http://repositorio.udea.edu.co/bitstream/10495/2622/1/AgudeloGabriel_2008_DisenosInvestigacionExperimental.pdf
5. Alam, S.N. et al. (2020). Application of Biochar in Agriculture: A Sustainable Approach for Enhanced Plant Growth, Productivity and Soil Health. In: Bauddh, K., Kumar, S., Singh, R., Korstad, J. (eds) *Ecological and Practical Applications for Sustainable Agriculture*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3372-3_6.
6. Anggrainy, E. D., Syarifain, R. I., Hidayat, A., Solihatin, E., Suherman, C., Fitriatin, B. N., & Simarmata, T. (2020). Shifting of microbial biodiversity and soil health in rhizomicrobiome of natural forest and agricultural soil. *Open Agriculture*, 5(1), 936-942.
7. Antil, R. S., & Raj, D. (2020). Integrated nutrient management for sustainable crop production and improving soil health. In *Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production* (pp. 67-101). Springer, Singapore.
8. Banerjee, K., Puste, A. M., Gunri, S. K., Jana, K., & Barman, M. (2018). Effect of integrated nutrient management on growth, yield, quality and soil health of spring planted sugarcane (*Saccharum officinarum*) in West Bengal. *Indian Journal of Agronomy*, 63(4), 41-47.

9. Battaglia, M., Thomason, W., Fike, J. H., Evanylo, G. K., von Cossel, M., Babur, E., ... & Diatta, A. A. (2021). The broad impacts of corn stover and wheat straw removal for biofuel production on crop productivity, soil health and greenhouse gas emissions: A review. *Gcb Bioenergy*, 13(1), 45-57.
10. Bhandari, K. B., West, C. P., & Acosta-Martinez, V. (2020). Assessing the role of interseeding alfalfa into grass on improving pasture soil health in semi-arid Texas High Plains. *Applied Soil Ecology*, 147, 103399. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103399>
11. Bhandari, K. B., West, C. P., & Acosta-Martinez, V. (2020). Assessing the role of interseeding alfalfa into grass on improving pasture soil health in semi-arid Texas High Plains. *Applied Soil Ecology*, 147, 103399.
12. Bridges, K. M., Fultz, L. M., Alison, M. W., Han, K. J., Macoon, B., & Pitman, W. D. (2019). Quantifying soil health in a topographically diverse warm-season perennial pasture over-seeded with a mix of cool-season annuals. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 282, 58-68.
13. Cabrera, F. C. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *theoria*, 14(1), 61-71.
14. Cano, A., Nuñez A., Acosta-Martinez, V., Schipanski, M., Ghimire, R., Rice, C. & West, C. (2018). Current knowledge and future research directions to link soil health and water conservation in the Ogallala Aquifer region. *Geoderma*, vol. 328, 109-118. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.04.027>
15. Castillo, E., & Vásquez, M. L. (2003). El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Colombia médica*, 34(3), 164-167.
16. Chatterjee, A., & Clay, D. E. (2016). Cover crops impacts on nitrogen scavenging, nitrous oxide emissions, nitrogen fertilizer replacement, erosion, and soil health. *Soil fertility management in agroecosystems*, 1, 76-89.
17. Chu, M., Singh, S., Walker, F. R., Eash, N. S., Buschermohle, M. J., Duncan, L. A., & Jagadamma, S. (2019). Soil health and soil fertility assessment by the haney soil health test in an agricultural soil in west Tennessee. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(9), 1123-1131.

