



Universidad César Vallejo

FACULTAD INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión Sistemática: El Impacto Ambiental de la Aplicación de
Abono Orgánico Sólido para el Tratamiento de Suelos Agrícolas**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR:

Taco Anco, Yenifer Erika (ORCID: 0000-0001-6197-8078)

ASESOR:

Mg. Ugarte Alván, Carlos Alfredo (ORCID: 0000-0001-6017-1192)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres, pues sin ellos no lo habría logrado. Su bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Por eso les doy mi trabajo en ofrenda por su paciencia y amor.

Los amo

.

Agradecimiento

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme llegar a este punto de la vida y haberme otorgado salud para alcanzar mis objetivos, y estar presente para mí cuando te necesitaba.

A mis padres, que con su esfuerzo, carácter y gran amor me enseñaron a no rendirme ante nada y siempre seguir sus consejos con sabiduría.

A mis maestros y a todas aquellas personas que me enseñaron y apoyaron en la elaboración de este proyecto.

Índice de contenidos

Caratula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. MÉTODOLÓGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	22
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización	22
3.3. Escenario de estudio	24
3.4. Participantes.....	24
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.6. Procedimiento.....	25
3.7. Rigor científico	26
3.8. Método de análisis de datos	26
3.9. Aspectos éticos.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. RECOMENDACIONES	35
VII. REFERENCIAS.....	36

Índice de tablas

Tabla 1 Cuadro de Antecedentes.....	4
Tabla 2 Promotores del crecimiento vegetal	19
Tabla 3 Matriz de Categorización Apriorística	23
Tabla 4 Disponibilidad de principales abonos químicos en Perú 2012 – 2021 (Toneladas)	28
Tabla 5 Importación de fertilizantes químicos por producto según mes (Enero 2015 - diciembre 2021) (Toneladas)	30
Tabla 6 Precios de importación de fertilizantes químicos por producto según mes (Enero 2015 - diciembre 2021) (\$ por Tonelada)	31
Tabla 7 Producción de guano de isla (Enero 2015 - diciembre 2021) (Tonelada)	33

Índice de figuras

Figura 1 Ciclo del Nitrógeno	17
Figura 2 Ciclo del Fósforo	18
Figura 3 Ciclo del Fósforo	18
Figura 4 Micorrizas.....	19
Figura 5 Procedimiento	25
Figura 6 Disponibilidad de principales abonos químicos en Perú 2012 – 2021 (Toneladas)	29
Figura 7 Importación de fertilizantes químicos por producto según mes (Enero 2015 - diciembre 2021) (Toneladas)	31
Figura 8 Precios de importación de fertilizantes químicos por producto según mes (Enero 2015 - diciembre 2021) (\$ por Tonelada)	32

Resumen

El presente trabajo de investigación expone el siguiente objetivo general: determinar el impacto ambiental de la aplicación del abono orgánico sólido para el tratamiento de suelos agrícolas.

El tipo de investigación desarrollada es de origen aplicada, por buscar atender un problema que aqueja a la población y afecta una actividad económica resaltante para el país. Se hizo uso de fichas bibliográficas como instrumentos.

Se destacan como principales fertilizantes químicos empleados en nuestro país: Cloruro de Potasio, Úrea, Fosfato di Amónico, Sulfato de Amonio, Nitrato de Amonio, Sulfato de Potasio, Sulfato de Magnesio y Potasio, Superfosfato; con una disponibilidad muy variada entre los años 2012 hasta el 2021; además que la gran mayoría de estos productos son importados. En lo que respecta a fertilizantes orgánicos, el más empleado en el país es el guano de isla.

El proceso estándar para la fabricación de compost se puede realizar de forma casera como industrializarlo también. En especial, promueve la mejora de las condiciones físicas y químicas del suelo agrícola, por no tener contenido artificial excesivo y por estar hecho de materia biodegradable.

Palabras Claves: Abono orgánico, abono químico, residuos sólidos orgánicos, compostaje.

Abstract

The present research work exposes the following general objective: to determine the environmental impact of the application of solid organic fertilizer for the treatment of agricultural soils.

The type of research developed is of applied origin, seeking to address a problem that afflicts the population and affects an outstanding economic activity for the country. Bibliographic records were used as instruments.

The main chemical fertilizers used in our country stand out: Potassium Chloride, Urea, Ammonium Phosphate, Ammonium Sulfate, Ammonium Nitrate, Potassium Sulfate, Magnesium and Potassium Sulfate, Superphosphate; with a very varied availability between the years 2012 to 2021; In addition, the vast majority of these products are imported. Regarding organic fertilizers, the most widely used in the country is guano from the island.

The standard process for the manufacture of compost can be done at home or industrialized as well. In particular, it promotes the improvement of the physical and chemical conditions of agricultural soil, because it does not have excessive artificial content and because it is made of biodegradable material.

Keywords: Organic fertilizer, chemical fertilizer, organic solid waste, composting.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación abarca los impactos ambientales de la aplicación de abono orgánico sólido para el tratamiento de suelos agrícolas. Distinguiéndose las siguientes ventajas sobre el medio ambiente: facilita la caracterización y análisis de las propiedades de los residuos orgánicos para ser usados como materia prima en la producción de abono, se puede evaluar la calidad del proceso de transformación y diferenciación de las técnicas de compostaje, se reduce la cantidad de generación per cápita o volumen y se mitigan los impactos ambientales negativos provocados por estos; siendo una oportunidad viable y eco amigable con la aplicación del composteo (Jazmín, 2019).

La preparación de bio abono, es una metodología de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos, no es muy bien recibida ni aceptada por la gran mayoría de agricultores; ya sea por la falta de conocimiento, la búsqueda constante e inmediata de mejorar el rendimiento de los cultivos utilizando productos químicos agrícolas (MINAM, 2019).

La contaminación ambiental originada por el uso de fertilizantes químicos; acompañada de efectos o impactos ambientales, los cuales se consideran como alteraciones o perturbaciones que puede tener una trascendencia positiva o negativa; en el caso de este estudio se categoriza como negativo significativo; porque se tiene en cuenta el deterioro de la calidad del suelo, la pérdida de cobertura vegetal y vegetación endémica; lo que provoca preocupación en la población por los efectos nocivos al medio ambiente y las repercusiones negativas en la salud (Mary, 2020), asimismo, la contaminación de los alimentos por la presencia de trazas de los fertilizantes artificiales (Jiao, 2018).

La agricultura se está viendo afectada en todo el mundo por los niveles de contaminación generados por el uso de fertilizantes químicos (Jiao, 2018). Puesto que, la gran mayoría de los agricultores utilizan diversos tipos y calidades de fertilizantes, algunos de estos contienen trazas de metales pesados como As y Cd, siendo sustancias altamente contaminantes (Taoran, 2018).

Unos años atrás en el Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM), se ha identificado el aumento en la usanza de agroquímicos por parte de los agricultores

de la zona, precisamente en la producción del cultivo de coca, sin tener en cuenta su grado de toxicidad, solo lo emplean con la finalidad de mejorar el rendimiento del cultivo mencionado. Los más utilizados son: Gramoxone, Gramoxil (herbicidas); Thiodan, Caporal, Tamaron, y Monitor (insecticidas – plaguicidas); Cloruro de Potasio, Úrea (fertilizantes sintéticos); al usarlos con mucha frecuencia se incrementa su potencial tóxico. Incluso no hay fiscalización ni control en cuanto al expendio de este tipo de productos, ya que es fácil acceder a estos (UNODC, 2010).

La justificación teórica, considera a los abonos orgánicos como un elemento crucial para la regulación de procesos relacionados con la productividad agrícola (Medina, 2010); resaltando su contenido nutricional favorable y en cantidades significativas para fortalecer el crecimiento de las plantas (Medina, 2010).

La justificación social deja expuesto la gran problemática de la contaminación del suelo por el uso desatinado de insumos químicos, con la finalidad de mejorar la fertilidad del suelo, lo que está generando todo lo contrario. Está originando la degradación del suelo y daños a la salud de los pobladores, por haberse reconocido la presencia de trazas o pequeños restos de abonos químicos, plaguicidas, funguicidas y entre otros empleados en los cultivos para ser consumidos posteriormente.

La justificación económica de esta investigación propone emplear un tratamiento de aprovechamiento accesible donde no se requiere de tecnologías costosas; porque se empleará residuos sólidos orgánicos (RSO) mediante el proceso de compostaje, el cual es accesible.

Por consiguiente, se expuso como problema general: ¿Cuál es el impacto ambiental de la aplicación del abono orgánico sólido para el tratamiento de suelos agrícolas?

Así mismo, se expusieron los siguientes problemas específicos: ¿Cuáles son los fertilizantes químicos utilizados con mayor frecuencia en la agricultura?, ¿Cuáles son los abonos orgánicos que pueden utilizarse en la agricultura?, ¿Cuál es el proceso de preparación del abono orgánico sólido en condiciones aeróbicas?, ¿Cuál es la mejora relativa de las condiciones físicas y químicas del suelo agrícola tratado con el abono orgánico sólido?

Desde la perspectiva de ingeniería ambiental, el interés del estudio versó en conocer los beneficios sociales, económicos y ambientales de ejecutar un manejo integral de los RSO, de acuerdo con la legislación ambiental vigente.

En el marco de la salud ambiental, en el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú, se resalta “toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; incluyendo la preservación de la naturaleza hasta el control de las sustancias nocivas y la protección de la salubridad”.

La investigación se realizó mediante la observación investigativa, utilizando como instrumento para recabar los datos, la ficha bibliográfica. Asimismo, presenta una naturaleza aplicada.

El objetivo general es: determinar el impacto ambiental de la aplicación del abono orgánico sólido para el tratamiento de suelos agrícolas.

Los objetivos específicos son los siguientes: Identificar los fertilizantes químicos utilizados con mayor frecuencia en la agricultura, Reconocer los abonos orgánicos que pueden utilizarse en la agricultura, Entender el proceso de preparación del abono orgánico sólido en condiciones aeróbicas, Comprender la mejora relativa de las condiciones físicas y químicas del suelo agrícola tratado con el abono orgánico sólido.

