



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Calidad Ambiental del Suelo en Cultivos Agrícolas de Café y Cacao
: Revisión Sistemática, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Huillca Condori, Martha (ORCID: 0000-0001-6818-1715)

Tuco Huaman, Redi (ORCID: 0000-0002-8127-8551)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico mi tesis a mi mama Juliana que con su constante apoyo me dio fuerzas para seguir adelante, por todo tu amor y paciencia y por todo lo que me inculcaste desde niño para salir adelante dedico este trabajo a ti, y espero seguir enorgulleciéndote siempre.

Dedico a mis padres y a mi familia por brindarme su persistencia para poder seguir formándome como profesional y a todos mis amigos (a) por su apoyo incondicional en mi desarrollo profesional.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la dicha y la felicidad para poder concretar mis sueños que tanto anhelaba gracias a mis esfuerzos pude lograr un pasito más en mi vida profesional.

Agradezco en primer lugar a mi familia, sobre todo a mi padre que con su bondad y humildad me ensaaron muchas cosas de la vida, porque gracias a ellos soy lo que soy. Agradezco también a mis hermanas y amigos que siempre estuvieron a mi lado en los momentos difíciles. Muchas gracias a todos, siempre los llevare en mi corazón y en este momento importante en el que culmino mi tesis.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Índice de abreviaturas	vii
Resumen.....	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística	14
3.3. Escenario de estudio.....	14
3.4. Participantes	14
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.6. Procedimientos	15
3.7. Rigor científico	18
3.8. Método de análisis	19
3.9. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXO.....	51

Índice de tablas

Tabla 1: Matriz de categorización apriorística.....	13
Tabla 2: Base de Datos.	14
Tabla 3: Bioindicadores influyentes en la calidad del suelo.....	20
Tabla 4: Mecanismos de acción de los bioindicadores en la calidad del suelo....	29
Tabla 5: Agroquímicos agrícolas que afectan las propiedades del suelo.	35

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Cultivos de café.....	9
Figura 2: Aplicación de agroquímicos en cultivos de cacao.	9
Figura 3: Diagrama de búsqueda de artículos para el desarrollo del proyecto. ..	17

Índice de abreviaturas

TOC: Carbono orgánico total.

RD: Densidad relativa del suelo.

PMF: Factorización de matriz positiva.

LMP: Límites Máximo permisible.

Resumen

La investigación se enmarcó en una revisión literaria en cuanto a la calidad del suelo mediante el desarrollo de actividades agrícolas con uso de agroquímicos. Donde tuvo como objetivo general Evaluar la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de café y cacao. El tipo de investigación fue aplicada, diseño fue narrativo tópico. Los resultados los bioindicadores que influyeron en la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de Café y Cacao fueron la macrofauna, la microfauna, mesofauna y macrofauna, en cuanto a las funciones que cumplieron los bioindicadores en la calidad del suelo de cultivos agrícolas fueron que los residuos orgánicos presentes en el suelo aceleraron el proceso de descomposición, modificaron las estructuras físicas del suelo, mineralizaron a los agentes químicos, además en cuanto a los agroquímicos presentes que afectaron la calidad de los suelos por el uso indiscriminado fueron los Hexazinona, Piretroides, Diiclorodifeniltricloroetano (DDT), Glifosato, glufosinato, paraquat y paraquat-diquat, Cipermetrina y Tiametoxam, Urea, superfosfato simple (SSP), superfosfato triple (TSP), muriato de potasa (MP), DAP, HPS. Se concluyó que los bioindicadores presentes en el suelo determinaron la calidad ambiental del suelo donde se desarrollaron los cultivos agrícolas, ya que los bioindicadores cumplieron funciones específicas en la salud del suelo.

Palabra clave: Calidad ambiental, suelo, cultivos agrícolas.

Abstract

The research was part of a literary review regarding the quality of the soil through the development of agricultural activities with the use of agrochemicals. Where its general objective was to evaluate the environmental quality of the soil in agricultural crops of coffee and cocoa. The type of research was applied, design was topical narrative. The results of the bioindicators that influenced the environmental quality of the soil in agricultural crops of Coffee and Cocoa were the macrofauna, the microfauna, the mesofauna and the macrofauna, in terms of the functions that the bioindicators fulfilled in the quality of the soil of agricultural crops were that the organic residues present in the soil accelerated the decomposition process, modified the physical structures of the soil, mineralized the chemical agents, as well as the agrochemicals present that affected the quality of the soil due to indiscriminate use were Hexazinone, Pyrethroids, Diichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), Glyphosate, glufosinate, paraquat and paraquat-diquat, Cypermethrin and Thiamethoxam, Urea, simple superphosphate (SSP), triple superphosphate (TSP), muriate of potash (MP), DAP, HPS. It was concluded that the bioindicators present in the soil determined the environmental quality of the soil where the agricultural crops were developed, since the bioindicators fulfilled specific functions in the health of the soil.

Keyword: Environmental quality, soil, agricultural crops

I. INTRODUCCIÓN

La presencia y riesgo de problemas de contaminación en las tierras agrícolas se puede visualizar de diferentes maneras, debido a los diferentes usos humanos en la actualidad, en este caso la producción de, café y cacao. (Díaz, 2021)

En 2018, las exportaciones de cacao y café de Perú tuvieron un valor de \$280 millones. Perú es exportador de cacao, que es el octavo producto más exportado y segundo en el sector agrícola, después del café, con unas 150 mil hectáreas a nivel nacional. Europa es el principal mercado del destino. Los compradores de cacao y café en Europa demandan bajo contenido de cadmio, en base a la normativa, y si no llega a un nivel aceptable lleva a su compra o pide precios más bajos, lo que afecta las exportaciones, esta es la barrera comercial actual. (Lino, 2019)

La realidad problemática del estudio se centra en el problema de los metales pesados y el cadmio en el cacao y café, el cual no solo en Perú, sino toda la región amazónica, donde diversos análisis han reportado bajas y altas, y en el caso de límites altos, lamentablemente estos análisis superan los recomendados. Registrado en países productores de África. (Lynn, 2019). En este sentido, para la comercialización del cacao en los mercados europeos y norteamericanos mencionados, es necesario realizar un análisis de producción propio en cuanto a la presencia de metales pesados, como plomo, cadmio, etc., enviados a estos mercados. Con el objetivo de que nuestros productos sean aceptados en estos mercados. (Buta et al., 2021, p.12)

Asimismo, la agricultura convencional afecta la calidad del suelo y modifica la capacidad del suelo, la intensidad de la producción agrícola incide en la pérdida de valor de otros servicios ecosistémicos, el cual se estimada en un 33 % del suelo debido a la erosión, salinización, acidificación, contaminación o compactación (FAO, 2018, p.6), según (Marion et al., 2022) el 52 % de la tierra agrícola se ve afectada por una degradación moderada o severa, todo ello ocasionado por la presencia de contaminantes en el suelo. Por tal motivo, el presente estudio examina la calidad ambiental del suelo por la aplicación y uso de agroquímicos en los cultivos de cacao y café, sus causas, a través de una revisión de artículos y revistas científicas, libros y

antecedentes institucionales, haciendo hincapié en el estudio de los bioindicadores que son beneficiosos para medir su impacto en los cultivos agrícolas por el uso excesivo de los agroquímicos (Mohammadi et al., 2022, p.13).

Los agroquímicos son importantes en los cultivos como alimentos por su rápido crecimiento de las plantas, pero su uso tiene un impacto negativo en el ambiente, el cual conlleva a reducir organismos y microorganismos benéficos del suelo, (Robson et al., 2018, p.45).

Estos organismos se denominan bioindicadores porque pueden ser animales o plantas, responder a un estímulo positivo o negativo, alterar sus funciones vitales o acumular toxinas biológicas provenientes de agroquímicos. (Yang et al., 2020, p.24)

Según el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria-INIA (2018, p.12), los bioindicadores del suelo se clasifican de la siguiente manera: Microbiana (bacterias y hongos), microorganismos (nematodos, protozoos), mesozoítos (ácaros, artrópodos - gusanos pequeños) y animales grandes (lombrices de tierra, lombrices bolita, moluscos y larvas de insectos); también menciona las funciones de estos organismos bioindicadores del suelo, como su intervención en el ciclo de nutrientes, el secuestro de carbono, la modificación de los gases de efecto invernadero, los cambios en la estructura física del suelo y los efectos sobre los regímenes hídricos y la erosión.

Este estudio tiene como fin comprender y generar conciencia sobre el impacto del abuso de agroquímicos en la agricultura a través de la calidad ambiental del suelo, ya que es un componente vital del planeta, que ofrece servicios a los productos agrícolas, la producción de alimentos, el crecimiento y desarrollo de las plantas, el hábitat, la captura de carbono y el ambiente, calidad de los animales y microorganismos (Jiang, 2019, p.13). Del mismo modo, el presente estudio ha seleccionado bioindicadores para medir el impacto de las aplicaciones de agroquímicos en las tierras de cultivo, ya que son fundamentales para determinar el cambio ambiental (Deng et al., 2020, p.23).

Es así que se hace trascendental la necesidad de establecer la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de café y cacao, con fines de obtener información

relevante que permita contrarrestar esta problemática que aqueja nuestro país, del mismo modo evitar los problemas de exportación de nuestros productos bandera.

Por consiguiente, se formula el problema general: ¿Cuál será la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de café y cacao, revisión sistemática, 2022? Seguido de los problemas específicos: ¿Qué tipo de bioindicadores influyen en la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de Café y Cacao? ¿Cuáles serán las funciones que cumplen los bioindicadores en la calidad del suelo de cultivos agrícolas? ¿Cuáles serán los agentes químicos que influyen en la calidad del suelo de los cultivos de café y cacao?

Seguidamente se formula el objetivo general: Analizar a partir de una revisión sistemática la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de café y cacao, 2022. Los objetivos específicos: Identificar los tipos de bioindicadores que influyen en la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de Café y Cacao, Determinar las funciones que cumplen los bioindicadores en la calidad del suelo de cultivos agrícolas, Identificar los agentes químicos que influyen en la calidad del suelo de los cultivos de café y cacao.

Por último, se planteó la Justificación teórica, se fundamentó en la compilación de información de artículos y revistas indexadas que servirán para posteriores investigaciones aplicadas, sobre la calidad ambiental de los suelos en cultivos de café y cacao, con el fin conocer el impacto ambiental en el suelo por uso excesivo y desmedido de las sustancias químicas, que son principalmente utilizados para controlar cualquier tipo de plagas, malezas y mejorar la productividad, la Justificación metodológica está basada directamente en el dar a conocer a través de la compilación de información la afectación que origina el uso excesivo de estos agroquímicos sobre el suelo y que son de suma importancia para enriquecer el conocimiento sobre la aplicación de alternativas eco amigables, tales como los abonos orgánicos y otras alternativas sostenibles, y la Justificación ambiental es la de generar un cambio mediante la difusión de información sobre la afectación de la calidad del suelo por el uso excesivo de agroquímicos, del mismo modo conocer y del mismo ahondar en la afectación que sufren los bioindicadores al ser expuestos con las diversas sustancias químicas que existen en los cultivos de café y cacao.