18. Cooper, R. J., Hama-Aziz, Z. Q., Hiscock, K. M., Lovett, A. A., Vrain, E., Dugdale, S. J., ... & Noble, L. (2020). Conservation tillage and soil health: Lessons from a 5-year UK farm trial (2013–2018). *Soil and Tillage Research*, vol(202), 104648. [Fecha de consulta: 29 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104648>
19. Dahal, S., Franklin, D., Subedi, A., Cabrera, M., Hancock, D., Mahmud, K., Ney, L., Park, C., & Mishra, D. (2020). Strategic grazing in beef-pastures for improved soil health and reduced runoff-nitrate-a step towards sustainability. *Sustainability*, 12(2), 558.
20. Derner, J. D., Smart, A. J., Toombs, T. P., Larsen, D., McCulley, R. L., Goodwin, J., ... & Roche, L. M. (2018). Soil health as a transformational change agent for US grazing lands management. *Rangeland Ecology & Management*, 71(4), 403-408. [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.rama.2018.03.007>
21. Eldridge, D. J., Ding, J., & Travers, S. K. (2021). Low- intensity kangaroo grazing has largely benign effects on soil health. *Ecological Management & Restoration*, 22, 58-63.
22. Escudero, C., & Cortez, L. (2017). Técnicas y métodos cualitativos para la investigación. Editorial UTMACH. [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2022] Disponible: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodoscualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>
23. Fierer, N., Wood, S. A., & de Mesquita, C. P. B. (2021). How microbes can, and cannot, be used to assess soil health. *Soil Biology and Biochemistry*, 153, 108111.
24. Firth, A. G., Baker, B. H., Brooks, J. P., Smith, R., Iglay, R. B., & Davis, J. B. (2020). Low external input sustainable agriculture: Winter flooding in rice fields increases bird use, fecal matter and soil health, reducing fertilizer requirements. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 300, 106962.
25. Fraç, M., Hannula, S. E., Bełka, M., & Jędryczka, M. (2018). Fungal biodiversity and their role in soil health. *Frontiers in Microbiology*, 9, 707.

26. Gebremeskel, K., Teka, K., Birhane, E., & Negash, E. (2019). The role of integrated watershed management on soil-health in northern Ethiopia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 69(8), 667-673.
27. Gebretsadkan, A., Araya, A., Fitiwy, I., Yohannes, T., & Kalayu, Z. (2020). Effect of pesticidal weed extracts and soil solarization on soil health and management of onion white rot (*Sclerotium cepivorus*). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 53(13-14), 625-639.
28. Gergeni, T., & Scasta, J. D. (2019). Are SSURGO organic matter estimates reliable for cold arid steppes? Implications for rangeland soil health. *Arid Land Research and Management*, 33(4), 468-475.
29. Gobinath, R., Latha, P. C., Manasa, V., & Chavan, S. (2019). Soil ecological pros and cons of nanomaterials: impact on microorganisms and soil health. In *Nanotechnology for Agriculture* (pp. 145-159). Springer, Singapore. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-32-9370-0_10.
30. González, A. (2004). Investigación básica y aplicada en el campo de las ciencias económicas administrativos. *Revista Ciencia Administrativa, Universidad Veracruzana*. 1. 39-50.
31. Gourlay, S. (2019, October). Sensors for Soil Health: The Evolution of Soil Technologies and Integration with Household Surveys. In *2019 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)* (pp. 77-80). IEEE.
32. Gron, K. J., Larsson, M., Gröcke, D. R., Andersen, N. H., Andreasen, M. H., Bech, J. H., ... & Church, M. J. (2021). Archaeological cereals as an isotope record of long-term soil health and anthropogenic amendment in southern Scandinavia. *Quaternary Science Reviews*, 253, 106762.
33. Guo, M. (2020). The 3R principles for applying biochar to improve soil health. *Soil Systems*, 4(1), 9.
34. Hermans, T. D., Dougill, A. J., Whitfield, S., Peacock, C. L., Eze, S., & Thierfelder, C. (2021). Combining local knowledge and soil science for integrated soil health assessments in conservation agriculture systems. *Journal of Environmental Management*, 286, 112192.