II. MARCO TEÓRICO

Para realizar el marco teórico, se ha buscado información en la base de datos Sciencedirect y se examinó detalles en común: justificación, problema de la investigación, característica del artículo, objetivos y resultados, materializados en la Tabla 1.

Tabla 1. Antecedentes

Nº	AUTOR - AÑO	JUSTIFICACIÓN	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICA DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
1	JIANQIAO, H., et al - 2021	La aplicación de fertilizantes orgánicos es la medida más efectiva para mejorar la fertilidad del suelo y el desarrollo de la comunidad microbiana.	Reducir uso de fertilizantes químicos, permitirá reducir drásticamente los niveles de contaminación ambiental, para lograr una mejora en el nivel de fertilidad del suelo agrícola.	Cuantitativa	Comparar los tratamientos y los efectos alcanzados en la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo, la conductividad eléctrica (EC), el carbono orgánico del suelo (SOC), el nitrato de nitrógeno (NO ₃ -- N), el nitrógeno total (TN), fósforo disponible (AP) y potasio disponible (AK).	Metodología de Inventarios de detalle experimental Análisis de las propiedades fisicoquímicas del suelo Extracción, amplificación, secuenciación de ADN Procesamiento de datos de secuenciación Análisis estadístico	Se lograron los resultados esperados: Desarrollar variaciones en la biomasa del maíz y características fisicoquímicas del suelo, establecer una funcionalidad potencial bacteriana y análisis funcional de gremios fúngicos y la aplicación de factores impulsores de la variación de la comunidad microbiana

2	MARY, A., et al - 2020	En la RMG se están poniendo esfuerzos en promover el desarrollo y uso de biofertilizantes y ponerlos al alcance de los agricultores a costos accesibles	La población de la Región del Gran Mekong (RMG), depende de la agricultura y se enfrenta a graves desafíos, como la disminución de la fertilidad del suelo, el aumento de plagas y enfermedades, lo que conduce a una menor productividad del ecosistema	Cualitativo	Explorar las prácticas agrícolas actuales en los seis países de la RMG (China, Vietnam, Myanmar, Tailandia, Camboya y Lao PDR), la necesidad crítica de prácticas agroecológicas sostenibles con especial énfasis en los biofertilizantes	Fichaje bibliográfico	A pesar de dar a conocer las ventajas económicas, ambientales y productivas y el promover el desarrollo y el uso de biofertilizantes en lugares accesibles y a costos asequibles, los agricultores siguen utilizando fertilizantes convencionales
---	------------------------	---	--	-------------	---	-----------------------	---

Nº	AUTOR - AÑO	JUSTIFICACIÓN	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICA DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
3	BO, S., et al - 2020	El biofertilizante reguló el proceso de transformación del nitrógeno microbiano en el suelo y redujo la pérdida de nitrógeno de los agroecosistemas	Contaminación del suelo agrícola por exceso de aplicación de fertilizantes	Cuantitativo y cualitativo	Comparar con la aplicación de urea sola y la estrategia de sustitución del 50% de urea por biofertilizante	Muestreo de suelos y plantas Medición de la pérdida por escorrentía de nitrógeno y la pérdida por lixiviación Extracción de ADN del suelo y secuenciación de alto rendimiento Cuantificación de genes funcionales del ciclo del nitrógeno por q-PCR	Se logró que el biofertilizante regulara el proceso de transformación del nitrógeno microbiano en el suelo y logre reducir la pérdida de nitrógeno de los agroecosistemas en la zona de estudio

4	EXPÓSITO, A., et al - 2020	Se analizan los patrones de eficiencia ambiental en la gestión del uso de fertilizantes para un grupo de estados de la UE entre 2001 y 2012. La mayoría de los países lograron avances significativos en la reducción de la intensidad del uso nocivo de fertilizantes en 2001-2003 y 2006-2007	El uso prolongado de fertilizantes nocivos ha generado contaminación en suelo, agua y aire; también causó la contaminación de los alimentos	Cualitativo	Identificar los países con mejor desempeño en una agricultura sostenible de los cuales se pueden aprender lecciones	Metodología dinámica de Análisis Envolverte de Datos	Se ha demostrado que la mayoría de los países registran la implementación de avances agrícolas eficientes en los periodos 2002-2003 y 2007-2008
---	----------------------------------	---	---	-------------	---	--	---

Nº	AUTOR - AÑO	JUSTIFICACIÓN	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICA DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
----	----------------	---------------	---------------------------------	--------------------------------	-----------	-------------	------------

5	TAORAN, S., et al - 2018	En cuanto al cuidado del medio ambiente, ha surgido la necesidad de verificar los compuestos fertilizantes y sustituirlos por abonos orgánicos	El cadmio (Cd) y el arsénico (As) generalmente se encuentran en suelos contaminados. Sus biodisponibilidades a menudo están relacionadas con el pH y el Eh, lo que indica un efecto generalmente contrastante o antagónico	Cuantitativo	Estudiar los efectos de los diferentes valores de pH y Eh del suelo modificados por el fertilizante orgánico en la especiación de Cd y As en lugar de los efectos cuantitativos directos entre el fertilizante orgánico y la especiación de Cd y As	Metodología inventario	de	Se logró construir una compilación sistemática de los hallazgos de inventarios en todo el mundo.
6	WENCHAO, L., et al - 2018	Esta investigación permitirá realizar un estudio exhaustivo sobre el destino del N en tres cultivos (es decir, ajo, colza y haba), se contrasta el N excedente de fertilizante (es decir, la diferencia entre la entrada de N de los fertilizantes y la producción por planta). absorción) (Tang et al., 2012). Investigue el destino del fertilizante marcado con 15N en el sistema planta-suelo-aire-agua en diferentes cultivos mediante la integración de un	El aumento de la aplicación de fertilizantes con nitrógeno (N) ha mejorado significativamente la producción de alimentos, pero al mismo tiempo ha resultado en una cascada de problemas ambientales (por ejemplo, calentamiento global, contaminación del aire, degradación de la calidad del agua y acidificación del suelo) debido a la aplicación excesiva o irrazonable	Cuantitativo y cualitativo	Explorar el destino del fertilizante N que fue tomado por la planta y retenido en el suelo, cuantificar los flujos de nitrógeno fertilizante perdidos a través de vías gaseosas e hidrológicas, comparar las diferencias entre diferentes cultivos en los impactos ambientales generales de la aplicación de fertilizantes	Muestreo de suelos	La aplicación de fertilizantes ecoamigable permitió mostrar variaciones evidentes en los impactos ambientales entre diferentes cultivos, por la disminución y control de Nitrógeno	

experimento de maceta y de simulación de lluvia y técnicas de trazador de 15N

7	KHAN, M. N., et al - 2017	<p>El aumento de la población obligó a la intensificación de la agricultura acompañada del uso adicional de fertilizantes que han desempeñado un papel vital para satisfacer la demanda de alimentos en todo el mundo.</p>	<p>El uso indiscriminado y prolongado de fertilizantes son causa de contaminación ambiental (Hudak, 2000; Hanson, 2002; Almasri y Kaluarachchi, 2004), pone en peligro los ecosistemas terrestres, acuáticos y la salud humana. Los suelos contienen de forma natural metales pesados (HM) como: cadmio, mercurio, arsénico, cromo, plomo, etc.; por lo tanto, la aplicación de estos fertilizantes agrega más HM a los suelos (Huang y Jin, 2008).</p>	Cuantitativo y cualitativo	<p>Analizar y enfocar las investigaciones sobre fertilizantes, sus niveles de contaminación, daños a la salud de la población, la calidad del suelo, de las aguas superficiales y subterráneas.</p>	Fichaje bibliográfico	<p>Se reconocieron las consecuencias de los aportes y del uso indiscriminado de fertilizantes a gran escala en la salud del suelo, daño en la salud de las personas y el impacto en los cuerpos de agua</p>
---	---------------------------	--	---	----------------------------	---	-----------------------	---

Nº	AUTOR - AÑO	JUSTIFICACIÓN	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICA DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
8	JIAO, Ch., et al – 2018	Los EFF son fertilizantes que pueden reducir la contaminación ambiental por la pérdida de nutrientes al retrasar, o incluso controlar, la liberación de nutrientes en el suelo	Una parte importante de los fertilizantes se pierde, aumentando el costo agrícola, desperdiciando energía y contaminando el medio ambiente, desafíos para la sostenibilidad de la agricultura moderna	Cuantitativo y cualitativo	Discutir los nuevos desarrollos en fertilizantes amigables con el medio ambiente (EFF), comparar los rendimientos de los fertilizantes comunes con los EFF, explorar los efectos de los EFF en el medio ambiente	Proceso térmico de biomasa	Se llegó a la conclusión sobre las ventajas del biocarbón: mejora la retención de nutrientes, inmoviliza los contaminantes, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y las pérdidas por lixiviación de nutrientes
9	YUHAO, F., et al - 2021	Muchos estudios previos han demostrado que el suelo alrededor del área de riego está contaminado con metales pesados, aunque no hayan sido regados con aguas residuales	La contaminación por metales pesados de los suelos agrícolas en las áreas de riego de aguas residuales es un problema ambiental grave	Cuantitativo y cualitativo	Identificar la concentración de cadmio y sus flujos típicos de entrada y salida en suelos agrícolas aguas abajo de un área de riego de aguas residuales de metales pesados	Muestreo y métodos analíticos del suelo de arroz Deposición atmosférica Balance de masa de Cd	Los resultados mostraron que el 95,5% de las muestras de suelo excedieron el valor de detección de la concentración de Cd. Los flujos de entrada de Cd a través del agua de riego y la deposición atmosférica, que representan el 56,95 % y el 42,53 % del flujo de entrada total, respectivamente, fueron las principales fuentes

						de Cd en el suelo. La recolección de cultivos fue la principal vía de producción, representando el 89,63% del flujo total de producción. Una estimación del balance de masa anual mostró que el Cd en el área de estudio se encontraba en estado de acumulación, y el aumento anual de la concentración de Cd en la capa superior del suelo sería de 2,46 $\mu\text{g kg}^{-1}$ si se mantienen los flujos observados.	
10	LEI, C., et al - 2021	Se utilizaron varios índices, incluido el índice de contaminación (PI), el índice de contaminación integrado de Nemerow (NIPI) y el índice de riesgo ecológico potencial (RI), para analizar los niveles de contaminación causados por metales pesados. Se empleó la evaluación de riesgos para la salud humana	Con el fin de evaluar la contaminación, la evaluación de riesgos para la salud humana y la distribución cuantitativa de fuentes de metales pesados en suelos cultivados, se recolectó un total de 382 muestras de suelo cultivado de Lanzhou en septiembre de 2019	Cuantitativo y cualitativo	Reconocer las características de la contaminación, las distribuciones espaciales y la distribución de fuentes de metales pesados en suelos cultivados en Lanzhou, China	Muestreo y métodos analíticos del suelo Sistema de información geográfica (GIS) Modelo de receptor de factorización de matriz positiva (PMF)	Los resultados mostraron que las concentraciones medias de Hg excedieron el valor de detección de riesgo de contaminación del suelo nacional (GB 15618-2018). Excepto Cr en el área de estudio, Pb, Cd, As, Cu, Zn y Ni tienen un alto valor en Chengguan y Qilihe.