II. MARCO TEÓRICO

Marion et al. (2022). Evaluaron seis estrategias para el cálculo de un índice de calidad del suelo con diferentes grados de complejidad, para definir la herramienta tecnológica más simple, eficaz y de bajo costo para la evaluación de la calidad del suelo (SQ), con el objetivo de contribuir a la mejora de la calidad del suelo. Usaron el método de puntos de recolección de muestras (CP) en tres ubicaciones (CP1, CP2 y CP3) bajo tres sistemas diferentes de uso de la tierra: bosque nativo (NF), un sistema de labranza (TS) y un sistema de labranza cero (NTS). Lograron, indicar que todos los SQI detectaron de manera eficiente los cambios en la calidad del suelo en los diferentes sistemas. Los enfoques de reducción de conjuntos de datos para determinar los valores SQI entre diferentes usos de la tierra confirmaron que el método de integración QS más simple (SQI-6) es tan efectivo como los métodos más complejos (SQI-1, SQI-2, SQI-3, SQI-4 y SQI-5). SQI-5). Concluyeron que usar SQI ponderado con un número reducido de indicadores de suelo (LEO-DS), como pH, fósforo (P), Diagnóstico Rápido de la Estructura del Suelo (RDSS), Densidad Relativa del Suelo (RD) y Carbono Orgánico Total (TOC), puede ser un protocolo potencial para apoyar la implementación de una herramienta tecnológica eficaz y de bajo costo para la gestión del suelo en el sur de Brasil.

Cavalcante et al. (2022). Evaluaron el comportamiento de la hexazinona en suelos brasileños con diferentes propiedades físicas y químicas. Usaron como método tres suelos agrícolas con texturas contrastantes: Cambisol (arcillo arenoso), Ferrasol (franco arenoso) y Arenosol (arenoso franco) de áreas exentas de aplicación de herbicidas. La cuantificación de hexazinona se realizó mediante cromatografía líquida de ultra alta resolución acoplada a un espectrómetro de masas (LC-MS/MS). Como resultado determinaron que la vida media ($t_{1/2}$) de la hexazinona en los suelos estudiados mostró valores similares, siendo $t_{1/2} = 24$ días para el Arenosol, $t_{1/2} = 23$ días para el Cambisol y $t_{1/2} = 22$ días para el Ferrasol, además, lograron mostrar que el Cambisol mostró mayor capacidad de lixiviación, con un índice GUS=3.9, en comparación con el Arenosol y Ferrasol, que tuvieron un índice GUS de 3.6 y 3.2, respectivamente.

Gupta et al. (2021). Evaluaron las concentraciones de Cu, Mn, Zn, Cd, Pb, Ni y Co en las muestras de suelo agrícola. Se usó como método análisis estadísticos multivariados que incluyen PCA, HCA y matriz de correlación sugirieron el origen mixto de HM en el suelo. Lograron revelar que el Cd es responsable de una contaminación moderada a alta del suelo. Concluyeron que la ingestión era una vía principal de exposición, mientras que la exposición dérmica y por inhalación era insignificante.

Liu et al. (2021). Evaluaron el potencial del índice de geo acumulación en la evaluación del riesgo potencial del suelo agrícola mediante la identificación de fuentes de riesgo ecológico. Usaron como método un análisis exhaustivamente 315 de las muestras de suelo recolectadas en 2009, 2014 y 2018 mediante una evaluación del índice de contaminación único (índice de factor único, índice de geo acumulación), evaluación integral (índice de Nemerow, índice de riesgo ecológico potencial) y análisis de tendencias. Lograron mostrar que el análisis del índice de factor único mostró que el índice de geo acumulación consideró el impacto de la diagénesis natural de los valores de fondo y las actividades humanas en el medio ambiente. Concluyeron que este estudio puede proporcionar información importante para que los responsables de la formulación de políticas y los ingenieros ambientales reconozcan cuantitativamente la contaminación del suelo y la eficacia de la gobernanza en función de métodos de evaluación aplicables y razonables.

Mohammadi, et al. (2022). Evaluaron las concentraciones de metales pesados (HM) en la capa superior del suelo alrededor del lago Urmia (que secó alrededor del 50% en los últimos años). Usaron como método la recolección de 96 muestras de suelo superficial de un área de aproximadamente 4000 km² en 2019. Se utilizó una espectrometría de emisión atómica de plasma acoplada inductivamente (ICP-AES) para medir las concentraciones de HM, incluido el cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn). Las concentraciones medias de Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cr, As y Cd fueron 68,66, 35, 31,66, 15, 14,4, 11,2, 7,04 y 0,26 mg/kg, respectivamente, lo que estuvo dentro del rango permitido por la USEPA. Guía. Los valores medios del factor de enriquecimiento (FE) para Zn, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Co y As fueron 1,3, 1,9, 1, 1,2, 1,7, 2,8, 1,8 y 2, respectivamente. Los riesgos carcinogénicos de la exposición a los HM por vía de

exposición por inhalación, dérmicos e ingestión se encontraban en un nivel seguro. Concluyeron que el hallazgo confirmó que las concentraciones de HM alrededor del lago Urmia no tenían ningún riesgo para la salud de los habitantes.

Proshad et al. (2021). Evaluaron descubrir las propiedades fisicoquímicas, la concentración de metales, las fuentes de metales. Usaron como método análisis estadísticos y el modelo de factorización de matriz positiva (PMF) utilizando 315 muestras de suelo y 250 de alimentos (25 especies) en Jhenidah y en el distrito de Kushtia, Bangladesh. Lograron determinar el rango de contenido de Pb, Cd, As, Cu, Ni y Cr (mg/kg) en los suelos resultó ser de 0,97 a 114,72, 0,11 a 7,51, 1,07 a 23,38, 0,89 a 122,91, 0,91 a 77,32 y 0,7 a 23,03 mg. /kg, respectivamente, mientras que en las muestras de alimentos se encontró que eran 0,46–11,48, 0,30–11,54, 0,47–9,21, 0,20–3,59, 0,001–1,76 y 0,27–5,93 mg/kg, respectivamente, además, el modelo PMF reveló que el Cu (81,4 %) en los suelos del área de estudio fue predominantemente aportado por la combustión de combustible vehicular, el Cr (84,9 %) fue principalmente de origen natural, el Pb (73 %) resultó de las emisiones del tráfico, el Cd (74,3 %) y El As (63,4%) provino principalmente de prácticas agrícolas mientras que el Ni (70,9%) predominó como contaminación industrial.

Lin et al. (2021). Evaluaron desarrollar un método de aplicación indirecta para el reciclaje seguro de nutrientes de lodos de depuradora municipal (MSS) para su uso en la agricultura. Usaron como método el monitoreo de los niveles de cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo y zinc en el suelo, cultivos y MSS. Lograron determinar que, en comparación, la aplicación directa de MSS resultó en niveles de Cd y Cu en el suelo que excedieron los estándares del suelo de China en el tercer y cuarto año. Con el SSN, más del 94% de los metales pesados quedaron retenidos en el MSS, y estos estuvieron presentes principalmente en la fracción residual. Concluyeron que la aplicación indirecta de MSS podría reducir considerablemente la contaminación del suelo por metales pesados y suministrar nutrientes para los cultivos de manera segura.

Sun et al. (2019). Evaluaron proporciona una descripción general de los datos científicos publicados sobre la contaminación del suelo en China, con un enfoque particular en la contaminación orgánica en los suelos agrícolas. Usaron como método en base en los artículos revisados por pares relacionados publicados desde 2000 (n=

203), evaluamos los contaminantes orgánicos prioritarios en China, revelamos sus distribuciones espaciales y temporales a escala nacional, identificamos sus posibles fuentes y destinos en el suelo, evaluamos su potencial ambiental. Lograron concluir que esta revisión crítica destacó varias direcciones de investigación futuras, incluida la contaminación combinada, las interacciones interfaciales, la seguridad alimentaria, la biodisponibilidad, los efectos ecológicos y los métodos de remediación integrados para la contaminación orgánica combinada en el suelo.

Robson et al. (2018). Evaluaron investigar si la arsenopirita (FeAsS), el principal mineral de arsénico, se oxida-disuelve a una velocidad que es relevante para el crecimiento de los cultivos y evaluó la disponibilidad de los productos de alteración para los cultivos comunes. Usaron como método el cultivo de *Triticum aestivum* (trigo de primavera) en el suelo templado enriquecido para evaluar la absorción de arsénico por las plantas. Las plaquetas de arsenopirita se expusieron a las condiciones del suelo de campo (2 años) y se examinaron en busca de fases de alteración secundaria. La concentración de As en semillas de plantas de suelos enriquecidos ($21,2 \text{ nmol g}^{-1} \text{ As}$) fue significativamente mayor que para las plantas cultivadas en suelos de control ($1,88 \text{ nmol g}^{-1} \text{ As}$). Las fases secundarias de Fe-O-As formaron aglomerados y bordes en la interfase suelo-mineral en condiciones de campo. Lograron concluir que este estudio demuestra que la contaminación de suelos agrícolas con partículas finas de arsenopirita es un peligro grave en suelos formados bajo entornos geológicos y climáticos contrastantes.

Sharma et al. (2018). Evaluaron los impactos ambientales de usos agrícolas alternativos para tierras agrícolas mal drenadas en Irlanda mediante la evaluación del ciclo de vida (LCA). Usaron como método calcular las consecuencias ambientales netas en el contexto de los mercados regionales o globales. En conclusión, un sistema lechero u ovino basado en pastos tendría la mayor reducción del impacto global neto (es decir, el mayor beneficio global) como opciones de uso de la tierra para granjas con suelos mal drenados, también está claro que la elección del co-producto regional o global desplazado del mercado tiene una gran influencia en los resultados y existe la necesidad de considerar modelos de consumo más detallados para comprender mejor el proceso de sustitución.

Shrivastava et al. (2019). Evaluaron la acumulación de arsénico en las capas más profundas del suelo con el tiempo en el suelo agrícola contaminado ($19,40 \pm 0,38$ mg/kg en 0–5 cm, $27,17 \pm 0,44$ mg/kg en 5–10 cm y $41,24 \pm 0,48$ mg/kg en 10–15 cm) en 2013 mientras que el agotamiento en 2014 y su acumulación en diferentes partes de la planta de arroz monzónico en Nadia, India. Usaron como método el análisis de componentes principales y análisis de conglomerados, y se calculó el factor de enriquecimiento para identificar las fuentes de arsénico en el suelo. También se calculó el riesgo ecológico potencial para estimar el grado de riesgo que representa el arsénico en el suelo, junto con el riesgo potencial de la exposición al arsénico en la dieta. Cabe destacar que la concentración de arsénico detectada en el grano de arroz mostró un valor promedio de 1,4 mg/kg en 2013 que aumentó a 1,6 en 2014, ambos por encima del límite permisible (1 mg/kg). Lograron concluir que las inundaciones monzónicas aumentan la infiltración de arsénico en la capa más profunda del suelo, lo que conduce a una mayor contaminación de las aguas subterráneas poco profundas.