35. Hu, J., Jin, V. L., Konkel, J. Y., Schaeffer, S. M., Schneider, L. G., & DeBruyn, J. M. (2021). Soil health management enhances microbial nitrogen cycling capacity and activity. *Mosphere*, 6(1), e01237-20.
36. Huanay Munguia, M. F. (2022). Efecto de la mezcla de abonos orgánicos a partir de vermicompost, abono verde y gallinaza en la recuperación del suelo degradado—Cayhuayna Alta—Huánuco, 2021. Disponible en : <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3395>
37. Hurisso, T. T., Culman, S. W., Zone, P., & Sharma, S. (2018). Absolute values and precision of emerging soil health indicators as affected by soil sieve size. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(15), 1934-1942.
38. Indoria, AK, Sharma, KL, Reddy, KS, Srinivasarao, C., Srinivas, K., Balloli, SS, ... y Raju, NS (2018). Fuentes alternativas de enmiendas orgánicas del suelo para mantener la salud del suelo y la productividad de los cultivos en la India: impactos, disponibilidad potencial, limitaciones y estrategias futuras. *Ciencia actual*, 115 (11), 2052-2062. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/26978551>
39. Indoria, A. K., Sharma, K. L., Reddy, K. S., Srinivasarao, C., Srinivas, K., Balloli, S. S., Osman, M., Pratibha, G., & Raju, N. S. (2018). Alternative sources of soil organic amendments for sustaining soil health and crop productivity in India—impacts, potential availability, constraints and future strategies. *Current Science*, 115(11), 2052-2062.
40. Jemison Jr, J. M., Kersbergen, R., Majewski, C., & Brinton, W. (2019). Soil health of recently converted no-till corn fields in Maine. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(19), 2384-2396.
41. Jian, J., Du, X., & Stewart, R. D. (2020). Quantifying cover crop effects on soil health and productivity. *Data in brief*, 29, 105376.
42. Kannan, P., Krishnaveni, D., & Ponmani, S. (2020). Biochars and Its Implications on Soil Health and Crop Productivity in Semi-Arid Environment. In *Biochar Applications in Agriculture and Environment Management* (pp. 99-122). Springer, Cham.
43. Kasem, K. K., Mostafa, M., & Abd-Elsalam, K. A. (2019). Iron-Based Nanomaterials: Effect on Soil Microbes and Soil Health. In *Magnetic Nanostructures* (pp. 261-285). Springer, Cham.

44. Khati, P., Chaudhary, P., Gangola, S., Bhatt, P., & Sharma, A. (2017). Nanochitosan supports growth of *Zea mays* and also maintains soil health following growth. *3 Biotech*, *7*(1), 1-9.
45. Kumar, A., Singh, S., Mukherjee, A., Rastogi, RP y Verma, JP (2021). *Bacillus pumilus* cepa JPVS11 tolerante a la sal que promueve el crecimiento de las plantas para mejorar los atributos de crecimiento de las plantas del arroz y mejorar la salud del suelo bajo estrés por salinidad. *Investigación microbiológica*, *242*, 126616. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126616>
46. Kumar, R., Chatterjee, D., Deka, B. C., & Ngachan, S. V. (2017). Validation of common salt application on productivity, profitability, nutrient uptake and soil health of uplandrice (*Oryza sativa* L.) under shifting cultivation area of Nagaland.
47. Kumar, A., Singh, S., Mukherjee, A., Rastogi, R. P., & Verma, J. P. (2021). Salt-tolerant plant growth-promoting *Bacillus pumilus* strain JPVS11 to enhance plant growth attributes of rice and improve soil health under salinity stress. *Microbiological Research*, *242*, 126616.
48. Laffely, A., Erich, M. S., & Mallory, E. B. (2020). Evaluation of the CO₂ flush as a soil health indicator. *Applied Soil Ecology*, *154*, 103594.
49. Lal, B., Gautam, P., Nayak, A. K., Panda, B. B., Bihari, P., Tripathi, R., ... & Meena, B. P. (2019). Energy and carbon budgeting of tillage for environmentally clean and resilient soil health of rice-maize cropping system. *Journal of Cleaner Production*, *226*, 815-830.
50. Lal, B., Sharma, S. C., Meena, R. L., Sarkar, S., Sahoo, A., Balai, R. C., Gautam, P., & Meena, B. P. (2020). Utilization of byproducts of sheep farming as organic fertilizer for improving soil health and productivity of barley forage. *Journal of Environmental Management*, *269*, 110765.
51. Lal, R. (2017). Improving soil health and human protein nutrition by pulses-based cropping systems. *Advances in Agronomy*, *145*, 167-204.
52. Lee, S. H., Lee, J. H., Jung, W. C., Park, M., Kim, M. S., Lee, S. J., & Park, H. (2020). Changes in soil health with remediation of petroleum hydrocarbon contaminated soils using two different remediation technologies. *Sustainability*, *12*(23), 10078.