Nº	AUTOR - AÑO	JUSTIFICACIÓN	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICA DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
11	XIONGFEI, H. - 2021	Las aplicaciones del fertilizante orgánico al suelo pueden conducir a la amortiguación de la alcalinidad de las nuevas cenizas volantes modificadas	Contaminación del suelo por metales pesados	Cuantitativo y cualitativo	Demostrar la importancia de la aplicación de fertilizantes orgánicos y nuevas mezclas de cenizas volantes modificadas para la remediación de suelos contaminados con HM y la mejora de la calidad del suelo	Remediación de metales pesados del suelo	Los resultados de los tratamientos de mezcla fueron mejores que los de la aplicación de solo cenizas volantes modificadas nuevas para la reducción de metales pesados libres.
12	SHAMSHA D, K, et al - 2021	Esta revisión demuestra que los mapas fundamentales y la información integrada brindan coordenadas geográficas confiables e información inclusiva sobre la contaminación por ET, particularmente en China.	Contaminación del suelo	Cualitativo	Revisar y presentar el estado del arte sobre el estado de los elementos tóxicos (ET) en los suelos y evaluar el riesgo potencial utilizando índices de contaminación complejos únicos y totales en una escala global	Remediación de suelos	Los hallazgos resumidos en esta revisión pueden ayudar a desarrollar métodos innovadores y aplicables para evaluar la contaminación global del suelo por ET con el propósito de mitigar el riesgo ambiental y los riesgos inherentes para la salud humana.

Nº	AUTOR – AÑO	JUSTIFICACIÓN	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICA DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
13	XIN, W., et al – 2021	Para mantener y aumentar el rendimiento de los cultivos, se han aplicado grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados a las tierras de cultivo	Para mantener y aumentar el rendimiento de los cultivos, se han aplicado grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados a las tierras de cultivo	Cualitativo	Revisar y recopilar información referida al tema	Bioluminiscencia Método colorimétrico	El progreso de la investigación sobre BNI se revisa en este artículo, incluida la fuente, los mecanismos, los factores que influyen y la aplicación de BNI
14	NUR SYABEERA, B. N. A., et al – 2020	La erosión del suelo es la principal limitación para la agricultura que afecta el rendimiento de la producción y degrada la sostenibilidad ambiental	La combinación de actividades agrícolas intensivas, prácticas agrícolas inadecuadas, regímenes de precipitaciones y condiciones topográficas que tuvieron lugar en las tierras agrícolas conducen al problema de la erosión del suelo	Cualitativo	Revisar y seleccionar fuentes de información aplicando revisión sistemática y meta análisis	PRISMA	La revisión sistemática resultó en tres temas principales y 11 subtemas, los tres temas principales son prácticas agronómicas, prácticas agroecológicas y prácticas mecánicas (métodos biológicos). Los 11 subtemas son operación de labranza, cultivo intercalado, de cobertura, cobertura vegetal, materia orgánica y otros

Nº	AUTOR - AÑO	JUSTIFICACIÓN	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICA DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
15	BALTAS, H., et al - 2020	La presencia de metales pesados en el suelo, fomentan riesgos para la salud, se muestra que los niños son más susceptibles a los efectos no cancerígenos y cancerígenos en la salud de los metales traça en comparación con los adultos	Los niveles de concentración de metales pesados como Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As y Pb en suelo en la provincia de Sinop, Turquía son elevados	Cuantitativo y cualitativo	Analizar el estado de contaminación por metales del suelo se discute utilizando varios índices de contaminación, identificar las concentraciones de metales pesados en los suelos de la provincia de Sinop utilizando EDXRF	Espectroscopía de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía (EDXRF)	Para interpretar y evaluar el estado de contaminación, la distribución de metales pesados en el suelo mediante parámetros: Factor de enriquecimiento (EF), índice de geoacumulación (Igeo), factor de contaminación (CF) y índice de carga de contaminación (PLI) y geo, son excesivos
16	XIANKE, L., et al - 2021	Se desarrolló un método de aplicación indirecta para el reciclaje seguro de nutrientes de lodos de aguas residuales municipales (MSS) para su uso en la agricultura	Contaminación del suelo por Cadmio, Cobre, Plomo y Zinc	Cuantitativo y cualitativo	Reaprovechar los nutrientes extraídos de lodos de aguas residuales municipales (MSS)	Tratamiento de lodos de aguas residuales municipales (MSS)	Los niveles de Cd, Cu, Plomo y zinc no excedieron los límites estándar del suelo por usar bolsas de red de lodos de depuradora

Nº	AUTOR - AÑO	JUSTIFICACIÓN	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICA DEL ARTÍCULO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
17	KOPITKE, P. M., et al - 2019	Los suelos son el ecosistema más complejo y diverso del mundo	Contaminación del suelo	Cualitativo	Revisar y seleccionar fuentes de información	Revisión bibliográfica	La falta de reconocimiento de la importancia del suelo dentro de los sistemas agrícolas intensivos, sin duda, tendrá graves consecuencias para la humanidad. También representaría un fracaso de la sociedad actual al considerar la equidad intergeneracional
18	BIAOBIAO, S., et al - 2020	El cadmio (Cd) y el arsénico (As) generalmente se encuentran en suelos contaminados. Sus biodisponibilidades a menudo están relacionadas con el pH y el Eh, lo que indica un efecto generalmente contrastante o antagónico	Contaminación del suelo	Cualitativo	Estudiar los efectos de diferentes valores de pH y Eh del suelo modificados por fertilizantes orgánicos	Extracción secuencial de Tessier	Se logró concluir que el excesivo uso de fertilizantes orgánicos con contenido de Cd y As, provocan una contaminación del suelo

Fuente: Elaboración propia, 2022

En la agricultura actual tienen como paradigma habitual, la exigencia de valerse de los agroquímicos, particularmente de los fertilizantes, herbicidas y plaguicidas artificiales, para conseguir niveles altos de producción y provecho económico de los cultivos desarrollados, no obstante, los agricultores no han tomado conciencia sobre los efectos provocados por estos insumos al medio ambiente a corto, mediano y largo plazo. En particular, el detrimento suscitado al suelo en sus condiciones físicas, biológicas y químicas (Ramírez, 2021). Pese a realizar una inversión costosa en la adquisición de los materiales agrícolas mencionados, los cuales en su gran mayoría son importados.

Por consiguiente, la población dedicada a la agricultura se ve forzada a apresurar el tiempo de cultivo para poder cumplir con la demanda de alimentos; ello impulsado principalmente por el crecimiento incesante en la densidad poblacional, donde este factor se ve relacionado directamente con la generación per cápita de RSO.

En términos ambientales, es apropiado realizar una administración de los RO coherente a las capacidades de las entidades responsables del proceso, todo ello depende de las condiciones favorables del medio, ya que ejercen una influencia clara en el desarrollo de los organismos vivos y llevar a cabo el reciclaje de las sustancias orgánicas para reducir la contaminación provocado por éstos (Ossa, 2021).

Teniendo en cuenta la índole de la investigación, se tiene presente estas definiciones: la valorización de residuos sólidos se refiere al manejo de los residuos para su disposición final y sacar provecho de ello, puede aplicarse a la transformación química y/o biológica de los residuos sólidos, para obtener insumos o materiales que pueden ser aplicados o destinados para diversos procesos (MINAM, 2020).

Son operaciones de valorización: reciclaje, compostaje, reutilización, recuperación de aceites, bio-conversión, coprocesamiento, coincineración, generación de energía (MINAM, 2017). Distinguiéndose también por ser técnicas sostenibles con un mínimo impacto a los ecosistemas (Morales, 2009).

Dentro de las prácticas agroecológicas sustentables, las cuales se estiman como estrategias eficaces que buscan la conservación, la mejora en el equilibrio ecológico de sistemas productivos y mantener una óptima capacidad de fertilidad en los suelos (Contreras, 2019). Como una de las más destacadas se encuentra el compostaje, conocido también como composting, ya que mediante los microorganismos se biodegrada los materiales (MINAM, 2019).

El proceso de compostaje recicla residuos orgánicos (Musting, 1987). El procedimiento que acompaña al compostaje es el procedimiento aeróbico (MINAM, 2019).

Los factores influyentes en el compostaje son: Temperatura, Humedad, Oxígeno, pH, Relación C/N equilibrada y la población microbiana (CONAM, 2006).

Como ventajas del compost:

1. Aumenta la capacidad de retención hídrica.
2. Mejora en la estabilidad estructural del suelo.
3. Minimiza la erosión y mitiga la contaminación.
4. Normaliza el pH y la actividad microbiana.
5. Mejora la composición nutricional del suelo (C/N) (MINAM, 2019).