La calidad ambiental está íntimamente relacionada con la felicidad de las personas. Es importante señalar que la calidad ambiental es un concepto relacionado con la contaminación e incluye, además de componentes como el aire, el agua, el suelo, todos los cambios físicos, químicos y biológicos que puede sufrir el medio ambiente o el territorio debido a la naturaleza y/o a la dinámica del desarrollo ambiental humano (Berenstein et al., 2022).

El suelo es la parte más superficial de la corteza terrestre y se compone principalmente de residuos de rocas resultantes de la erosión y otros cambios físicos y químicos, así como de materia orgánica resultante de la actividad biológica que ocurre en la superficie terrestre (Cao et al. en 2022).

Los cultivos agrícolas también se refieren a una actividad relacionada con la producción de cultivos de la tierra, el cultivo y la cosecha de cultivos, la explotación de bosques y selvas (cultivo forestal) y la cría y desarrollo de ganado (Dakhlalla et al. 2018).

Los bioindicadores son características por ser medibles y que brindan información útil sobre el estado, la calidad o los cambios de un ecosistema y los factores que afectan ese ecosistema (Sun, et al., 2019, p. 16)

Figura 1: Cultivos de café.



Fuente: Santos, 2018.

Figura 2: Aplicación de agroquímicos en cultivos de cacao.



Fuente: Santos, 2018.

La microflora se utiliza como bioanalizador de la calidad del suelo y para determinar su restauración o degradación, y es diverso, abundante y multifuncional (Marion et al., 2022); Las hormigas, termitas, gorgojos, escorpiones, arañas y otros grupos

menos conocidos son abundantes e importantes para el funcionamiento del suelo y afectan la degradación de nutrientes y la mineralización.

El microfauna es uno de los mecanismos biológicos donde encontramos microorganismos, que están directamente relacionados con la producción y sustentabilidad de la agricultura, y que interfieren en los ciclos bioquímicos de los nutrientes. et al., 2022). Cierta grupo de microorganismos ha podido crecer en cultivos con alto contenido de pesticidas, por ejemplo, el clorpirifos (Wang et al., 2019).

Los organismos mesozoicos son más ricos y diversos que la biota, siendo más importantes las garrapatas y sus colas por su abundancia, diversidad y función en el suelo, además de ser indicadores ecológicos por la peculiaridad de su gran diferenciación, ciclo de vida corto y falta de dispersión. .de especies. (Liu et al., 2019)

Los animales grandes están emparentados con las lombrices de tierra (oligochaetes megadrils), se utilizan como indicador de la salud del suelo y representan hasta el 92% de la biomasa de varios ecosistemas. Estos cambios provocan cambios significativos en el suelo, interfieren con la dinámica de la materia orgánica, enriquecen la estructura del suelo y afectan los ciclos biogeoquímicos, así como la diversidad atmosférica en la región aguas abajo. (Liu et al., 2021)

La materia orgánica se compone principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, aunque puede contener otros macro y micronutrientes requeridos por las plantas (Wang et al. 2022). La hidratación es la etapa final de la descomposición de la materia orgánica, durante la cual aparecen sustancias negras y degradables, llamadas humus (Nguyen et al. 2021).

Las bacterias, los hongos, los insectos, las lombrices de tierra, los bichos y otras criaturas excavan y digieren el estiércol, creando un suelo fértil. Los minerales y nutrientes del suelo se reciclan durante la producción de granos (Wang et al. 2019).

Las actividades microbianas alteran la estructura física del suelo y también ayudan a que el suelo regrese a su estado natural para desarrollar diversas actividades agrícolas, producir productos de mayor calidad y niveles de residuos de agentes, y menor toxicidad (Wang et al. 2020). Los tipos de productos insecticidas incluyen organofosforados (como el malatión), organoclorados (como el DDT).

Los insecticidas son compuestos químicos que se utilizan para controlar o matar insectos portadores de enfermedades (Wang 2019). Los herbicidas son esenciales para evaluar la efectividad del control de malezas y comprender el potencial de contaminación ambiental, también tienen las propiedades de los coloides orgánicos e inorgánicos en el suelo dependiendo de las características del suelo, las propiedades fisicoquímicas de los compuestos, las propiedades del suelo y las condiciones climáticas. (Cavalcante 2022).

Los alguicidas son sustancias químicas que controlan, previenen y eliminan las algas y bacterias que pueden formarse en piscinas, es un producto importante para el mantenimiento de las piscinas (Zhang et al. 2022).

Los bactericidas son mecanismos de acción contra las bacterias para su eliminación (los protozoos no tienen un núcleo diferenciado, causan enfermedades o descomponen, según la especie, la materia orgánica); Un biocida efectivo contra bacterias como un fungicida contra hongos o un insecticida contra insectos (Shrivastava et al. 2019). Los organoclorados pertenecen a una clase de insecticidas artificiales que se desarrollaron principalmente para controlar las poblaciones de insectos (Proshad et al. 2021).

Las triazinas forman parte de una clase de insecticidas utilizados para controlar las malas hierbas en la agricultura intensiva. Desde un punto de vista químico, son derivados heterocíclicos del nitrógeno. Los tipos más famosos de triazinas son las clorotriazinas, a saber: cymazina, propazina, atrazina, cianazina y cyperazine (Sun et al. 2019). Los carbamatos se utilizan en hogares, jardines y agricultura. Estas sustancias comparten con los organofosforados la capacidad de inhibir las enzimas colinesterasa y, por lo tanto, comparten síntomas similares durante la exposición aguda y crónica (Kharazia et al., 2008). año 2021).

Los neonicotinoides son una nueva clase de insecticidas que afectan el sistema nervioso de las abejas y otros polinizadores, causando parálisis y muerte. Actualmente es el insecticida más utilizado en el mundo. Se utilizan como polvos para encapsular semillas, como líquidos para rociar sobre las hojas de las plantas y directamente sobre el suelo, y se ha descubierto que contaminan las aguas superficiales, los lagos, los ríos y el agua de mar (Das et al. 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Fue aplicada, porque se utilizó con un propósito de generar nuevos conocimientos sobre un hecho u objeto, se identificó los problemas que se necesitan intervenir e identificar soluciones a la estrategia (Vargas, 2019, p.145-146). En ese sentido el presente estudio buscó conocer la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de café y cacao a través de la identificación de los tipos bioindicadores que influyen en el suelo, los mecanismos de acción y los tipos de productos químicos que intervienen en la contaminación ambiental. El objetivo del tipo de investigación fue crear un nuevo conocimiento a partir de la recopilación de información de artículos de relevancia científica y luego plasmarlo, para así ser útil en el futuro (Hernández, 2014, p.389).

Diseño de investigación.

El diseño narrativo tópico, porque los investigadores recopilaron datos sobre las historias y experiencias de un acontecimiento para describirlas y analizarlas con el fin de dar solución a un problema con objetivos planteados (Salgado, 2007, p.2). Por otro lado, también existen hechos, eventos, fenómenos, procesos que suelen utilizarse como fichas de recopilación documentos, periódicos, artículos, etc., todos los cuales centran la imagen del presente o generan interés. (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p. 488-490).

3.2. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 1: Matriz de categorización apriorística.

Título: Calidad Ambiental del Suelo en Cultivos Agrícolas de Café y Cacao, Revisión Sistemática.					
Objetivo específico	Problema específico	Categoría	subcategoría	Criterios	Unidad de Análisis
Identificar los tipos de bioindicadores que influyen en la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de Café y Cacao	¿Qué tipo de bioindicadores influyen en la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de Café y Cacao?	Bioindicadores	<ul style="list-style-type: none"> . Microflora . Microfauna . Mesofauna . Macrofauna 	<ul style="list-style-type: none"> . (Bacterias y hongos) . (Nematodos, protozoarios, ácaros-pequeños) . (Ácaros, colémbolos, artrópodos-pequeños, enquitaidoslombrices pequeñas). . (Lombrices Enquitraidosgrandes, bicho bolita, diplopodos, quilopoda, moluscos, insecta-larvas y adulto) 	<ul style="list-style-type: none"> . Deng et al. (2020) . Das et al. (20219) . Hu et al. (2022) . Hu y Chabbi. (2022) . Yang et al. (2021) . Udousoro et al. (2018) . Shakoor et al. (2022)
Determinar las funciones que cumplirán los bioindicadores en la calidad del suelo de cultivos agrícolas.	¿Cuáles serán las funciones que cumplirán los bioindicadores para la calidad del suelo de cultivos agrícolas?	Mecanismos de acción de los bioindicadores	<ul style="list-style-type: none"> . Catabolizan M.O. . Promueven la humificación. . Intervienen en el reciclaje de nutrientes. . Modifican la estructura física del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> . Estructura, disponibilidad de carbono y nitrógeno . Restos de plantas, Restos de animales . Color, textura 	<ul style="list-style-type: none"> . Kharazia et al. (2021) . Liu et al. (2021) . Lin et al. (2021) . Li et al. (2018) . Li, Helian et al. (2018) . Young et al. (2021)
Identificar los agentes químicos que influyen en la calidad del suelo de los cultivos de café y cacao	¿Cuáles serán los agentes químicos que influyen en la calidad del suelo de los cultivos de café y cacao?	Tipo de productos químicos	<ul style="list-style-type: none"> . Por el tipo de plaga . Por sus propiedades químicas 	<ul style="list-style-type: none"> . (Insecticidas, herbicidas, fungicidas, alguecidas, bactericidas, etc.) . (Organoclorinos, triazinas, carbamatos, sulfonilureas, neonicotinoides). 	<ul style="list-style-type: none"> . Marion et al. (2022) . Robson et al. (2018) . Lee et al. (2019)

Fuente: Elaboración propia, 2022

3.3. Escenario de estudio

Según (López, 2014, p.86), para el estudio se ha identificado el entorno donde se desarrolló la investigación, así como la accesibilidad de la investigación. Para (Campos, 2020, p.22) el campo es una fuente de información crítica para la investigación, es necesario tener en cuenta el tiempo necesario para considerar donde o cual es el mejor campo para obtener información

Participantes

En el caso con respecto al escenario general que representa la revisión sistemática el ámbito donde se desarrollaron los cultivos de café y cacao fueron en áreas extensas dentro del campo, áreas o parcelas experimentales de acuerdo a los artículos revisados en referencia a antecedentes.

3.4. Participantes

Al ser de carácter bibliográfico el proyecto de investigación se realizará exclusivamente por los autores del proyecto con el apoyo del asesor, seguido de artículos de alto interés, de nivel nacional y universal, los mismos que serán seleccionados en las bases de datos científicos, los cuales son: ScienceDirect, Ebsco, Scopus, entre otras de interés. La cual se eligiera una cantidad de 26 artículos.