53. Leomo, S., Tufaila, M., Adawiyah, R., Muhidin, & Rakian, T. C. (2018). The application of phytoremediation techniques for improving ex-nickel mining soil health using land cover crops. *BIOSCIENCE RESEARCH*, 15(4), 3580-3584.
54. Li, C., Veum, K. S., Goyne, K. W., Nunes, M. R., & Acosta-Martinez, V. (2021). A chronosequence of soil health under tallgrass prairie reconstruction. *Applied Soil Ecology*, 164, 103939.
55. Li Lin, Xiang Dan, Wu Yafen, Huang Yudan, Li Huan, Zhang Xiaomei y Liang Bin (2022). Efectos de diferentes métodos de fertilización a largo plazo sobre los nutrientes del suelo y la estructura de la comunidad microbiana del tomate en un invernadero solar. *Yingyong Shengtai Xuebao*, 33(2).
56. Lira, R.H., Méndez, B., De Los Santos, G. & Vera, I. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta universitaria*, 28(2), 9-24. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1575>
57. Lu, H., Bian, R., Xia, X., Cheng, K., Liu, X., Liu, Y., ... & Pan, G. (2020). Legacy of soil health improvement with carbon increase following one time amendment of biochar in a paddy soil—A rice farm trial. *Geoderma*, 376, 114567.
58. Lu, Q., Liu, T., Wang, N., Dou, Z., Wang, K. y Zuo, Y. (2020). A review of soil nematodes as biological indicators for the assessment of soil health. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 7, 275-281. Disponible en : 10.15302/J-FASE-2020327
59. Lu, Q., Liu, T., Wang, N., Dou, Z., Wang, K., & Zuo, Y. (2020). A review of soil nematodes as biological indicators for the assessment of soil health. *Front. Agric. Sci. Eng*, 7, 275-281.
60. Ma, C., Ci, K., Zhu, J., Sun, Z., Liu, Z., Li, X., ... & Liu, Z. (2021). Impacts of exogenous mineral silicon on cadmium migration and transformation in the soil-rice system and on soil health. *Science of the Total Environment*, 759, 143501.
61. Magdoff F. (2001). Concepto, componentes y estrategias de la salud del suelo en agroecosistemas. *Revista de nematología*, 33 (4), 169–172. Disponible en : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2620515/pdf/169.pdf>

62. Mann, C., Lynch, D., Fillmore, S., & Mills, A. (2019). Relationships between field management, soil health, and microbial community composition. *Applied Soil Ecology*, *144*, 12-21. [Fecha de consulta: 29 de marzo de 2022] Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.06.012>
63. Manna, K., Kundu, M. C., Saha, B., & Ghosh, G. K. (2018). Effect of nonwoven jute agrotexile mulch on soil health and productivity of broccoli (*Brassica oleracea* L.) in lateritic soil. *Environmental monitoring and assessment*, *190*(2), 1-10.
64. Maroun, W., & Atkins, J. (2021). A practical application of accounting for biodiversity: the case of soil health. *Social and Environmental Accountability Journal*, *41*(1-2), 37-65.
65. Mehmood, M. A., Zhao, H., Cheng, J., Xie, J., Jiang, D., & Fu, Y. (2020). Sclerotia of a phytopathogenic fungus restrict microbial diversity and improve soil health by suppressing other pathogens and enriching beneficial microorganisms. *Journal of Environmental Management*, *259*, 109857.
66. Melakeberhan, H., Maung, Z., Lartey, I., Yildiz, S., Gronseth, J., Qi, J., Karuku, G., Kimenju, J., Kwoseh, C., & Adjei-Gyapong, T. (2021). Nematode community-based soil food web analysis of Ferralsol, Lithosol and Nitosol soil groups in Ghana, Kenya and Malawi reveals distinct soil health degradations. *Diversity*, *13*(3), 101.
67. Meena, B. P., Biswas, A. K., Singh, M., Chaudhary, R. S., Singh, A. B., Das, H., & Patra, A. K. (2019). Long-term sustaining crop productivity and soil health in maize–chickpea system through integrated nutrient management practices in Vertisols of central India. *Field crops research*, *232*, 62-76.
68. Miner, G. L., Delgado, J. A., Ippolito, J. A., Stewart, C. E., Manter, D. K., Del Grosso, S. J., ... & D'adamo, R. E. (2020). Assessing manure and inorganic nitrogen fertilization impacts on soil health, crop productivity, and crop quality in a continuous maize agroecosystem. *Journal of Soil and Water Conservation*, *75*(4), 481-498.
69. Mitchell, J. P., Shrestha, A., Mathesius, K., Scow, K. M., Southard, R. J., Haney, R. L., ... & Horwath, W. R. (2017). Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California's San Joaquin Valley, USA. *Soil and Tillage Research*, *165*, 325-335.