El desarrollo sostenible de los sistemas agrícolas vigentes, se encuentra en la búsqueda y obligación de promover la utilización de los recursos internos o propios de los agroecosistemas. Desde esta perspectiva, los bioestimuladores y los biofertilizantes, ya sean de origen microbiano o no, representan la esencia de los sistemas sustentables agrícolas (López, 2008).

Los biofertilizantes y bioestimuladores microbianos se definen como productos que utilizan materia prima (microorganismos) presentes en el suelo, demostrando su capacidad para desplegar nutrientes para el crecimiento vegetal (López, 2008). Estos se elaboran en base a hongos y bacterias fundamentalmente (INTAGRI S.C, 2015).

Los biofertilizantes se pueden categorizar en 4 conjuntos: Fijadores de N, solubilizadores de P, captadores de P y promotores del crecimiento vegetal (INTAGRI S.C, 2015).

En la primera categoría, las bacterias fijadoras de nitrógeno se agrupan en: simbióticas (Rhizobium) y las libres que posee la capacidad de sustituir la aplicación de nitrógeno sintético (INTAGRI S.C, 2015).

Donde las actividades biológicas principales para el ciclo del nitrógeno son: la fijación de nitrógeno, la amonificación, la nitrificación y la desnitrificación y la asimilación, mostradas en la Figura 1 (MINAM, s.f.).

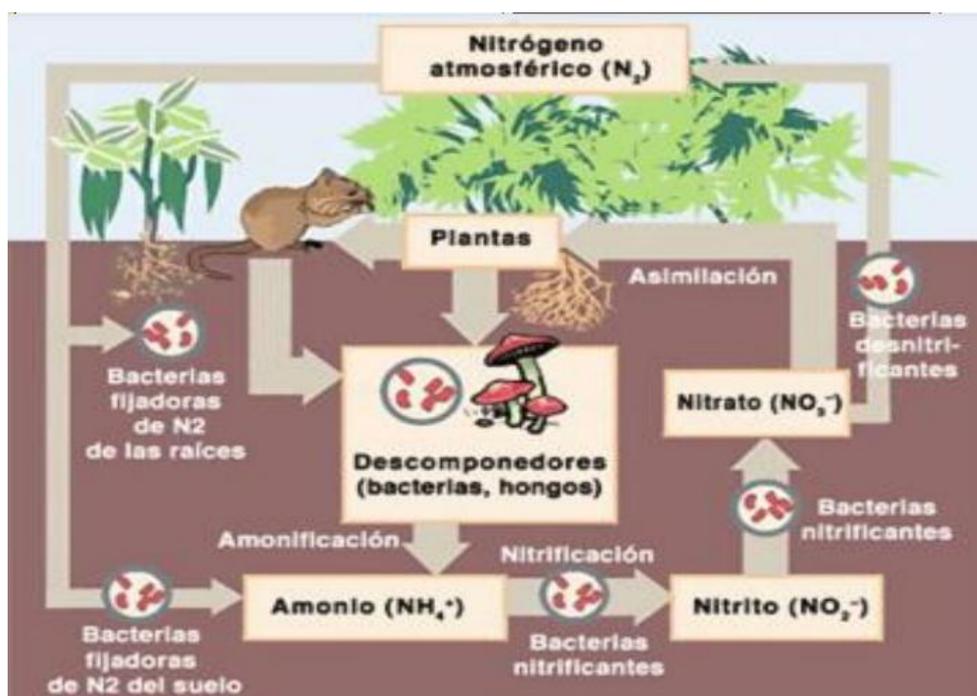


Figura 1: Ciclo del Nitrógeno

Fuente: Ministerio del Ambiente, s.f.

La segunda categoría se compone de solubilizadores de P, entre las bacterias más destacadas se identifican: Bacillus sp, Stenotrophomonas sp, Burkholderia sp, entre otros (Corrales, 2014).

Los principales reservorios de abastecimiento de Fósforo se ubican en el suelo y en el agua en forma de fosfato. Los microbios toman parte directamente en el ciclo del fósforo por transferencia inorgánica a orgánica o por bien solubilización del fosfato, expuesto en la Figura 2 y Figura 3 (MINAM, s.f.).

En la tercera categoría, los captadores de P; se concede la mayor representación a las micorrizas, que, gracias a la existencia de un hongo que facilita su

formación; estas se envuelven en las raíces de las plantas y penetran intracelularmente para armar un sistema de interconexión subterránea entre las raíces o de diferentes especies de planta, introducido en la Figura 4 (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020), permitiendo una óptima absorción de agua y nutrientes, también sistema de defensa de patógenos (INTAGRI S.C, 2015).

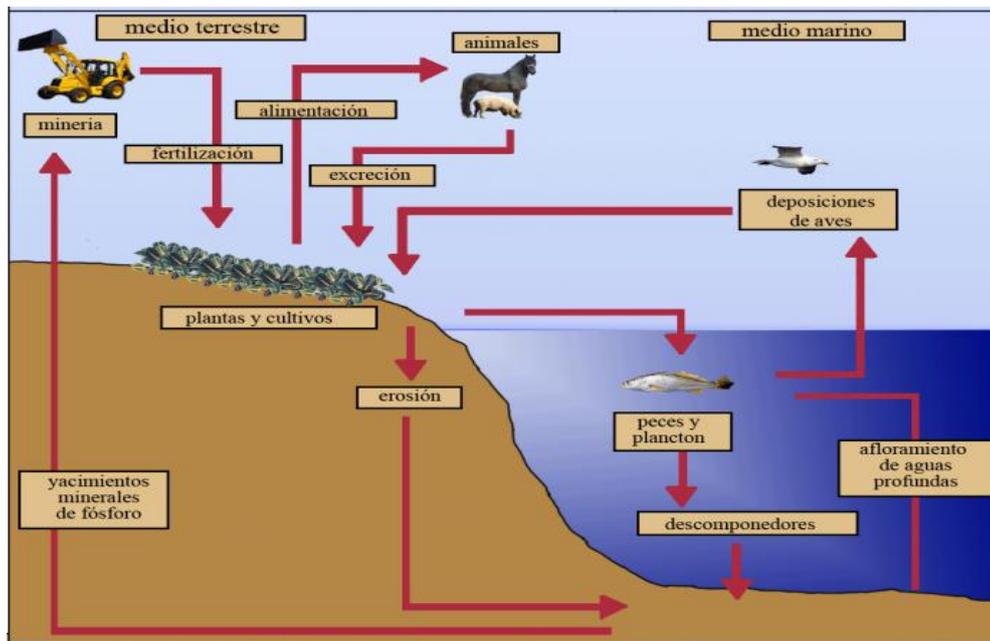


Figura 2: Ciclo del Fósforo

Fuente: Ministerio del Ambiente, s.f.



Figura 3: Ciclo del Fósforo

Fuente: FoodNewsLatam.com, 2015



Figura 4: Micorrizas

Fuente: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020

En la cuarta categoría, sobre los promotores del crecimiento vegetal; se definen como los microorganismos con una buena capacidad de producción y liberación de sustancias reguladoras durante su actividad metabólica (INTAGRI S.C, 2015). En la Tabla 2 se presentan ejemplos de estos microorganismos.

Tabla 2. Promotores del crecimiento vegetal

Microorganismos	Sustancia que libera
<i>Gibberella (Fusarium moniliforme)</i>	Giberelina
<i>Anabaena, Nostoc</i>	Ácido indolacético
<i>Diplodia macrospora</i>	Auxinas
<i>Phomosis</i>	Auxinas
<i>Trichoderma</i>	Giberelinas

Fuente: INTAGRI S.C, 2015

El abono orgánico, resulta de la desintegración de la materia orgánica por acción de los microorganismos para aportar nutrientes al suelo y a las plantas

(Salamanca, 2012). Los abonos orgánicos se clasifican en: Abono ecológico, estiércol, guano, compost, turba y extractos húmicos (InfoAgro, 2021).

Los bio abonos son conocidos también como fuentes de abastecimiento de materia orgánica (FMO), pueden incluir el estiércol de vacuno, bovino, equino, de otras especies, humus de lombriz o lombricomposta, bocashi y la gallinaza (Ramírez, 2021). Son ricos en Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (C) y Magnesio (Mg) nutrientes elementales que deben estar presentes en los suelos agrícolas.

Con todo, los AO (abonos orgánicos) registran características propias, permitiendo así poder diferenciarlas según su capacidad de eficiencia, para ello se toma en cuenta: los componentes e ingredientes, el tiempo necesario de obtención, la proporción a dosificar y el tipo de cultivo donde se aplicará (Ramírez, 2021).

Como ventajas de los abonos orgánicos, se conocen los siguientes:

1. Son ecoamigables porque no perjudican el medioambiente: Al no contener ningún agregado químico, los abonos orgánicos ofrecen una forma natural de fertilizar el entorno (InfoAgro, 2021).
2. Promueven la biodiversidad, donde la materia orgánica fomenta el desarrollo de organismos (InfoAgro, 2021).
3. Cumplen la función de proteger el suelo: Si se coloca una capa de abono orgánico sobre el suelo logra limitar el crecimiento de la mala hierba, retiene la humedad ante días soleados (InfoAgro, 2021).
4. Suministran nutrientes a largo plazo (InfoAgro, 2021).
5. Favorecen la reducción de microorganismos patógenos (Brechelt, 2004).

Por otra parte, la gestión eficaz y eficiente de la fecundidad del suelo, busca extender la eficacia del uso de los nutrientes y de la productividad de los cultivos (OIEA, s.f.). La fertilidad del suelo es la capacidad del terreno para sustentar el desarrollo de plantas y mejorar el rendimiento de los cultivos, con la ayuda de fertilizantes orgánicos e inorgánicos (OIEA, s.f.).