Tabla 2: Base de Datos.

BASE DE DATOS	Dirección
• SCOPUS	https://www.scopus.com/sources.uri
• SCIENCEDIRECT	https://www.sciencedirect.com/
• EBSCO	https://www.ebsco.com

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el proyecto se utilizaron técnicas de observaciones de documentos. Las siguientes técnicas de recolección de datos (Arias, 2006, p. 146) son diferentes formas o modos de recolectar información. Al igual que en (Tomayo, 2006, p. 115), estas técnicas se utilizan para recopilar información a través de la lectura, resumiendo los temas de investigación.

La ficha de análisis de datos se utilizó para recopilar información sobre la calidad del suelo, los parámetros de contaminación, etc. Mientras que según (Tomayo, 2006, p. 115), las identifica como útiles en la investigación científica porque constituyen un método específico de recolección de información de alto impacto para la investigación.

3.6. Procedimientos

Constó de 3 fases, los cuales fueron fundamentales para recopilar información, que se extrajeron de modo sujeta a una secuencia sistemática, objetiva y metodología. Se utilizó fuentes como: ScienceDirect, Ebsco, Scopus. Para ello cada base de datos se utilizó palabras claves como en español e inglés.

ScienceDirect: (palabras claves), a. Calidad ambiental (Environmental quality), b). Calidad del suelo (Soil quality), c). Bioindicadores (Bioindicators), d). Sustancias químicas (Chemical substances), e). Bacterias (Bacteria), f). Cultivos de café (Coffee crops), g). Cultivos de cacao (Cocoa crops), h). Degradación de suelos (Soil degradation).

Ebsco: (Palabras claves), a). Suelos contaminados (Contaminated soils), b). Cultivos de café y cacao (Coffee and cocoa crops), c). Cultivos agrícolas (Agricultural crops), d). Suelos contaminados (Contaminated soils), e). Calidad del suelo (Soil quality), f). Indicadores (Indicators), g). Agroquímicos (Agrochemicals), h). Herbicidas (Herbicidas).

Scopus: (Palabras claves), a). Suelos salinos (Saline soils), b). Cultivos agrícolas (Agricultural crops), c). Pérdida de fertilidad (Loss of fertility), d).

Sustancias tóxicas (Toxic substances), e). Calidad del suelo (Soil quality), f). Bioindicadores (Bioindicators), g). Calidad ambiental (Environmental quality), h). Mecanismos de acción (Action mechanisms).

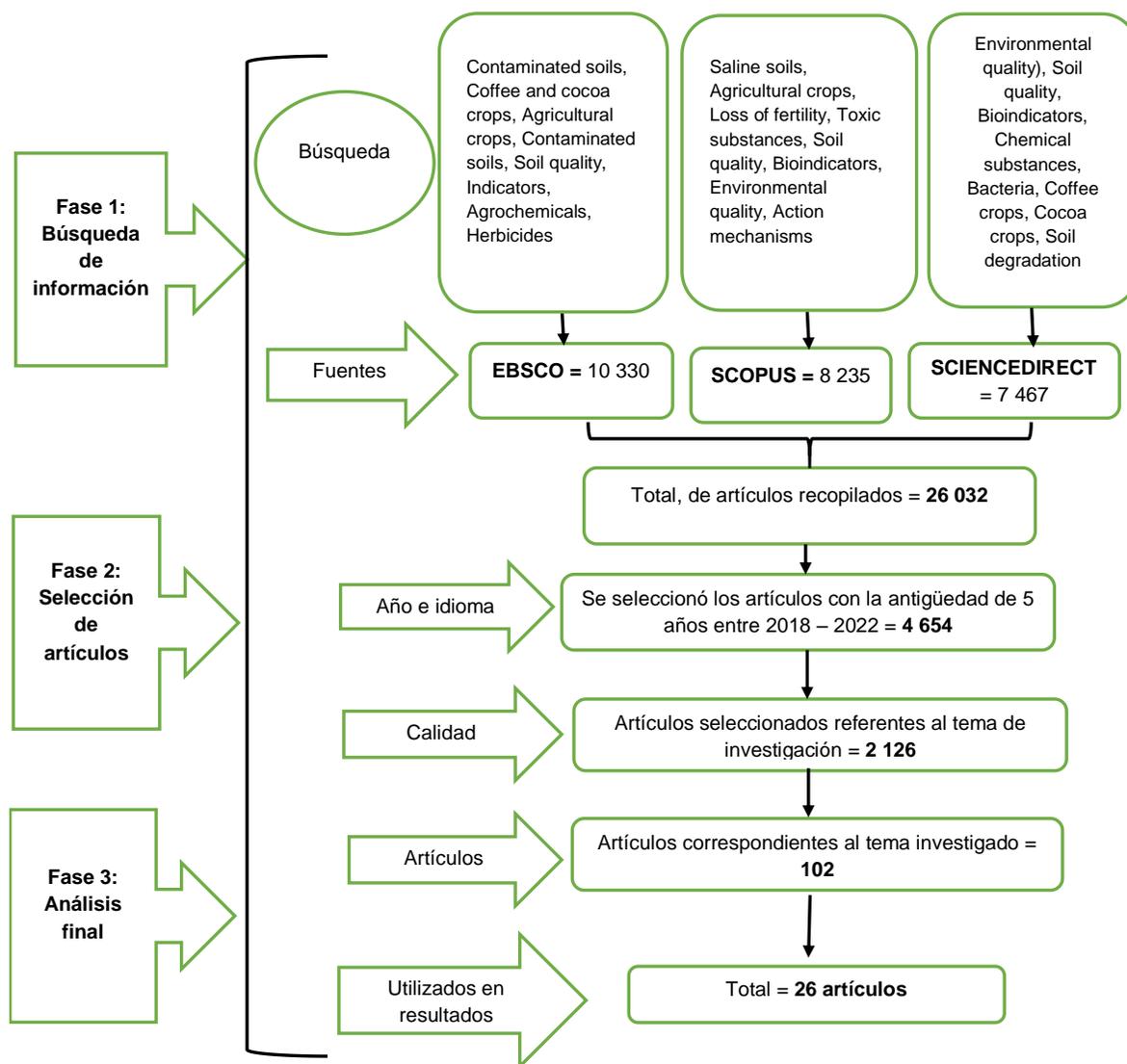
ScienceDirect: Al seleccionar los artículos ligados al tema, de acuerdo a las palabras de búsqueda, Nos quedamos con una cantidad de 683 artículos de gran impacto.

Ebsco: Al seleccionar los artículos ligados al tema, de acuerdo a las palabras de búsqueda, Nos quedamos con una cantidad de 745 artículos de gran impacto con el tema.

Scopus: Al seleccionar los artículos ligados al tema, de acuerdo a las palabras de búsqueda, Nos quedamos con una cantidad de 698 artículos de gran impacto con el tema.

Luego se realizó un pase de filtro de los artículos ligados al tema de investigación de las bases de datos ScienceDirect, Ebsco, Scopus se obtuvo una cantidad de 2,126 revistas. Se hizo una filtración de los artículos relacionando a los títulos con el tema de investigación donde se obtuvo para ScienceDirect una cantidad de 31 artículos, para Ebsco una cantidad de 37 artículos y para Scopus 34 artículos, teniendo un promedio definido de 102 artículos de la biblioteca virtual de la UCV. Finalmente se realizó un análisis minucioso entre las palabras claves de búsqueda en relación con los artículos ya obtenidos de las 3 bases de datos, donde para ScienceDirect nos quedamos con 14 artículos de gran impacto relacionado al tema de investigación de acuerdo a las categorías y subcategorías marcadas en la investigación, igualmente para Ebsco nos quedamos con 19 artículos de gran impacto relacionado al tema de investigación de acuerdo a las categorías y subcategorías marcadas en la investigación, por último Scopus nos quedamos con 23 artículos de gran impacto relacionado al tema de investigación de acuerdo a las categorías y subcategorías marcadas en la investigación. La cual nos quedamos con 26 artículos que forman parte de todos los objetivos de la investigación, demostrado en el siguiente esquema:

Figura 3: Diagrama de búsqueda de artículos para el desarrollo del proyecto.



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

3.7. Rigor científico

Según (Rodríguez, 2019) el rigor científico es el avance en el conocimiento y el rigor se relacionan con la transferencia, a su vez, criticó el énfasis en la credibilidad, autenticidad y dependencia, planteando el método deductivo de contrastación.

Según (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459) Los artículos utilizados se fundamentarán en descripciones teóricas de autores de revistas indexadas, el cual da credibilidad de que dichas investigaciones son confiables que contengan:

Dependencia, Implica la consistencia lógica de los resultados, es decir, el que varios investigadores, que no tengan relación personal, deberán necesariamente converger a resultados coherentes (Rueda, 1999, p.496-502). Se aplicó durante la contratación de las discusiones, tomando en consideración otras investigaciones similares a la realizada.

Credibilidad, cuando el investigador, a través de observaciones y conversaciones prolongadas con los participantes del estudio, recolecta información que produce hallazgos y luego éstos son reconocidos por los informantes como una verdadera aproximación sobre lo que ellos piensan y sienten (Pope, 1995, p109-112). Se aplicó para la recolección de los documentos que se utilizaron para el presente estudio.

Transferencia, indican que se trata de examinar qué tanto se ajustan los resultados a otro contexto (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459). La transparencia permitió obtener datos únicos al estudio, los cuales no se encontrarán en otro estudio similar.

Autenticidad, cuando el investigador tiene posibilidad de establecer relaciones interpersonales empáticas, de confianza y sensibilidad con los participantes (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459). La autenticidad permitió generar información de fuentes indexadas de relevancia científica, a nivel nacional e internacional.

3.8. Método de análisis

El análisis de los artículos científicos se inició con la clasificación y reducción de la información, agrupando y categorizando en una matriz, enfocándose en las categorías de la investigación (Bioindicadores, Mecanismos de acción de los bioindicadores y tipos de productos químicos), que luego mediante un análisis cualitativo que sirvió de base para el método de la búsqueda que se relacionó con los objetivos y mediante el uso de palabras clave y filtros para obtener los mejores resultados. Cada artículo científico fue analizado, comparado y revisado para verificar su confiabilidad de acuerdo con sus similitudes y diferencias, y el análisis crítico es el requisito previo más importante para las interpretaciones correctas que condujeron al desarrollo apropiado de la revisión sistemática.

3.9. Aspectos éticos

Fueron citadas de fuentes auténticas, como artículos, se respetará las citas de autor y las referencias bibliográficas, se tomará referencias de la Universidad César Vallejo por la norma ISO 690. Del mismo modo, los resultados estarán respaldados por estándares normativos de la industria y, en última instancia, las categorías y subcategorías se revisarán en relación con los objetivos del contenido de la encuesta, con trabajo relacionado con el trabajo de la encuesta.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Categoría 1: Bioindicadores.