70. Moebius-Clune, B.N., D.J. Moebius-Clune, B.K. Gugino, O.J. Idowu, R.R. Schindelbeck, A.J. Ristow, H.M. van Es, J.E. Thies, H.A. Shayler, M.B. McBride, K.S.M Kurtz, D.W. Wolfe, and G.S. Abawi, 2016. Comprehensive Assessment of Soil Health – The Cornell Framework, Edition 3.2, Cornell University, Geneva, NY. [Fecha de consulta: 04 de abril de 2022] Disponible en: <http://www.css.cornell.edu/extension/soil-health/manual.pdf>
71. Mondal, T., Datta, J. K., & Mondal, N. K. (2022). Recycling of municipal solid waste into valuable organic fertilizer towards rejuvenation of crop physiology, yield and soil health. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 68(3), 383-394.
72. Montaña Arias, N., Navarro Rangel, M., Patricio López, I., Chimal Sánchez, E., & Miguel de la Cruz, J. (2018). El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo?. *CIENCIA Ergo-Sum*, 25(3). [Fecha de consulta: 29 de marzo de 2022], disponible en : <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a9>
73. Muminov, M. A., Guo, L., Song, Y., Gu, X., Cen, Y., Meng, J., & Jiang, G. (2018). Comparisons of weed community, soil health and economic performance between wheat-maize and garlic-soybean rotation systems under different weed managements. *PeerJ*, 6, e4799.
74. Ngosong, C., Okolle, J.N., Tening, A.S. (2019). Mulching: A Sustainable Option to Improve Soil Health. In: Panpatte, D., Jhala, Y. (eds) *Soil Fertility Management for Sustainable Development*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5904-0_11
75. Nguyen, T. T., Do, T. T., Harper, R., Pham, T. T., Linh, T. V. K., Le, T. S., Thanh, L. B., & Giap, N. X. (2020). Soil Health Impacts of Rubber Farming: The Implication of Conversion of Degraded Natural Forests into Monoculture Plantations. *Agriculture*, 10(8), 357.
76. Nisha, S., & Prasad, S. (2020). Absorption spectrometric macronutrients review of soil health during taro crop production. *Applied Spectroscopy Reviews*, 55(5), 378-392.
77. Nunes, M. R., van Es, H. M., Schindelbeck, R., Ristow, A. J., & Ryan, M. (2018). No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield. *Geoderma*, 328, 30-43.

78. Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J., & Romero, H. E. (2018). Metodología de la investigación: Cuantitativa–Cualitativa y Redacción de la Tesis.(5ta. Ed.). Bogotá: Ediciones de la U.
79. Osterholz, W. R., Culman, S. W., Herms, C., Joaquim de Oliveira, F., Robinson, A., & Doohan, D. (2021). Knowledge gaps in organic research: Understanding interactions of cover crops and tillage for weed control and soil health. *Organic Agriculture*, 11(1), 13-25.
80. Rafiq, M. K., Bai, Y., Aziz, R., Rafiq, M. T., Mašek, O., Bachmann, R. T., Joseph, S., Shahbaz, M., Qayyum, A., Shang, Z., Danaee, M., & Long, R. (2020). Biochar amendment improves alpine meadows growth and soil health in Tibetan plateau over a three year period. *The Science of the total environment*, 717, 135296. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135296>
81. Rafiq, M. K., Joseph, S. D., Li, F., Bai, Y., Shang, Z., Rawal, A., ... & Long, R. J. (2017). Pyrolysis of attapulgitic clay blended with yak dung enhances pasture growth and soil health: Characterization and initial field trials. *Science of the Total Environment*, 607, 184-194.
82. Rajalakshmi, A. G. (2020). Utilization of Agricultural Waste as Biochar for Soil Health. In *Biochar Applications in Agriculture and Environment Management* (pp. 207-221). Springer, Cham.
83. Rajkhowa, D. J., Sarma, A. K., Mahanta, K., Saikia, U. S., & Krishnappa, R. (2017). Effect of vermicompost on greengram productivity and soil health under hilly ecosystem of North East India. *Journal of Environmental Biology*, (1), 15.
84. Rincón, L. E. C., & Muñoz, L. M. M. (2005). Enzimas del suelo: indicadores de salud y calidad. *Acta Biológica Colombiana*, 10(1), 5-18.
85. Romano, E. L., Pena-Yewtukhiw, E. M., Waterland, N. L., & Grove, J. H. (2017). Soil health benefit to composted manure application and insertion of a sod component in a long-term organic crop rotation. *Soil Science*, 182(4), 137-145.
86. Saikia, J., Saikia, L., Phookan, D. B., & Nath, D. J. (2018). Effect of biofertilizer consortium on yield, quality and soil health of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Legume Research-An International Journal*, 41(5), 755-758.
87. Saleem, M., Hu, J., & Jousset, A. (2019). More than the sum of its parts: microbiome biodiversity as a driver of plant growth and soil health. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 50, 145-168.

88. Salgado Lévano, A. C. (2007). Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit*, 13(13), 71-78.
89. Sánchez Meca, J. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. *Aula abierta*.
90. Shi, G., Sun, H., Calderón-Urrea, A., Li, M., Yang, H., Wang, W., & Su, G. (2021). Las comunidades bacterianas como indicadores de la salud del suelo bajo un sistema de cultivo continuo. *Degradación y desarrollo de la tierra*, 32 (7), 2393-2408.
91. Shi, G., Sun, H., Calderón-Urrea, A., Li, M., Yang, H., Wang, W., & Su, G. (2021). Bacterial communities as indicators of soil health under a continuous cropping system. *Land Degradation & Development*, 32(7), 2393-2408.
92. Singh, V. K., Dwivedi, B. S., Mishra, R. P., Shukla, A. K., Timsina, J., Upadhyay, P. K., Shekhawat, K., Majumdar, K., & Panwar, A. S. (2018). Yields, soil health and farm profits under a rice-wheat system: Long-term effect of fertilizers and organic manures applied alone and in combination. *Agronomy*, 9(1), 1.
93. Sinha, A. K. (2017). Effect of sowing schedule and integrated nutrient management on productivity, profitability and soil health in rainfed baby corn (*Zea mays*)-horse gram (*Macrotyloma uniflorum*) cropping sequence. *Indian Journal of Agronomy*, 62(4), 417-423.
94. Sofi, J. A., Kirmani, N. A., Bhat, M. A., & Bhat, M. I. (2018). Soil health as influenced by FYM and nitrogen under rainfed saffron cultivation.
95. Srivastava, A. K., Paithankar, D. H., Venkataramana, K. T., Hazarika, B., & Patil, P. (2019). INM in fruit crops: Sustaining quality production and soil health. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 83(3), 379-95.
96. Stevens, A. W. (2018). The economics of soil health. *Food Policy*, 80, 1-9.
97. Stirling, G. R. (2017). Soil carbon, root health and nematode pests in sugarcane soils. 1. Root and soil health and its relationship to soil carbon levels. In *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol* (Vol. 39, pp. 155-165).
98. Sun, W., Dou, F., Li, C., Ma, X., & Ma, L. Q. (2021). Impacts of metallic nanoparticles and transformed products on soil health. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(10), 973-1002.