Adicionalmente, se tiene presente en el estudio la importancia de mantener e impulsar una buena salud o calidad del suelo para fortalecer su capacidad como ecosistema vital de las plantas, los animales y los humanos (INTAGRI S.C., 2018) y como un instrumento (Bautista, 2004). Asimismo, la salud física del suelo, está relacionada con el equilibrio de la conservación y drenaje del agua, con el crecimiento de las raíces, con las condiciones favorables de la textura del suelo, la permeabilidad y la porosidad. Por otro lado, la salud química del suelo se refiere a la capacidad de equilibrar la cantidad de los nutrientes disponibles para las plantas, con niveles adecuados de acidez y alcalinidad para el cultivo (INTAGRI S.C., 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación aplicada puede aportar hechos nuevos, porque centra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales, y destina sus esfuerzos a resolver las necesidades descubiertas (Baena, 2017). Siendo una necesidad prioritaria el controlar y reducir el uso exorbitante de materiales dañinos en áreas agrícolas.

El diseño de investigación aplicable al estudio fue de naturaleza transeccional correlacional-causal, por analiza la naturaleza de las causas y los efectos ocurridos en la realidad o en otro escenario cuando se producen durante el proceso de investigación, y no perder de vista los detalles para reportarlos (Hernández, 2014).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

En la Tabla 3, se expone:

Tabla 3. Matriz de Categorización Apriorística

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CRITERIO
Identificar los fertilizantes químicos utilizados con mayor frecuencia en la agricultura.	¿Cuáles son los fertilizantes químicos utilizados con mayor frecuencia en la agricultura?		Caracterización de los RSO Volumen de RSO Disponibilidad de la materia prima para el compostaje	Fuente de RSO Cantidad de RSO Credibilidad de la fuente de información
Reconocer los abonos orgánicos que pueden utilizarse en la agricultura.	¿Cuáles son los abonos orgánicos que pueden utilizarse en la agricultura?	Reaprovechamiento de residuos sólidos orgánicos (RSO)	Propiedades del compostaje Fase activa del compostaje Reacciones de degradación Fase de maduración	Tipo y diseño de investigación Generación per cápita de RSO en estudio Ubicación y correlación geográfica Tiempo
Entender el proceso de preparación del abono orgánico sólido en condiciones aeróbicas.	¿Cuál es el proceso de preparación del abono orgánico sólido en condiciones aeróbicas?	Compostaje	Proceso de mineralización y humificación Calidad del abono orgánico Efectos en el tratamiento de suelos agrícolas con abono orgánico Impactos ambientales	Temperatura Humedad Ventilación pH Relación C/N Tipos de impactos ambientales generados
Comprender la mejora relativa de las condiciones físicas y químicas del suelo agrícola tratado con el abono orgánico sólido.	¿Cuál es la mejora relativa de las condiciones físicas y químicas del suelo agrícola tratado con el abono orgánico sólido?			

Fuente: Elaboración propia, 2022

3.3. Escenario de estudio

Según MINAGRI, indicó que la superficie agrícola del departamento de Arequipa es de 167,690 hectáreas (Amanque, 2020).

El departamento de Arequipa posee una capacidad potencial para el desarrollo del sector agrícola. Para el 2020, logró contribuir con el 58,3% en el valor bruto de la producción anual. Los principales cultivos permanentes en el departamento son: cebolla, papa, arroz, ajo, caña de azúcar, olivo, vid; como cultivos transitorios: pastos cultivados; los cultivos más relevantes son: alfalfa, maíz chala, alcachofa, palta, quinua y páprika, entre otros (BCRP, 2022).

La tasa de Población Económicamente Activa (PEA) en el 2019, en el departamento de Arequipa registró 734 mil personas (709044 población económicamente activa ocupada y 24956 población económica activa desempleada) (BCRP, 2022).

3.4. Participantes

Se ha buscado información en revistas electrónicas: Ecosistema, Ed Mundi – Prensa, Acta Universitaria, Centro de Investigaciones Agropecuarias, Bioresour. Technol, J. Soil Biol., Field Crops Res., Biotecnia, Agric. Ecosys. Environ, Éditions François Dubusc, Resour. Conserv. Recyc., Conciencia Tecnológica, Tecnicaña.

Los repositorios digitales considerados fueron: de Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de San Martín y Universidad Pontificia Bolivariana.

Al final, entre los repositorios digitales de entidades especializadas más importantes, tomados en cuenta fueron: Ministerio del Ambiente (MINAM) y del OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica).

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos válidas para este ensayo fueron: la Observación investigativa, porque hay una mayor participación del mismo investigador al recabar la información mediante el Fichaje, consiste en el acopio de datos mediante fichas estructuradas (Sánchez, 2019). El instrumento de recolección de datos adoptado fue: la Ficha Bibliográfica.

3.6. Procedimiento

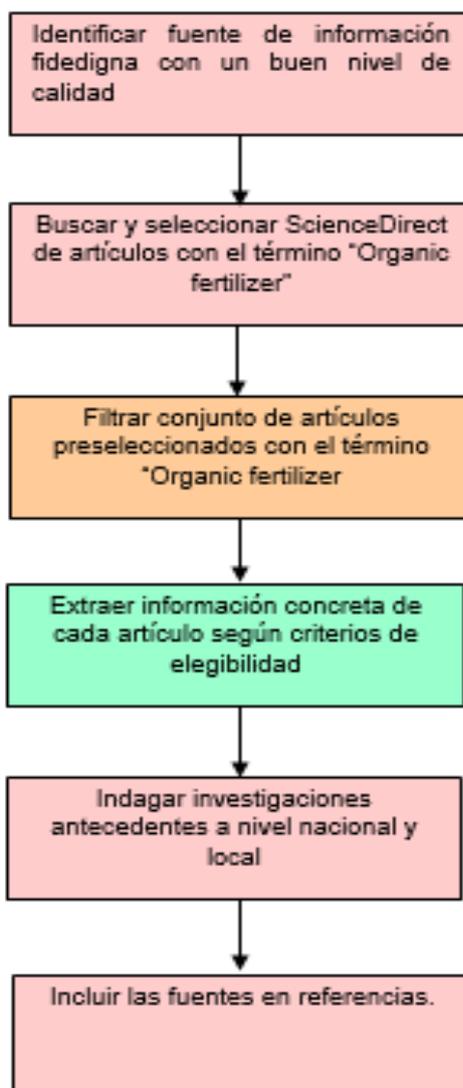


Figura 5: Procedimiento

Fuente: Elaboración propia, 2022

El procedimiento aplicado para el estudio reúne las siguientes actividades: Identificar fuente de información fidedigna con un buen nivel de calidad; se realizó la búsqueda y selección en ScienceDirect de artículos con el término "Organic fertilizer" como filtro, se obtuvo un conjunto de 25 artículos, de los cuales se descartaron 17 y trabajó con solo 8 por presentar una mayor relación con el tema de investigación especificado según criterios de elegibilidad aplicados (fuente fidedigna, año de publicación, enfoque de investigación, propuesta de

reaprovechamiento de residuos sólidos orgánicos (RSO) y compostaje); se extrajo información concreta de cada artículo que permite apoyar el desarrollo de la investigación; se indagaron investigaciones antecedentes a nivel nacional y local para mantener la perspectiva del tratamiento y control del problema a atender, como también la perspectiva basada en los artículos y así realizar una comparación; incluir las fuentes en referencias.

3.7. Rigor científico

La Resolución del Consejo Universitario N° 0126-2017-UCV, contempla en el Artículo 7º sobre el rigor científico como un principio general, el cual busca ejercer el seguimiento de una metodología específica, acompañada de criterios explícitos para proceder a la obtención, evaluación, análisis e interpretación de datos provenientes de fuentes publicadas. Siendo equivalente a la validez y confiabilidad de una investigación.

La confiabilidad, se define como la compatibilidad entre los datos e información obtenida, presentando un buen nivel de compatibilidad con la técnica y con los instrumentos aplicados en la investigación (Muñoz, 2016).

En relación a la validez, se define como aquella capacidad de medir el valor o nivel de incidencia entre las metodologías e instrumentos de recaudación de datos en la investigación (Muñoz, 2016).

Por esa razón, la validación de los instrumentos es mediante juicio de expertos. Al mismo tiempo, se mide la confiabilidad por medio del método de test/retest.

3.8. Método de análisis de datos

Se ha empleado la técnica inductiva, la cual consiste en la observación investigativa y análisis de casos específicos hacia lo general, con la finalidad de determinar el grado de relación entre éstas ya sí emitir conclusiones congruentes.

Se examina información e investigaciones concernientes al reaprovechamiento de residuos sólidos orgánicos (RSO) y compostaje.

Se realiza el diagnóstico del contenido, metodologías y resultados obtenidos de los artículos científicos, antecedentes locales y nacionales reunidos, los cuales tratan sobre la disposición ecoamigable de los RSO y de otros insumos utilizados

en la preparación de nitrato o compost. Tomando en cuenta lineamientos específicos como: Caracterización y volumen de RSO, disponibilidad de la materia prima para el compostaje, propiedades del compostaje, proceso de compostaje, fase activa del compostaje, reacciones de degradación, fase de maduración, proceso de mineralización y humificación.

Por último, se toma información sobre los abonos químicos más comunes empleados en la agricultura, posterior se compara las ventajas y los niveles de calidad del abono orgánico aplicado y según parámetros esenciales delimitados, los efectos positivos o negativos alcanzados con en el tratamiento de suelos agrícolas con abono orgánico y el reconocimiento de los impactos ambientales originados por la aplicación del biofertilizante.

3.9. Aspectos éticos

Para la ejecución de esta investigación, se ha tomado en cuenta lo estipulado en la Resolución N° 0126-2017-UCV (23/05/2017), donde se resaltan los principios generales considerados en este estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De conformidad con lo estipulado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), resalta que el impacto ambiental de la aplicación del abono orgánico sólidos para el tratamiento de suelos agrícolas es positivo, ya que se refuerza el aprovechamiento de los RSO generados por las diversas actividades antropogénicas, fomenta el desarrollo de la agricultura sostenible y estratégica, la mitigación de la contaminación del suelo agrícola por la usanza de fertilizantes sintéticos y la optimización de las condiciones para el buen desarrollo de la biodiversidad en este ecosistema (BBVA, 2022).

En el proyecto de Ley que promueve el uso del guano de las islas para el desarrollo prioritario de la agricultura familiar, basándose en la data estadística de Agrorural, identifica los fertilizantes químicos utilizados con mayor frecuencia en la agricultura se presentan en la Tabla 4 y en la Tabla 5, la cantidad en toneladas de la importación de estos (Retamozo, 2021), como también se sustenta en la data del Boletín el agro en cifras de diciembre del 2021.