Tabla 3: Bioindicadores influyentes en la calidad del suelo.

Bioindicadores				
Bioindicadores	Especies	Metodología	Conclusiones	Fuente
Los bioindicadores en el suelo evaluado fueron la Macroflora	Hongos filamentosos se basa en el examen macroscópico de la colonia y en sus características microscópicas.	Para las comunidades de micro hongos, se puso 1 ml de alícuotas de suspensión diluida 10 ⁻⁴ a placas de Petri y se mezclaron 25 ml de medio PDA fundido	La utilización y aplicación de fungicidas en suelos agrícolas afectan a las comunidades microbianas y alteran la fertilidad del suelo, principalmente el balance de nitrógeno	Hemanth et al., (2019)
Los bioindicadores en el suelo evaluado fueron la Microfauna	Las especies identificadas fueron como las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta), las termitas (Insecta: Isóptera) y las	El tratamiento se realizó en 2 parcelas, una con labranza cero y otra con labranza convencional. Cada parcela se subdividió en 6 tratamientos (3 sistemas de cultivo × 2	La aplicación de fertilizantes, en sistemas agrícolas y las prácticas de labranza, individual y combinadas, tuvieron efectos cambiables sobre el movimiento y el número de especies	Habig y Swanepoel., (2018).

	<p>hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formícida), que actúan como ingenieros del suelo en la formación de poros</p>	<p>niveles de fertilizante), quedando un total de 36 subparcelas.</p>	<p>microbianas en el suelo.</p>	
<p>Mesofauna</p>	<p>Las especies evaluadas fueron ácaros (Acari), colémbolos (Collembola), sínfilos (Symphyla), proturos (Protura), dipluros (Diplura), paurópodos (Pauropoda), tisanópteros (Thysanoptera)</p>	<p>El experimento se ejecutó en 3 tipos de usos del suelo: 1. Suelo con al menos 30 años de producir caña de azúcar, 2. Suelo manejado con pasto con al menos 10 años y 3. Suelo sin cultivo, la macro y meso fauna del suelo se cogieron de forma manual.</p>	<p>El uso del suelo con pasto impactó negativamente sobre la diversidad de la meso fauna. Los suelos sin cultivo y caña de azúcar proporcionaron abundancia, riqueza y diversidad de la meso fauna edáfica.</p>	<p>Cabrera et al., (2019).</p>

<p>Macrofauna</p>	<p>Las especies identificadas como las lombrices de tierra (Anélida: Oligochaeta), las hormigas (Insecta: Himenóptera: Formícida), fueron identificadas en las parcelas y los suelos evaluados</p>	<p>Se aplicó en 9 parcelas por sistema agroforestal con (4) submuestras por parcela. La parcela tuvo la siguiente dimensión: 25 x 25 x 30 cm, en 2 parcelas diferentes: INAS (sistema agroforestal nativo) e ITAS (sistema agroforestal tradicional mejorado).</p>	<p>Se ejecutó en 9 parcelas por sistema agroforestal con (4) submuestras por parcela. La parcela tuvo la siguiente dimensión: 25 x 25 x 30 cm, en 2 parcelas diferentes: INAS (sistema agroforestal nativo) e ITAS (sistema agroforestal tradicional mejorado).</p>	<p>Castillo y Ñique., (2019).</p>
<p>Microbiana</p>	<p>La especies identificadas como bacterias que fue basado en la actividad enzimática disponibles para la agricultura orgánica.</p>	<p>Se analizaron actividades de once enzimas, C, N y P de la biomasa microbiana del suelo y C orgánico del suelo y se calcularon la actividad enzimática media geométrica (GMEA) y otros parámetros para suelos superficiales y subterráneos.</p>	<p>Las actividades enzimáticas específicas fueron menores lo cual determinó la capacidad del sistema orgánico para secuestrar mayores cantidades de C. Sin embargo, la diversidad funcional del suelo fue casi un 10 y un 20 % de recuperación de la calidad</p>	<p>Ghosh et al., (2020)</p>

			del suelo por uso de fertilizantes químicos.	
Microbiana y enzimática	Los actinomicetos, bacterias Gram positivas aerobias que forman micelios ramificados, degradaron los restos de los vegetales y animales de las parcelas evaluadas	El presente estudio se logró a cabo para comprender el impacto del cambio de uso de la tierra de suelos no cultivados a suelos intensamente cultivados bajo el sistema de cultivo agrícolas en las reservas de C lábiles y estables, la actividad microbiana del suelo cambió la disponibilidad de nutrientes para una agricultura eficaz.	Las actividades microbianas mejoraron junto a la actividad enzimática la calidad del suelo, respecto al fosfatos alcalinos (Alk-P) y la deshidrogenasa (DHA) en el suelo. La biomasa microbiana del suelo C (MBC) fue significativamente mayor (en ~31,7%–57.3%) en los suelos no cultivados que, en los suelos cultivados, lo que ha aumentado la mineralización de C en el suelo.	Sharma et al., 2020

Microbiana	Se determinaron bacterias patógenas, levaduras, virus y parásitos que potencialmente actuaron frente a contaminantes para restablecer la calidad del suelo	Se llevó a cabo el experimento en un campo durante un periodo de 2 años para la determinación de los efectos combinados de la labranza por los cultivos agrícolas de los residuos de agroquímicos proponiendo la eliminación de residuos por medio de las actividades microbianas del suelo bajo una rotación de cultivos, utilizando un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones cerca de Shiraz, Irán.	Quedo demostrado que reemplazar la labranza de conservación mejoro en gran medida las enzimas del suelo y la biomasa microbiana y optimizar los valores de qCO ₂ bajo los cultivos desarrollados.	Mirzavand et al. 2020
Macrofauna	Las especies determinantes fueron de las familias de nematodos de vida	Los sitios se clasificaron inicialmente con base en el método de establecimiento y escala de manejo	La adopción de las mejores prácticas de gestión en la agricultura urbana, como la mezcla reducida a través de	Ugarte y Taylor, 2022

	<p>libre que sugirieron que las comunidades difieren entre los sitios según su escala de manejo y probablemente estuvieron influenciadas por la materia orgánica y el pH del suelo</p>	<p>utilizando un criterio de aplicación de uso de suelo y escala similar a la sugerida</p>	<p>la labranza y el uso de pruebas de suelo como una herramienta de apoyo a la decisión que ayuda a optimizar la aplicación de compost y ayuda con los nematodos, reduciría los perjuicios potenciales para el ecosistema y promovería redes alimentarias con una mayor diversidad funcional.</p>	
Caracol.	<p>El caracol (Hélix áspera) es una especie susceptible a cualquier intervención o contaminación</p>	<p>Hélix áspera se usó para investigar la contaminación de fungicidas (tebuconazol, folpet, piraclostrobina y cimoxanil) y herbicidas (glufosinato y glifosato) mediante detección de fluorescencia.</p>	<p>El 68% del Cd el 90% del Cu el 43% del Pb y los 60% del Zn fueron acumulados. - en tejido blando, conchas y heces.</p>	<p>Firas, J; Fajloun, Z.; y Millet, M., (2020, p. 3).</p>
Microorganismos.	<p>Son característicos de</p>	<p>El muestreo de suelo se</p>	<p>La actividad y la respiración</p>	

	<p>suelos de buena calidad, sin presencia de compuestos químicos</p>	<p>realizó a una profundidad de 0-15 cm. Cada muestra estuvo compuesta por 20 submuestras, ambos terrenos agrícolas cuentan con aplicación de glifosato durante la época sin cultivo y aplicaciones de glifosato durante la época del cultivo.</p>	<p>fueron mayor en los tratamientos con aplicación de glifosato posiblemente porque el glifosato pueda ser usado por los microorganismos como una fuente de sustrato carbonado lo cual estimularía el metabolismo respiratorio.</p>	<p>Sterren, M., A., et al., (2016, p. 249; 252)</p>
--	--	--	---	---

De acuerdo al desarrollo de la investigación en cuanto a Hemanth et al., (2016) los bioindicadores como la Macro flora son especies que su presencia fueron determinantes en la calidad del suelo, en cuanto a los Hongos filamentosos se basaron mediante exámenes macroscópico de colonias y en sus características microscópicas y su formar de actuar, que por motivo de aplicación de fungicidas en suelos agrícolas afectan a las comunidades y alteran la fertilidad del suelo, principalmente el balance de nitrógeno. Donde al relacionar con otra investigación de Mohammadi, et al. (2022) las concentraciones de metales pesados (HM) incluido el cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) producto de uso de agentes tóxicos acumulados en el suelo pusieron en riesgo la calidad del suelo de los alrededores del lago Urmia, además de los daños causados a la biodiversidad de especies que habitan y cumplen su función de degradar residuos orgánicos.

Seguidamente en cuanto a su investigación de Habig y Swanepoel (2015) los bioindicadores referentes a microfauna como las especies identificadas fueron las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta), las termitas (Insecta: Isóptera) y las hormigas (Insecta: Himenóptera: Formicidae), que actuaron como ingenieros de la calidad del suelo y la formación de poros. Al ser relacionado con otra investigación de Cabrera et al., (2019) los bioindicadores para la calidad del suelo en cuanto a la meso fauna fueron los ácaros (Acari), colémbolos (Collembola), sínfilos (Symphyla), proturos (Protura), dipluros (Diplura), paurópodos (Paupoda), tisanópteros (Thysanoptera) que cumplieron diferentes funciones en la calidad del suelo.

Por lo tanto, según su investigación de Castillo y Ñique (2019). Las especies determinantes de la calidad del suelo en las parcelas evaluadas fueron las lombrices de tierra (Anélida: Oligochaeta), las hormigas (Insecta: Himenóptera: Formicidae), que fueron identificadas en las parcelas y los suelos evaluados cumpliendo su trabajo de descomponer residuos orgánicos en cuanto a la calidad del suelo. Donde al igualar con otra investigación según Sharma et al. (2018) los impactos ambientales de usos agrícolas alternativos en tierras agrícolas mal drenadas en Irlanda mediante

la evaluación del ciclo de vida (LCA) de macrofauna como índice de la calidad del suelo.

De igual modo Grández (2020) mencionó que el suelo es el sustento de la vida animal y vegetal, también es transcendental para las actividades de la agricultura porque satisface la demanda de alimentos, pero a su vez a mayor población mayor es la demanda de alimentos y eso hace que crezcan y se extiendan más las tierras agrícolas, ocasionando que la producción y obtención de los alimentos sea el motivo para el uso indiscriminado del recurso suelo con el uso y aplicación de los agroquímicos, ocasionando efectos o negativos en los organismos, el cual identificó a la Macrofauna edáfica, incluyendo a todo organismo visible (>2 mm) como un bioindicador, del mismo modo al caracol, Macrofauna edáfica, Bacterias del Nitrógeno, microorganismos y macroinvertebrados; es así que al realizar un contraste con el presente estudio se identificó que los bioindicadores del suelo son la macrofauna, la microfauna, la mesofauna, la macrofauna y los microorganismos, demostrando que los mencionados organismos son seres susceptibles a cualquier cambio producto del uso desmedido de los agroquímicos.