99. Sundram, S., Angel, L. P. L., & Sirajuddin, S. A. (2019). Integrated balanced fertiliser management in soil health rejuvenation for a sustainable oil palm cultivation: A review. *Journal of Oil Palm Research*, 31, 348-363.
100. Teague, W. R. (2018). Forages and pastures symposium: Cover crops in livestock production: Whole-system approach: Managing grazing to restore soil health and farm livelihoods. *Journal of animal science*, 96(4), 1519-1530.
101. Tiwari, H., Kumar, M., Naresh, R. K., Singh, M. K., Malik, S., Singh, S. P., & Chaudhary, V. (2018). Effect of organic and inorganic fertilizers with foliar application of gibberellic acid on productivity, profitability and soil health of marigold (*Tagetes erecta* L.) cv. Pusa Narangi Gainda. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*, 14(2), 575-585.
102. Verma, V. K., Jha, A. K., Verma, B. C., Nonglait, D., & Chaudhuri, P. (2018). Effect of Mulching materials on soil health, yield and quality attributes of broccoli grown under the mid-hill conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88(4), 1589-1596.
103. Vishwanath., Kumar, S., Purakayastha, T. J., Datta, S. P., KG, R., Mahapatra, P., ... & Yadav, S. P. (2022). Impact of forty-seven years of long-term fertilization and liming on soil health, yield of soybean and wheat in an acidic Alfisol. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 68(4), 531-546.
104. Wade, J., Culman, S. W., Hurisso, T. T., Miller, R. O., Baker, L., & Horwath, W. R. (2018). Sources of variability that compromise mineralizable carbon as a soil health indicator. *Soil Science Society of America Journal*, 82(1), 243-252.
105. Wulanningtyas, H. S., Gong, Y., Li, P., Sakagami, N., Nishiwaki, J., & Komatsuzaki, M. (2021). A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. *Soil and Tillage Research*, 205, 104749.
106. Xue, R., Wang, C., Liu, M., Zhang, D., Li, K., & Li, N. (2019). A new method for soil health assessment based on Analytic Hierarchy Process and meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 650, 2771-2777.

107. Yadav, G. S., Babu, S., Das, A., Datta, M., Mohapatra, K. P., Singh, R., ... & Chakraborty, M. (2021). Productivity, soil health, and carbon management index of Indian Himalayan intensified maize-based cropping systems under live mulch based conservation tillage practices. *Field Crops Research*, 264, 108080. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108080>
108. Yang, T., Siddique, K. H., & Liu, K. (2020). Cropping systems in agriculture and their impact on soil health-A review. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01118. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01118>
109. Zribi, W., Faci, J. M., & Aragüés, R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *Información técnica económica agraria*, 107(2), 148-162.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de categorización apriorística

Matriz de categorización apriorística: Estrategias para la conservación de la salud del suelo.						
Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Sub-categoría	Ítems/indicadores		
Identificar y describir las estrategias físicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo	¿Cuáles son las estrategias físicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo?	Estrategias físicas	Estrategia	Estrategia	Cultivo o ecosistema	Justificación de la estrategia
Identificar y describir las estrategias químicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo	¿Cuáles son las estrategias químicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo?	Estrategias químicas	Estrategia	Estrategia	Cultivo o ecosistema	Justificación de la estrategia
Identificar y describir las estrategias biológicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo.	¿Cuáles son las estrategias biológicas utilizadas para la conservación de la salud del suelo?	Estrategias biológicas	Estrategia	Estrategia	Cultivo o ecosistema	Justificación de la estrategia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Estrategias para la Conservación de la Salud del Suelo: Una Revisión Sistemática.", cuyos autores son ARI ACERO VALERY KELLY, ACOSTA INOCENCIO NICOLLE JAZMINNE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 23 de Agosto del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOLORZANO ACOSTA RICHARD ANDI DNI: 45283270 ORCID: 0000-0003-3248-046X	Firmado electrónicamente por: RSOLORZANOAC el 23-08-2022 11:01:00

Código documento Trilce: TRI - 0423420