Tabla 4. Disponibilidad de principales abonos químicos en Perú 2012 – 2021 (Toneladas)

Fertilizante sintético	Año									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Cloruro de Potasio	96439	100180	103922	107664	79772	130255	128155	85340	143739	85213
Úrea	398504	338621	336226	399605	352837	410680	256855	233247	209639	186031
Fosfato di Amónico	163008	157384	172500	169903	188995	217457	173947	189729	248318	127382
Sulfato de Amonio	149001	181431	134216	187720	225357	223782	195906	175770	177593	179416
Nitrato de Amonio	70011	55561	99353	50572	124606	153335	170990	0	0	0
Sulfato de Potasio	36396	47204	53299	40961	44304	60983	69106	76163	85325	77708
Sulfato de Magnesio y Potasio	13787	14861	29483	18692	16251	44028	0	6048	12096	18145
Superfosfato	2303	2639	1846	2160	3739	4245	2454	28424	32308	36192

Fuente: Superintendencia Nacional de Administración Tributaria – SUNAT y Agrorural, 2021

La disponibilidad mínima del cloruro de potasio fue de 79772 ton en el 2016 y la disponibilidad máxima de 143739 ton en el 2020; la úrea fue de 186031 ton. en el 2021 y la disponibilidad máxima de 410680 ton. en el 2017; para el fosfato

diamonico fue de 127382 ton. en el 2021 y de 248318 ton. en el 2020; para el sulfato de amonio fue de 134216 ton. en el 2014 y de 225357 ton. en el 2016; para el nitrato de amonio fue de 0 ton. desde el 2019 hasta el 2021 y de 170990 en el 2018; para el sulfato de potasio fue de 36396 ton. en el 2012 y de 85325. en el 2020; para el sulfato de magnesio y potasio fue de 0 ton. en el 2018 y de 44028 ton. en el 2017; para el superfosfato fue de 1846 ton. en el 2014 y de 4245 ton. en el 2017.

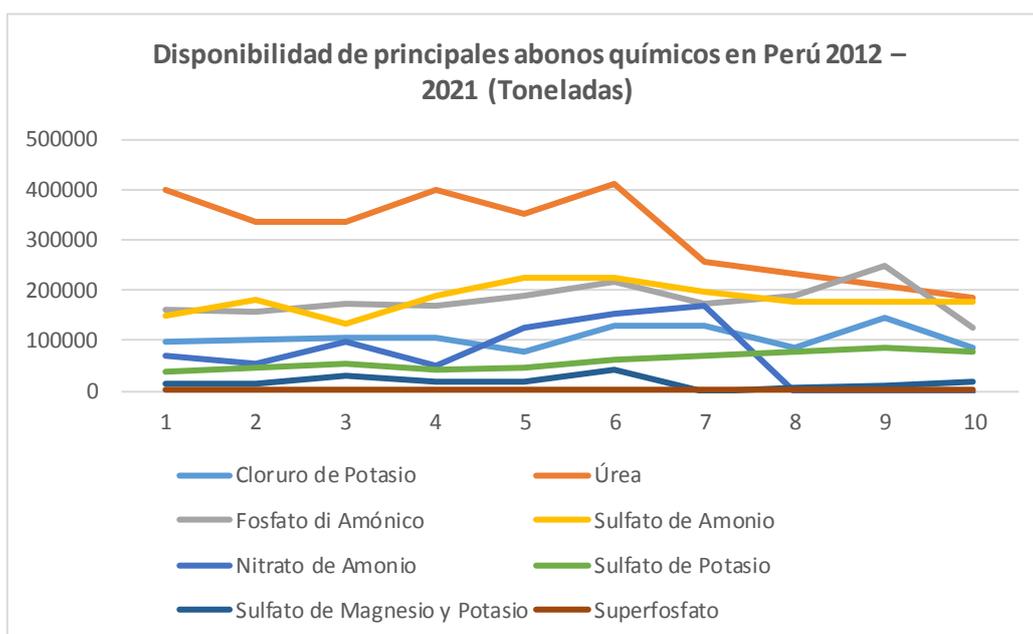


Figura 6: Disponibilidad de principales abonos químicos en Perú 2012 – 2021 (Toneladas)

Fuente: Elaboración propia, 2022

En la Figura 6, se observa la tendencia en estos 9 años sobre la disponibilidad de los principales abonos químicos en nuestro país, donde este rumbo disminuye por la implementación de regulaciones en cuanto a las restricciones en el uso de abonos agroquímicos.

Tabla 5. Importación de fertilizantes químicos por producto según mes (Enero 2015 - diciembre 2021) (Toneladas)

Fertilizante sintético	AÑO						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Cloruro de potasio, uso agrícola	107664	79772	130255	128155	85340	143739	85213
Urea para uso agrícola	424309	358054	413689	256901	399004	373600	325431
Fosfato di amónico	169899	189004	217448	162621	189729	248318	127382
Sulfato de amonio	187730	227204	234949	196711	264289	250812	256542
Nitrato de amonio, uso agrícola	50572	128006	153109	171016	169337	127253	312479
Sulfato de potasio	40961	46179	61919	69462	76163	85325	77708
Sulfato de magnesio y potasio	18825	16262	44029	0	15305	29230	22251
Superfosfatos	2171	3739	5307	2903	3498	9170	0

Fuente: Superintendencia Nacional de Administración Tributaria – SUNAT, 2021

En la Tabla 5, se presentan las importaciones (cantidades en toneladas) de los fertilizantes artificiales durante estos 6 años; el mayor monto de importación para el cloruro de potasio fue de 143739 ton en el 2020 y el mínimo fue de 79772 ton en el 2016; para la urea fue de 424309 ton en el 2015 y 256901 ton en el 2018; para el fosfato di amónico fue de 248318 ton en el 2020 y de 127382 ton en el 2021; para el sulfato de amonio fue de 264289 ton en el 2019 y de 187730 ton en el 2015; para el nitrato de amonio fue de 312479 ton en el 2021 y de 50572 ton en el 2015; para el sulfato de potasio fue de 85325 ton en el 2020 y de 40961 ton en el 2015; para el sulfato de magnesio y potasio fue de 44029 ton en el 2017 y de 0 ton en el 2018; para los superfosfatos fue de 9170 ton en el 2020 y de 0 ton en el 2021.

En la Figura 7, se observa la tendencia en estos 6 años sobre las importaciones de los principales abonos químicos en nuestro país, donde las importaciones de nitrato de potasio van en aumento.

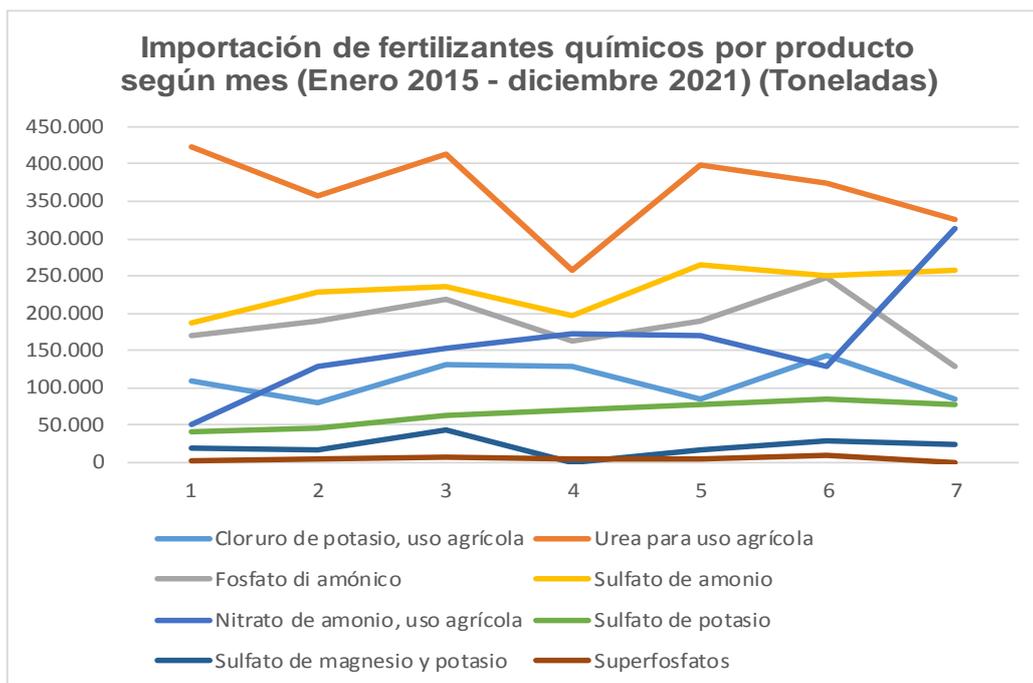


Figura 7: Importación de fertilizantes químicos por producto según mes (Enero 2015 - diciembre 2021) (Toneladas)

Fuente: Elaboración propia, 2022

Los precios en dólares por tonelada de los fertilizantes artificiales son muy variados, como también los costos elevados mostrados en la Tabla 5.