Finalmente, García-Delgado, et al., (2019) en su investigación demostró que los microorganismos son organismos susceptibles a cualquier cambio, producto de la agricultura convencional, lo que conlleva a la muerte y desaparición de estos, el cual origina que el suelo se encuentre con una muy mala calidad; al contrastar con el presente estudio, se corrobora dicha afirmación, ya que con el estudio realizado se demostró que estos microorganismos son aquellos que degradan la actividad enzimática y la hacen disponible para la agricultura.

Categoría 2: Mecanismos de acción de los bioindicadores.

Tabla 4: Mecanismos de acción de los bioindicadores en la calidad del suelo.

Función de los bioindicadores en el suelo			
Bioindicadores	Función	Conclusiones	Fuente
Macrofauna	Modifican la estructura física del suelo	Concluyo que una fuerte contaminación de REE en el entorno circundante de la mina de tierras raras de adsorción de iones.	Liu et al., 2019
Microflora	Catabolizan M.O. y Mineralizan e Inmovilizan nutrientes.	Concluyó que el uso y la aplicación de fungicidas en suelos agrícolas afectan a las comunidades microbianas y alteran la fertilidad del suelo, principalmente el balance de nitrógeno.	Hemanth et al., 2019
Microfauna	La función que cumplieron fue en ayudar a la descomposición de la materia orgánicas, disminución de la carga toxica de agroquímicos	La presencia de sustancias toxicas en el suelo producto de aplicaciones en los cultivos para el control de plagas y enfermedades perjudican las actividades de los	Zaghloul et al. 2020

		microorganismos, incluso unos fueron afectados y eliminados por la toxicidad	
Macrofauna y microflora	Las funciones que cumplieron los bioindicadores como la descomposición y translocación de materia orgánica, el ciclo de nutrientes, la regulación de la actividad de la microflora y la bioturbación.	Las malas prácticas del uso de fertilizantes en los cultivos agrícolas en el mejoramiento de producción conducen a una desertificación del suelo perjudicando a las actividades de la biodiversidad de especies contribuyentes en un suelo de calidad	Menta y Remelli. 2020
Microbiana	Las funciones que cumplen los microorganismos fueron el cambio físico del suelo, porosidad, descomposición de materia orgánica.	El uso de agentes tóxicos para el control de malezas en los cultivos agrícolas propino riesgos en las actividades de los microorganismos en cuanto al estado natural del suelo.	Wolejko et al. 2020
Microfauna	Regulan poblaciones de	Concluyó que el uso y aplicación de	Habig y

	bacterias y hongos e Intervienen en el reciclaje de nutrientes.	fertilizantes, en los sistemas agrícolas y las prácticas de labranza, individual o combinadas, tuvieron efectos cambiables sobre el movimiento y el número de especies microbianas del suelo	Swanepoel., 2018
Mesofauna	Interviene en los procesos de descomposición de la materia orgánica, de aceleración y reciclaje de los nutrientes y, en particular, en el de mineralización del fósforo y el nitrógeno	Concluyo que el uso de suelo con pasto impactó negativamente la diversidad de la meso fauna. Los suelos sin cultivo y caña de azúcar proporcionaron abundancia, riqueza y diversidad de la meso fauna edáfica	Cabrera et al., 2019
Macrofauna	Cortan residuos, estimulan la actividad Microbiana, redistribuyen MO y nutrientes, Secuestran	Concluyo que diversidad taxonómica tuvo el INAS, pero fueron valores muy bajos en comparación con los sistemas naturales	Castillo et al., 2020

	carbón, humifican, aperturan canales y galerías, Mezclan partículas orgánicas y minerales	con cierto trabajo de conservación, como las selvas secundarias, que poseen gran riqueza taxonómica.	
Mesofauna	Mineralizan e inmovilizan nutrientes	Concluyó que 9 especies, 4 oribátidas y 5 gamasidas, son indicadores de la localidad de Lamto (sitio pobre en MOS), mientras que 1 sola oribátide: Meristacarus sp.1, es indicador de la localidad de Oumé (sitios ricos en MOS)	N'Dri, et al., 2018
Microflora	Redistribuyen MO y nutrientes, secuestran carbón, humifican.	Concluyo que la concentración de glifosato tuvo la mayor influencia en la respuesta.	Nguyen et al., 2018.
Microfauna	Permiten la descomposición de la materia orgánica e inorgánica. Posibilitan que se	Concluyo que la abundancia de nematodos se registró en el área Industrial (20,99%) y fue aproximadamente	Gutiérrez et al., 2018

	perpetúen las cadenas tróficas y el ciclo de la energía y la materia	el doble del valor registrado en el área Agrícola (38,56%).	
--	--	---	--

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Siguiendo con el desarrollo en cuanto a su investigación de Liu et al. (2019) mediante los bioindicadores encontrados respecto a la Macrofauna existente en el área evaluada cumplieron las funciones de modificar las estructuras físicas del suelo en cuanto a la descomposición de la materia orgánica acumulada en la superficie terrestre, obteniendo una recuperación prolongada del suelo circundante a minerías. Al relacionar con otras investigaciones, según Anitha. (2020). Las lombrices de tierra, las termitas y las hormigas son el grupo principal de la macrofauna del suelo. Su papel en el ciclo de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica es de singular interés. El yeso de lombrices, los montículos de termitas y los nidos de hormigas fortalecieron con la población microbiana. Mejoraron la distribución de las raíces para que los macronutrientes inmóviles el fósforo y otros micronutrientes, que son absorbidos por la planta a través de la intercepción de las raíces, estén fácilmente disponibles para las plantas.

Asimismo, en su investigación de Habig y Swanepoel (2018) sobre las funciones que cumplieron la microfauna fueron que regularon a través de las poblaciones de bacterias y hongos, intervinieron al reciclaje de nutrientes que enriquecieron al suelo en cuando a un buen desarrollo de los cultivos agrícolas. Asimismo, en relación a su investigación de Cabrera et al. (2019) evaluó sobre las funciones que cumplieron los bioindicadores como la mesofauna que intervinieron en los procesos de descomposición de la materia orgánica, aceleraron y reciclaron los nutrientes y, en particular, en el de mineralización del fósforo y el nitrógeno.

En cuanto a su investigación de Castillo et al. (2020) determino las funciones que cumplieron la biodiversidad de la macrofauna en cuanto a la calidad del suelo.

Descompusieron los residuos, estimularon la actividad microbiana, redistribuyeron la materia orgánica y nutriente, Secuestraron carbono, humificaron, abrieron canales y galerías, mezclaron partículas orgánicas y minerales, en cuanto al suelo saludable se desarrollaron actividades agrícolas beneficiosas. Donde al igualar con otras investigaciones de Gutiérrez et al. (2018) fijo las funciones de la microfauna que permitieron la descomposición de la materia orgánica e inorgánica. Además, posibilitaron que se perpetúen las cadenas tróficas y el ciclo de la energía y la materia en cuanto al desarrollo de actividades agrícolas.

Del mismo modo, Tang, J., et al. (2019, p.122), en su investigación evaluó los cambios de diferentes índices y su posible mecanismo de acción bajo la contaminación por metales pesados en suelos; encontró que los indicadores microbiológicos son sensibles a los cambios ambientales como también son susceptibles a los factores ambientales (pH, tamaño, de grano del suelo, MO, etc.), el cual afirma que la función de la macrofauna es modificar las características del suelo, para de tal forma minimizar la presencia de los contaminantes en el suelo, al contrastar con el presente estudio se corrobora que la función de los bioindicadores es modificar la estructura física del suelo para así hacerlo más resistente ante la presencia de compuestos y/o elementos que se caracterizan por ocasionar alteración de la corteza superficial del suelo y que estos se ven afectados por la agricultura convencional.

Asimismo, Firas, J; Fajloun, Z; y Millet, M. (2020), muestra que algunos compuestos de sustancias químicas que se utilizan en la agricultura para el control de plagas y crecimiento de plantas son acumulables por algunos organismos del suelo, como por ejemplo el caracol.

Categoría 3: Tipo de productos químicos.

Tabla 5: Agroquímicos que afectan las propiedades del suelo.

TIPO DE PRODUCTOS QUÍMICOS			
Agroquímico	Metodología	Conclusiones	Fuente
Hexazinona	Se realizó mediante cromatografía líquida de ultra alta resolución acoplada a un espectrómetro de masas (LC-MS/MS)	La vida media ($t_{1/2}$) de la hexazinona en los suelos estudiados mostró valores similares, siendo $t_{1/2}$ = 24 días para el Arenosol, $t_{1/2}$ = 23 días para el Cambisol y $t_{1/2}$ = 22 días para el Ferrasol.	Cavalcante et al., 2022
Piretroides	Las concentraciones medias de los cuatro piretroides se midieron en orden descendente de la siguiente manera: fenpropatrina (4,92 ng/g) > cipermetrina (1,10 ng/g) > deltametrina (0,89 ng/g) > cihalotrina (0,20 ng/g). La concentración más alta de fenpropatrina se registró como 37,6	Concluyo que los piretroides en los suelos agrícolas de la región YRD incluyen para el control de plagas y el riego de aguas residuales en la región.	Deng et al., 2020

	ng/g.		
Diiclorodifeniltricloroetano (DDT)	Utilizaron valores de riesgo de los productos agrícolas a diferentes niveles de concentración de DDT en los suelos.	Concluyo que las concentraciones residuales de DDT en los suelos en el rango de 0,01 a 0,5 mg/kg, entre el 0 y el 8 % de los productos agrícolas excedieron los límites permisibles para los DDT	Li et al., 2018
Glifosato, glufosinato, paraquat y paraquat-diquat.	Utilizo muestras del suelo de cultivo de plátano seda. Los suelos se incubaron en contenedores a lo largo de 60 días y las comunidades se caracterizaron en muchos momentos.	Concluyó que las bacterias y arqueas no se vio afectada significativamente, ninguno de los herbicidas provocó un cambio significativo en el número total de nematodos, no se encontraron cambios en la actividad microbiana.	Dennis et al., 2018
Cipermetrina y Tiametoxam	Realizaron diluciones de 10 ⁻¹ a 10 ⁻⁵ para 1 g de suelo. Se inocularon volúmenes de 1 ml de cada dilución de suelo en	Concluyo que la cipermetrina resultó en una disminución del 74% en el número de bacterias nitrificantes. Con	Filemón et al., 2018

	<p>medio de cultivo nutritivo electivo a 28 ° C y el tiempo de incubación fue de 7 a 21 días</p>	<p>tiametoxam resultó en una disminución del 58,10% en el número de bacterias nitrificantes.</p>	
<p>Glifosato</p>	<p>Usaron concentraciones de glifosato, se dividió en tres niveles: 100 mg kg⁻¹, representativo de los niveles potencialmente encontrados después del derrame de producto concentrado.</p>	<p>Concluyó que a concentración de glifosato tuvo la mayor influencia en la respuesta. El modelo BRT sugirió que a concentraciones de menos de 200 mg kg⁻¹, el glifosato tiene más posibilidades de tener efecto negativo sobre la respiración, mientras que concentraciones mayores a 200 mg kg⁻¹ generalmente incitaban la respiración.</p>	<p>Nguyen et al., 2018</p>
<p>Urea, superfosfato simple (SSP), superfosfato triple (TSP), muriato de</p>	<p>Usaron fuentes como libros académicos y artículos de revistas, también datos se han analizado a partir de la observación.</p>	<p>Concluyó que los fertilizantes químicos son importantes en el crecimiento de los cultivos; pero su aplicación intensiva</p>	<p>Atikur y Chandra., 2018</p>

potasa (MP), DAP, HPS		afecta la calidad del suelo, el agua y el aire.	
--------------------------	--	---	--

Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo al desarrollo de la investigación según Cavalcante et al. (2022) determinó los tipos de agroquímicos que afectaron la calidad del suelo, de tal caso la Hexazinona su vida media ($t_{1/2}$) de la hexazinona en los suelos estudiado mostró valores similares, siendo $t_{1/2} = 24$ días para el Arenosol, $t_{1/2} = 23$ días para el Cambisol y $t_{1/2} = 22$ días para el Ferrasol, que estos compuestos presentes en el suelo afectaron los bioindicadores de la calidad del suelo. Lo cual, al igualar con otras investigaciones, según Deng et al. (2020) evaluó al Piretroides en los suelos agrícolas de la región YRD usado para el control de plagas, afectando el desarrollo de las actividades de los bioindicadores que cumplen la función de degradar materia orgánica en cuanto a los suelos agrícolas, además que estos agentes químicos ponen en riesgo de contaminar el agua consumida en la región.

Del mismo modo, Mancini, F.; Woodcock, B. A.; e Isaac, N. J. B. (2019) en su investigación mencionaron que los agroquímicos son importantes en la alimentación por el rápido crecimiento de las mismas, sin embargo, el uso de estos agroquímicos tiene consecuencias para el ambiente, provocando la disminución de los organismos y microorganismos, la polinización y el desarrollo y función de plagas naturales.

De igual modo (García, J.M., et al., 2017), en su estudio mencionó que los organismos son llamados bioindicadores porque pueden ser animal o vegetal que responden a un estímulo positiva o negativamente, cambiando sus funciones vitales o bioacumulan toxinas.

V. CONCLUSIONES

Los bioindicadores que influyen en la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de Café y Cacao fueron la macrofauna, la microfauna, mesofauna y macrofauna que cumplieron los cargos de mantener el suelo adecuado para el desarrollo de los diferentes cultivos.

Las funciones que cumplieron los bioindicadores en la calidad del suelo de cultivos agrícolas fue que los residuos orgánicos presentes en la capa superior aceleraron el proceso de descomposición, modificaron la estructura física del suelo, mineralizaron a los agentes químicos

Los agentes químicos que influyeron en la calidad del suelo de los cultivos de café y cacao fueron los Hexazinona, Piretroides, Diiclorodifeniltricloroetano (DDT), Glifosato, glufosinato, paraquat y paraquat-diquat, Cipermetrina y Tiametoxam, Urea, superfosfato simple (SSP), superfosfato triple (TSP), muriato de potasa (MP), DAP, HPS que pusieron en riesgo a la biodiversidad de bioindicadores de la calidad del suelo.

VI. RECOMENDACIONES

A los estudiantes que realicen investigaciones enfocados en los tipos de bioindicadores (macroflora, microfauna, mesofauna, macrofauna, macroinvertebrados), que influyen en la calidad ambiental del suelo conocer a detalle la clasificación de cada uno de ellos y sus variables ambientales adecuadas en su desarrollo de actividades de cada uno de ellos.

A los agricultores se les recomienda usar los agroquímicos organoclorados con dosis menores a 10 ppm, con ello se evita los daños sobre los bioindicadores con los agentes químicos ya que ellos cumplen la función de degradar materia orgánica, etc. en la calidad del suelo de cultivos agrícolas.

A los agricultores hacer uso de controladores orgánicos elaborados a base de residuos orgánicos, para contribuir al cuidado de la calidad del suelo de los cultivos de café y cacao, del mismo modo reducir la problemática de la contaminación a la salud humana y ambiental.

REFERENCIAS

- ATIKUR RAHMAN, K. M. y CHANDRA DEBNATH, Sankar. Agrochemical Use, Environmental and Health Hazards in Bangladesh. [En línea] International Research Journal of Interdisciplinary & Multidisciplinary Studies (IRJIMS) Vol. 1, nº 6, Julio 2018 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320417104_Agrochemical_Use_Environmental_and_Health_Hazards_in_Bangladesh.
ISSN: 2394-7969.
- BUTA, Martyna et al. Sewage sludge in agriculture – the effects of selected chemical pollutants and emerging genetic resistance determinants on the quality of soil and crops – a review [En línea] Ecotoxicology and Environmental Safety Volume 214, May 2021, 112070, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112070>
ISSN: 112 – 070
- BERENSTEIN, Giselle et al. Environmental fate of dibutylphthalate in agricultural plastics: Photodegradation, migration and ecotoxicological impact on soil [En línea] Chemosphere Volume 290, March 2022, 133221 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133221>
ISSN: 133-221
- CABRERA, Héctory et al. Oribátidos, colémbolos y hormigas como indicadores de perturbación del suelo en sistemas de producción agrícola. [En Línea] Ecosist. Recur. Agropec Vol. 6, nº 17, 2019, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v6n17/2007-901X-era-6-17-231.pdf>. ISSN: 2007-901X.
- CASTILLO PÉREZ, Shirley Ornella y ÑIQUE ÁLVAREZ, Manuel. Macrofauna del suelo como indicador biológico del estado de conservación en sistemas agroforestales del sector el Choclino en San Martín – Perú. Rev. Tayacaja [En línea] Vol. 2, nº 2, agosto 2019 [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2022] Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Nique_Alvarez/publication/337654431_Macrofauna_del_suelo_como_indicador_biologico_del_estado_de_conservacion_en_sistemas_agroforestales_del_sector_el_Choclino_en_San_Martin_-_Peru/links/5de2bb9192851c836457d019/Macrofauna-delsuelo-como-indicador-biologico-del-estado-de-conservacion-en-sistemasagroforestales-del-sector-el-Choclino-en-San-Martin-Peru.pdf ISSN: 2617- 9156

CASTILLO, Bessy et al. Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). [En línea] Revista Espacios Vol. 41, nº 10, 26 de marzo 2020. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/a20v41n10/a20v41n10p11.pdf> ISSN: 0798 1015

CAVALCANTE, Cydianne et al. Risk of environmental contamination due to the hexazinone application in agricultural soils in northeastern Brazil [En línea] Geoderma Regional Available online 26 January 2022, 00481, [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00481>

CAO, Chun et al. Crop selection reduces potential heavy metal (loid)s health risk in wastewater contaminated agricultural soils [En línea] Science of The Total Environment Volume 819, 1 May 2022, 152502 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152502> ISSN: 152 – 502

DENG, Fucai et al. Contamination of pyrethroids in agricultural soils from the Yangtze River Delta, China [En línea] Science of The Total Environment Volume 731, 20 August 2020, 139181 [Fecha de consulta: 13 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139181> ISSN: 139-181

DAKHLALLA, Abdullah et al. Evaluating the impacts of crop rotations on groundwater storage and recharge in an agricultural watershed [En línea] Agricultural Water Management Volume 163, 1 January 2018, Pages 332-343 [Fecha de

consulta: 11 de enero de 2022] Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.001>

DAS, Shrila et al. Soil quality indices in a conservation agriculture-based rice-mustard cropping system in North-western Indo-Gangetic Plains [En Línea] Soil and Tillage Research Volume 208, April 2021, 104914 131 [Fecha de consulta: 17 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104914>

DENNIS, Paul et al. The effects of glyphosate, glufosinate, paraquat and paraquat-diquat on soil microbial activity and bacterial, archaeal and nematode diversity. Scientific reports [En línea] Vol. 8, nº 21, 01 de febrero 2018 [Fecha de consulta: 17 de enero de 2020] Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-20589-6.pdf?origin=ppub>

FILEMON, Marioara N et al. Enzymatic and biological assessment of sulfonylurea herbicide impact on soil bacterial communities. Afr. J. Agric. Res. [En línea] Vol. 10, nº 14, abril 2018 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible en: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-textpdf/613AADA52297>. ISSN 1991-637X

GUTIÉRREZ, Carmen et al. Effect of soil properties, heavy metals and emerging contaminants in the soil nematodes diversity. [En línea] Environmental Pollution Vol. 213, 2018 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.02.012>.
ISSN 0269-7491

GUPTA, Neha et al. Appraisal of contamination of heavy metals and health risk in agricultural soil of Jhansi city, India [En Línea] Environmental Toxicology and Pharmacology Volume 88, 103740, 2021 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2021.103740>
ISSN: 103 – 740

GHOSH, Avijit et al. Soil enzymes and microbial elemental stoichiometry as bio-indicators of soil quality in diverse cropping systems and nutrient management practices of Indian Vertisols [En Línea] Applied Soil Ecology Volume 145, January 2020, 103304 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.06.007>

- HABIG, Johan; and SWANEPOEL, Corrie. Effects of Conservation Agriculture and Fertilization on Soil Microbial Diversity and Activity. *Environments* [En Línea] Vol. 2, 2018 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/280029280_Effects_of_Conservation_Agriculture_and_Fertilization_on_Soil_Microbial_Diversity_and_Activity. ISSN 2076-3298.
- HEMANTH G et al. Fungicides effect on soil micro flora in tekkali mandal, srikakulam (DIST.) [En Línea] *International Journal of Research and Development in Pharmacy and Life Sciences* Vol. 5, nº 4, junio-julio 2019 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible en: <https://ijrdpl.com/index.php/ijrdpl/article/download/245/246>. ISSN (E): 2278-0238
- HU, Jiani et al. National-scale distribution of micro (meso) plastics in farmland soils across China: Implications for environmental impacts [En Línea] *Journal of Hazardous Materials* Volume 424, Part A, 15 February 2022, 127283 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127283> ISSN: 127 – 283
- HU y Chabbi. Grassland management and integration during crop rotation impact soil carbon changes and grass-crop production [En Línea] *Agriculture, Ecosystems & Environment* Volume 324, 1 February 2022, 107703 127283 [Fecha de consulta: 18 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107703> ISSN: 107-703
- JIANG, Xiaolu. Spatial distribution mapping of Hg contamination in subclass agricultural soils using GIS enhanced multiple linear regression [En Línea] *Journal of Geochemical Exploration* Volume 196, January 2019, Pages 1-7 [Fecha de consulta: 19 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2018.10.002>
- KHARAZIA, Ava et al. Human health risk assessment of heavy metals in agricultural soil and food crops in Hamadan, Iran [En Línea] *Journal of Food Composition*

and Analysis Volume 100, July 2021, 103890 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103890>