Tabla 6. Precios de importación de fertilizantes químicos por producto según mes (Enero 2015 - diciembre 2021) (\$ por Tonelada)

Fertilizante sintético	Precio por Año \$										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Cloruro de potasio	180	195	250	255	200	390	400	400	400	450	
Úrea	455	379	350	320	234	268	295	278	261	244	
Fosfato Diamonico	582	485	480	487	371	370	440	424	409	393	
Sulfato de Amonio	350	216	180	169	136	143	153	136	118	101	
Nitrato de Amonio	404	376	353	325	300	340	346	338	330	323	
Sulfato de Potasio	674	658	754	765	568	502	530	514	498	482	
Sulfato de Magnesio y Potasio	440	486	411	384	344	275	252	229	206	183	
Superfosfato	511	435	371	388	349	343	362	343	324	305	

Fuente: Superintendencia Nacional de Administración Tributaria – SUNAT,

2021

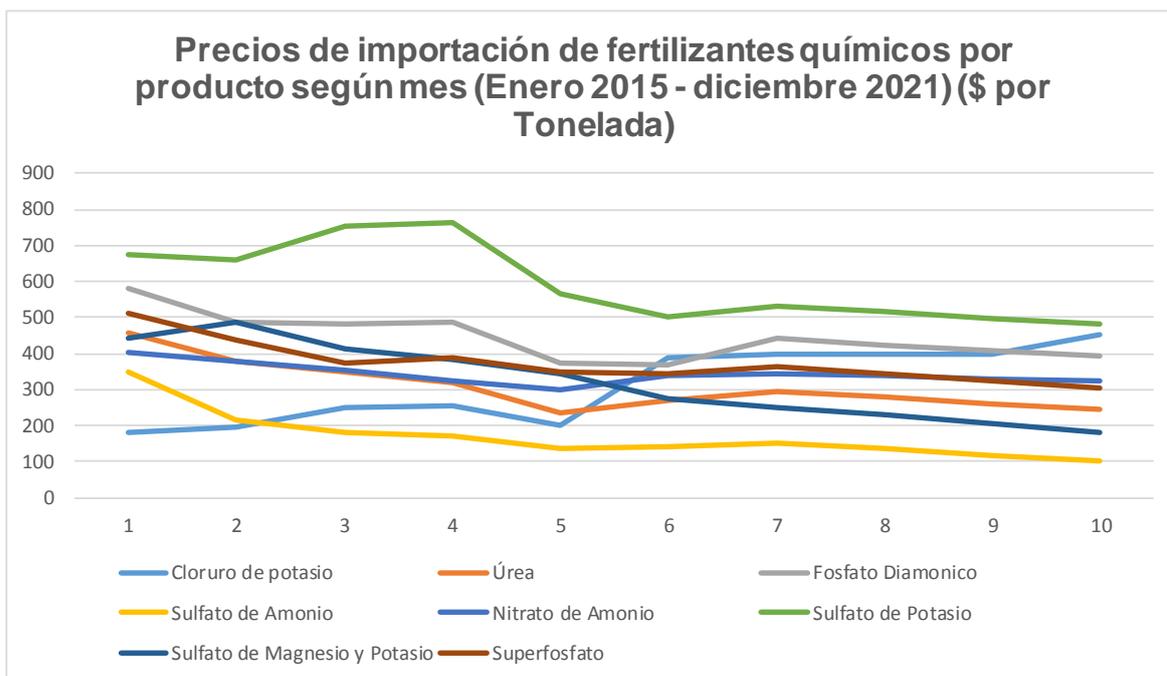


Figura 8: Precios de importación de fertilizantes químicos por producto según mes (Enero 2015 - diciembre 2021) (\$ por Tonelada)

Fuente: Elaboración propia, 2022

En la Tabla 6 y Figura 8, se muestran los precios de importación por agroquímico, desde el 2012 hasta el 2021; también se identifica que la orientación de los precios disminuirá por la reducción de la demanda de estos productos y el reemplazo de los mismos por insumos ecoamigables.

En aplicación del reconocimiento de bio abonos que pueden hacer uso en la agricultura, se registran el compost, estiércol, humus de lombriz, guano, abono verde, cenizas de materias orgánicas (BBVA, 2022). De acuerdo al Plan Nacional de Cultivos 2019-2020, remite que los tipos de abono orgánico aprovechados por los agricultores peruanos en un 62% fueron: el guano de aves marinas, el estiércol, la gallinaza y el compost; el 38% consume abono artificial en sus cultivos. Distinguiendo también las proporciones de uso: el 25.2% (usa una cantidad suficiente) y el 74.8% (usa una mínima cantidad).

Tabla 7. Producción de guano de isla (Enero 2015 - diciembre 2021) (Tonelada)

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fertilizante sintético							
Guano de isla	20276	28395	22953	25542	28788	10029	23087

Fuente: Superintendencia Nacional de Administración Tributaria – SUNAT, 2021

En la Tabla 7, se expone la producción nacional de guano de isla en toneladas, resaltando que el nivel de disponibilidad es menor en comparación de los abonos químicos importados.

No se encuentra registro de la producción o disponibilidad de otros bio abonos, sólo del guano de isla.

Para entender el proceso de preparación del abono orgánico sólido en condiciones aeróbicas, se consideró la explicación realizada por MINAM, sobre dicho método de valorización, está constituido por las siguientes fases: Se requiere un envase adaptado para la elaboración del compost (maceta, bale con tapa) con una capacidad mínima de 4L; limpiar correctamente el recipiente elegido, efectuar varios agujeros en la tapa y en la parte inferior; colocar los RSO en el recipiente con una base de papel, aserrín, residuos de césped, cartón y otros residuos secos; regar y voltear el contenido del depósito aproximadamente 3 veces por semana durante 45 días; evaluar el nivel de calidad del compost obtenido.

Con el uso de bio fertilizantes se obtiene una mejora explícita de las condiciones físicas y químicas del suelo agrícola tratado con este insumo, ya que no es invasivo y respeta las condiciones originales de a calidad del suelo; también por emplear materia prima biodegradable.

V. CONCLUSIONES

Con la recopilación de información y el análisis respectivo, se ha logrado determinar que el impacto ambiental de la aplicación del abono orgánico sólido para el tratamiento de suelos agrícolas es favorable porque mejora y estabiliza las condiciones y características propias del suelo y se reduce los niveles de contaminación.

Se ha identificado mediante informes y datos extraídos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI, sobre los fertilizantes químicos utilizados con mayor frecuencia en la agricultura, los cuales son: Úrea, Fosfato Diamónico, Sulfato de Amonio, Nitrato de Amonio, Sulfato de Potasio, Sulfato de Magnesio y Potasio, Superfosfato.

Se ha reconocido los abonos orgánicos que son utilizados por los agricultores peruanos, son: guano de aves marinas, estiércol bovino, la gallinaza y el compost.

Se distingue que el proceso de preparación del abono orgánico sólido en condiciones aeróbicas no es complicado y se puede acceder con facilidad a los materiales e insumos.

Se ha comprendido que la mejora relativa de las condiciones físicas y químicas del suelo agrícola tratado con el abono orgánico sólido, son palpables y contribuye en el crecimiento conveniente de los cultivos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar otras metodologías de valorización como: la obtención de biogás, biochar, humus y entre otros.
- Cada institución debe de elaborar un Plan – Programa de valorización de RSO.
- Planificar y programar capacitaciones y campañas de sensibilización para educar a la población y a los agricultores sobre métodos de valorización energética y valorización económica según legislación ambiental peruana vigente.
- Planificar y programar capacitaciones y campañas de sensibilización para educar a la población y a los agricultores en la usanza de bio abonos.
- Suscribir convenios con MINAM y con MINAGRI para otorgar asistencia técnica a los agricultores.

VII. REFERENCIAS

ACOSTA, C. W., PERALTA, F. M. I. 2015. *Elaboración de Abonos Orgánicos a partir del Compostaje De Residuos Agrícolas en el Municipio de Fusagasugá* [Tesis de grado profesional, Universidad de Cundinamarca]. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1234/ELABORACION%20DE%20ABONOS%20ORGANICOS%20A%20PARTIR%20DEL%20COMPOSTAJE%20DE%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

AMANQUE CHAIÑA, H. 25 de diciembre del 2020. Arequipa tiene 167,690 hectáreas en el Mapa Nacional de Superficie Agrícola según el MINAGRI. *Portal de Información, Análisis y Debate Arequipa Misti Press* [En línea]. Recuperado el 07 de enero del 2022 de <https://arequipamistipress.com/2020/12/25/arequipa-tiene-167690-hectareas-en-el-mapa-nacional-de-superficie-agricola-segun-el-minagri/>

BAENA PAZ, G. 2017. *Metodología de la Investigación Serie integral por competencias*. (3ra ed.). Grupo Editorial Patria. Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales de consulta/Drogas de Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales%20de%20consulta/Drogas%20de%20Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)

BALTAS, H., SIRIN, M., GÖKBAYRAK, E., OZCELIK, A. E. 2020. A case study on pollution and a human health risk assessment of heavy metals in agricultural soils around Sinop province, Turkey. *Chemosphere* [En línea], vol. 241, p. 125015. Recuperado el 06 de febrero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125015>

BANCO BILBAO VIZCAYA ARGENTARIA S.A. (BBVA). 03 ene 2022. *Abonos orgánicos, aliados de la agricultura sostenible*. Recuperado el 07 de enero del 2022 de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/abonos-organicos-aliados-de-la-agricultura-sostenible/>

BAUTISTA CRUZ, A., ETCHEVERS BARRA, J., DEL CASTILLO, R.F., GUTIÉRREZ, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* [En línea], vol. 13, no. 2, pp. 90-97. ISBN 1697-2473. Recuperado el 21 de enero del 2022 de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>

BIAO BIAO, S., XU MEI, W., YAN, Z., MENG, Z., KAI, W., PAN, X., HONG BING, J. 2020. The optimum pH and Eh for simultaneously minimizing bioavailable cadmium and arsenic contents in soils under the organic fertilizer application. *Science of The Total Environment* [En línea], vol. 711, p. 135229. Recuperado el 21 de febrero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135229>

BO, S., LI KUN, G., LI JUN, B., SHI WEI, Z., YING XUE, W., ZHI HUI, B., GUO QIANG, Z., XU LIANG, Z. 2020. Application of biofertilizer containing *Bacillus subtilis* reduced the nitrogen loss in agricultural soil. *Soil Biology and Biochemistry* [En línea], vol. 148, p. 107911. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107911>

BRECHELT, A. 2004. Manejo ecológico del suelo. *Dominicana*. Editorial RAP-AL [En línea], vol. 1. Recuperado el 22 de enero del 2022 de <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/manejo-ecol-suelo-fama.pdf>