ISSN: 103 – 890

LEE, Pyeong et al. Source identification of arsenic contamination in agricultural soils surrounding a closed Cu smelter, South Korea [En Línea] Chemosphere Volume 217, February 2019, Pages 183-194 [Fecha de consulta: 18de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.010>

LI, Helian et al. Integrating bioavailability and soil aging in the derivation of DDT criteria for agricultural soils using crop species sensitivity distributions [En Línea] Ecotoxicology and Environmental Safety Volume 165, 15 December 2018, Pages 527-532 [Fecha de consulta: 13 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.035>

LI, Wenchao et al. Comprehensive environmental impacts of fertilizer application vary among different crops: Implications for the adjustment of agricultural structure aimed to reduce fertilizer use [En Línea] Agricultural Water Management Volume 210, 30 November 2018, Pages 1-10 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.044>

LIU, Xingwang et al. Evaluation of potential ecological risks in potential toxic elements contaminated agricultural soils: Correlations between soil contamination and polymetallic mining activity [En Línea] Journal of Environmental Management Volume 300, 15 December 2021, 113679 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113679>

ISSN: 113 – 679

LIU, Ben et al. Disentangling the impact of contrasting agricultural management practices on soil microbial communities – Importance of rare bacterial community members [En Línea] Soil Biology and Biochemistry Volume 166, March 2022, 108573 [Fecha de consulta: 17 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108573>

ISSN: 108 - 573

- LIN, Xianke et al. Cadmium contamination in agricultural soils of China and the impact on food safety [En Línea] Resources, Conservation and Recycling Volume 166, March 2021, 105358 [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105358>
ISSN: 105 – 358
- LIU, Wen et al. Water, sediment and agricultural soil contamination from an ion-adsorption rare earth mining area [En Línea] Chemosphere Volume 216, February 2019, Pages 75-83 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.109>
- N'Dri, Julien K.; HANCE, Thierry; ANDRÉ, Henri M.; LAGERLÖF, Jan, y TONDOH, Jérôme E. Microarthropod use as bioindicators of the environmental state: case of soil mites (Acari) from Côte d'Ivoire. [En línea] Journal of Animal & Plant Sciences Vol.29, nº 2, 01 de julio 2018 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible en: <http://www.m.elewa.org/JAPS>.
ISSN: 2071-7024
- NGUYEN y KRAVCHENKO. Effects of cover crops on soil CO₂ and N₂O emissions across topographically diverse agricultural landscapes in corn-soybean-wheat organic transition [En Línea] European Journal of Agronomy Volume 122, January 2021, 126189 [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126189>
ISSN: 126-189
- NGUYEN, Duy B.; ROSE, Michael T.; ROSE, Terry J.; MORRIS, Stephen G.; y ZWIETEN, Lucas van. Impact of glyphosate on soil microbial biomass and respiration: A meta-analysis. [En línea] Soil Biology and Biochemistry, 2021 [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.09.014>. ISSN 0038-0717.
- MARION, Luis et al. Development of a soil quality index to evaluate agricultural cropping systems in southern Brazil, [En línea] Soil and Tillage Research Volume 218, April 2022, 105293 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible:<https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105293>
ISSN: 105 – 293

- MELO, Wanderley et al. Ten years of application of sewage sludge on tropical soil. A balance sheet on agricultural crops and environmental quality [En Línea] *Science of The Total Environment* Volume 643, 1 December 2018, Pages 1493-1501, [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.254>
- MENTA, Cristina y REMELLI, Sara. Soil Health and Arthropods: From Complex System to Worthwhile Investigation [En Línea] *Insects* 2020, 11(1), 54 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/insects11010054>
- MIRZAVAND, Jahanbakhsh et al. Biological indicators of soil quality under conventional, reduced, and no-tillage systems [En Línea] *Archives of Agronomy and Soil Science* Volume 68, 2022 - Issue 3 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1832656>
- MOHAMMADI, Amir et al. Probabilistic assessment of soil contamination risk related to agricultural and industrial activities [En Línea] *Environmental Research* Volume 203, January 2022, 111837 [Fecha de consulta: 12 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111837>
ISSN: 111 – 837
- PROSHAD, Ram et al. Potential toxic metals (PTMs) contamination in agricultural soils and foodstuffs with associated source identification and model uncertainty [En Línea] *Science of The Total Environment* Volume 789, 1 October 2021, 147962 [Fecha de consulta: 13 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147962>
ISSN: 147 – 962
- ROBSON, Thomas et al. Impact of arsenopyrite contamination on agricultural soils and crops [En Línea] *Journal of Geochemical Exploration* Volume 125, February 2018, Pages 102-109 [Fecha de consulta: 13 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2018.11.013>
- SANTOS, María et al. Evaluating the sustainability of subsurface drip irrigation using recycled wastewater for a bioenergy crop on abandoned arid agricultural land

[En Línea] Ecological Engineering Volume 79, June 2018, Pages 60-68 [Fecha de consulta: 13 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.03.008>

SUN, Jianteng et al. Organic contamination and remediation in the agricultural soils of China: A critical review [En Línea] Science of The Total Environment Volume 615, 15 February 2019, Pages 724-740 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.09.271>

SHARMA, Pooja et al. Environmental impacts of alternative agricultural uses of poorly drained farm land in Ireland [En Línea] Science of The Total Environment Volumes 637–638, 1 October 2018, Pages 120-131 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.315>

SHARMA, Sandeep et al. Soil organic carbon and biological indicators of uncultivated vis-à-vis intensively cultivated soils under rice–wheat and cotton–wheat cropping systems in South-Western Punjab [En Línea] Carbon Management Volume 11, 2020 -Issue 6 [Fecha de consulta: 16 de marzo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17583004.2020.1840891>

SHAKOOR, Awais et al. Do soil conservation practices exceed their relevance as a countermeasure to greenhouse gases emissions and increase crop productivity in agriculture? [En Línea] Science of The Total Environment Volume 805, 20 January 2022, 150337 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150337>

ISSN: 150 - 337

SHRIVASTAVA, Anamika et al. Arsenic contamination in agricultural soils of Bengal deltaic region of West Bengal and its higher assimilation in monsoon rice [En Línea] Journal of Hazardous Materials Volume 324, Part B, 15 February 2019, Pages 526-534 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.11.022>

UDOUSORO, Imaobong I et al. Soil Invertebrates as Bio-Monitors of Toxic Metals Pollution in Impacted Soils. [En línea] Current World Environ Vol. 10, nº 2:

367-385, 2018. [Fecha de consulta: 17 de enero de 2022] Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.12944/CWE.10.2.02>.

ISSN: 2320-8031.

YANG, Tony et al. Cropping systems in agriculture and their impact on soil health-A review [En Línea] *Global Ecology and Conservation* Volume 23, September 2020, e011118 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e011118>

YANG, Meijian et al. Impact of planting time soil moisture on cereal crop yield in the Upper Blue Nile Basin: A novel insight towards agricultural water management [En Línea] *Agricultural Water Management* Volume 243, 1 January 2021, 106430 [Fecha de consulta: 18 de enero de 2022] Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106430>

ISSN: 106 - 430

YOUNG, Madaline et al. Impacts of agronomic measures on crop, soil, and environmental indicators: A review and synthesis of meta-analysis [En Línea] *Agriculture, Ecosystems & Environment* Volume 319, 1 October 2021, 107551 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107551>

ISSN: 107 – 551

WANG, Feifei et al. Contamination characteristics, source apportionment, and health risk assessment of heavy metals in agricultural soil in the Hexi Corridor [En Línea] *CATENA* Volume 191, August 2019, 104573 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104573>

ISSN: 104-573

WANG, Jiaxin et al. Impact of conservation practices on soil hydrothermal properties and crop water use efficiency in a dry agricultural region of the tibetan plateau [En Línea] *Soil and Tillage Research* Volume 200, June 2020, 104619 [Fecha de consulta: 15 de enero de 2022] Disponible:
<https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104619>

ISSN: 104-619

- WANG, Peng et al. Cadmium contamination in agricultural soils of China and the impact on food safety [En Línea] Environmental Pollution Volume 249, June 2019, Pages 1038-1048 [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.063>
- WANG, Chong et al. Exploring wheat-based management strategies to balance agricultural production and environmental sustainability in a wheat–maize cropping system using the DNDC model [En Línea] Journal of Environmental Management Volume 307, 1 April 2022, 114445 [Fecha de consulta: 18 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114445>
ISSN: 114 – 445
- WOLEJKO, Elzbieta et al. Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides – A review [En Línea] Applied Soil Ecology Volume 147, March 2020, 103356 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.006>
- ZAGHLOUL, Alaa et al. biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems [En Línea] Bulletin of the National Research Centre volume 44, Article number: 127 (2020) [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385-x>
- ZHANG, Huayan et al. Can conservation agriculture mitigate climate change and reduce environmental impacts for intensive cropping systems in North China Plain? [En Línea] Science of The Total Environment Volumen 806, Part 3, 1 February 2022, 151194 [Fecha de consulta: 16 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151194>
ISSN: 151 – 194

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento de recolección de datos

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	---------------------------------------

TÍTULO: Calidad Ambiental del suelo en cultivos agrícolas de Café y Cacao, Revisión Sistemática, 2022.	
AUTOR (ES): Huillca Condori, Martha Tuco Huamán, Redy	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2022

PARTICIPANTE: Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio.	PÁGINAS EMPLEADAS: 51
---	------------------------------

PALABRAS CLAVES:	Calidad ambiental, suelo, cultivos agrícolas.
CULTIVOS AGRÍCOLAS:	Se ocupa de la producción de cultivo del suelo, el desarrollo y recogida de las cosechas, la explotación de bosques y selvas (silvicultura), la cría y desarrollo de ganado (Dakhlalla et al. 2018).
CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO:	Concepto relacionado con la contaminación e incluye, además de los componentes como el aire, el agua, el suelo y todas aquellas alteraciones físicas, químicas y biológicas que un medio o un territorio pueden sufrir por la dinámica que desarrollan medios naturales y/o antrópicos (Berenstein et al. 2022).
PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN:	Bioindicadores Mecanismos de acción de los bioindicadores Tipo de productos químicos
CONCLUSIÓN:	Los bioindicadores que influyen en la calidad ambiental del suelo en cultivos agrícolas de Café y Cacao fueron la macrofauna, la microfauna, mesofauna y macrofauna que cumplieron los cargos de mantener el suelo adecuado para el desarrollo de los diferentes cultivos.