CONTRERAS, C. A., SÁNCHEZ, M. P., ROMERO A. O., RIVERA, T. J. A., OCAMPO, F. I., & PARRAGUIRRE, L., J. F. C. 2019. Prácticas agroecológicas y su influencia en la fertilidad del suelo en la región cafetalera de Xolotla, *Puebla*. *Acta Universitaria* [En línea], vol. 29, no. 1864. ISSN 2007-9621. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1864>. Recuperado el 06 de febrero del 2022 de Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100119

CORRALES RAMÍREZ, L. C., ARÉVALO GÁLVEZ, Z. Y., MORENO BURBANO, V. E. 2014. La solubilización de fosfato: una función microbiana importante en el

desarrollo vegetal. *NOVA – Publicación Científica en Ciencias Biomédicas* [En línea], vol. 12, no. 21. ISSN: 1794-2470. Recuperado el 06 de febrero del 2022 de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v12n21/v12n21a06.pdf>

COTRINA, C. V. R., ALEJOS, P. I. W., COTRINA, C. G. G., CÓRDOVA, M. P., CÓRDOVA, B. I. C. 2020. Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro de Investigaciones Agropecuarias* [En línea], vol. 47, no 2. ISSN 2072-2001. Recuperado el 13 de febrero del 2022 de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n2/0253-5785-cag-47-02-31.pdf>

COURTNEY, R. G. Y MULLEN, G. J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresour. Technol* [En línea], vol. 99, pp. 2913-2918. Recuperado el 06 de febrero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.034>

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS DE LA SUCURSAL AREQUIPA (BCRP). 26 de enero del 2022. *Caracterización del Departamento de Arequipa* [En línea]. Recuperado el 09 de marzo del 2022 de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Arequipa/arequipa-caracterizacion.pdf>

ERHART, E. Y HARTL, W. 2003. Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. *Eur. J. Soil Biol.* [En línea], vol. 39, no. 3, pp. 149-156. Recuperado el 09 de marzo del 2022 de [DOI:10.1016/S1164-5563\(03\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(03)00030-X)

EXPÓSITO, A., VELASCO, F. 2020. Exploring environmental efficiency of the European agricultural sector in the use of mineral fertilizers. *Journal of Cleaner Production* [En línea], vol. 253, p. 119971. Recuperado el 02 de enero del 2022 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119971>

HERNÁNDEZ, S. R., FERNÁNDEZ, C. C., BAPTISTA, L. P. 2014. *Metodología de la Investigación*. (6ta. ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

INFOAGRO SYSTEMS, S. L. 21 de abril del 2021. *Cuántos tipos de abonos hay y cuáles son* [En línea]. Recuperado el 05 de marzo del 2022 de <https://www.infoagro.com/noticias/2021/cuantos-tipos-de-abonos-hay-y-cuales-son.asp>

INSTITUTO PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA AGRICULTURA (INTAGRI S.C.). junio del 2018. *La Salud del Suelo. Serie Suelos* [En línea], no. 37, p. 3. Recuperado el 05 de marzo del 2022 de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-salud-del-suelo>

INSTITUTO PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA AGRICULTURA (INTAGRI S.C.). 2015. *Los Biofertilizantes en la Agricultura* [En línea]. Recuperado el 05 de marzo del 2022 de <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/biofertilizantes-en-agricultura>

JAKOBSEN, S. T. 1996. Leaching of nutrients from pots with and without applied compost. *Resources, Conservation and Recycling* [En línea], vol.18, pp. 1-11. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0921-3449\(96\)01069-5](https://doi.org/10.1016/0921-3449(96)01069-5)

JAZMÍN MARÍN, D. 2019. Impacto del Uso de Biofertilizantes a Base de Residuos Orgánicos en los Suelos. *Conciencia Tecnológica* [En línea], no. 58. ISSN: 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/944/94461547008/94461547008.pdf>

JIANQIAO, H., YUNYUN, D., MAN, Z. 2021. Chemical fertilizer reduction with organic fertilizer effectively improve soil fertility and microbial community from newly cultivated land in the Loess Plateau of China. *Applied Soil Ecology* [En línea], vol. 165, p. 103966. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103966>

JIAO, CH., SHAOYU, L., ZHE ZHANG, X. Z., XINMING, L., PIAO N., MINGZHU, L. 2018. Environmentally friendly fertilizers: A review of materials used and their effects on the environment. *Science of The Total Environment* [En línea], vol. 613–614, pp. 829-839. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.186>

KHAN, M. N, MOBIN, M., ABBAS, Z.K., ALAMRI, S.A. 2017. Fertilizers and Their Contaminants in Soils, Surface and Groundwater. *Encyclopedia of the Anthropocene* [En línea], vol. 5, pp. 225-240. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09888-8>

KOPITTKE, P. M., MENZIES, N. W., WANG, P., MCKENNA, B. A., LOMBI, E. 2019. Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International* [En línea], vol. 132, p. 105078. Recuperado el 21 de febrero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>

LEI, CH., YUHONG, W., XIN. W., LIANG, M., ZHENXIANG, CH., LIMIN , S. 2021. Pollution characteristics, spatial distributions, and source apportionment of heavy metals in cultivated soil in Lanzhou, China. *Ecological Indicators* [En línea], vol. 125, p. 107507. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107507>

LÓPEZ, M., MARTÍNEZ VIERA, R., BROSSARD FABRÉ, M., BOLÍVAR, A., ALFONSO, N., ALBA, A., PEREIRA, A. 2008. Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. *Agronomía Tropical* [En línea], vol. 58, no. 4. ISSN 0002-192X. Recuperado el 05 de marzo del 2022 de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000400008

MARY, A., LAETITIA, H., HUONG THU, N., HOAN THI, P., NGHIA KHOI, N., PAO, S., MAW MAW, T., RUAN, Z., PANLADA, T., ARAWAN S., LAMBERT, B., DIDIER, L. 2020. Assessment of biofertilizer use for sustainable agriculture in the Great Mekong Region. *Journal of Environmental Management* [En línea], vol. 275,

p. 111300. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111300>

MEDINA, L. A., MONSALVE, O. I., FORERO, A. F. 2010. Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* [En línea], vol. 4, no. 1, pp. 109–125. Recuperado el 28 de febrero del 2022 de <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1230>

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 11 de marzo del 2019. Conoce los pasos para hacer compostaje fácilmente en tu casa. *Prensa MINAM* [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/26387-conoce-los-pasos-para-hacer-compostaje-facilmente-en-tu-casa>

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 15 de septiembre del 2019. MINAM: 70% de los residuos que generamos pueden convertirse en nuevos productos. *Prensa MINAM* [En línea]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/minam-70-residuos-que-generamos-pueden-convertirse-nuevos-productos>

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 2017. *Aprueban Reglamento del D. L. N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 2019. *Actividad 2 Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales*. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/wp-content/uploads/sites/136/2019/03/Actividad-2_Valorizacion-Organicos.pdf

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). 2020. *D. L. N° 1501.- Decreto Legislativo que modifica el Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de gestión integral de residuos sólidos*. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-legislativo-que-modifica-decreto-legislativo-no-1278-que-aprueba>

MIYASAKA, S. C.; HOLLYER, J. R. Y KODANI, L. S. 2001. Mulch and compost effects on yield and corm rots of taro. *Field Crops Research* [En línea], vol. 71, pp. 101-112. Recuperado el 28 de febrero del 2022 de [DOI:10.1016/S0378-4290\(01\)00154-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00154-X)

MORALES, J., FERNÁNDEZ, M., MONTIEL, A., Y PERALTA, B. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotechnia* [En línea], vol. 11, no. 1, pp. 19-26. Recuperado el 28 de febrero del 2022 de <https://doi.org/10.18633/bt.v11i1.49>

MUÑOZ ROCHA, C. I. 2016. Metodología de la Investigación. (1era ed.). Oxford University Press México. Disponible en: <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/08/56-Metodologia-de-la-investigacion-Carlos-I.-Munoz-Rocha.pdf>

MUSTIN, M. 1987. *El abono. Gestión de la materia orgánica*. Ediciones François Dubusc. Paris. Recuperado el 28 de febrero del 2022 de http://www.citet.nat.tn/Portail/detailstatic.aspx?RSC_BASE=SYRACUSE&RSC_D_OCID=5321&TITLE=le-compost-gestion-de-la-matiere-organique-michel-mustin&lg=en-US

NUR SYABEERA, B. N. A., FIRUZA BEGHAM, M. S., YUSMAH MUHAMMAD, Y., GIDEON, D. 2020. A systematic review of soil erosion control practices on the agricultural land in Asia. *International Soil and Water Conservation Research* [En línea], vol. 8, núm. 2, pp. 103-115. Recuperado el 06 de febrero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.04.001>

OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS CONTRA LA DROGA Y EL DELITO (UNODC). octubre del 2010. *Informe Analítico Problemática ambiental y la utilización de agroquímicos en la producción de coca* [En línea]. Recuperado el 28 de febrero del 2022 de

https://www.unodc.org/documents/peruandecuador/Informes/Informes-Analiticos/Informe_Analitico_Agroquimicos.pdf

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA). 2022. *Mejora de la fertilidad del suelo*. Recuperado el 28 de febrero del 2022 de <https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-suelo>

OSSA CARRASQUILLA, L. C., CORREA OCHOA, M. A., MÚNERA PORRAS, L. M. 2021. La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. *Producción Limpia* [En línea], vol. 15, no. 2. ISSN 1909-0455. Recuperado el 05 de marzo del 2022 de <https://doi.org/10.22507/pml.v15n2a4>

OUÉDRAOGO, E.; MANDO, A. Y ZOMBRÉ, N. P. 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* [En línea], vol. 84, no. 3, pp. 259-266. Recuperado el 05 de marzo del 2022 de [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00246-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00246-2)

RAMÍREZ GERARDO, M. G., VÁZQUEZ VILLEGAS, S., MÉNDEZ GÓMEZ, G. I., MEJÍA CARRANZA, J. 2021. Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México. *CienciaUAT* [En línea], vol. 16, no. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v16i1.1518>

RETAMOZO LEZAMA, M. C. 2021. *Ley que promueve el uso del guano de las islas para el desarrollo prioritario de la agricultura familiar*. Recuperado el 05 de marzo del 2022 de https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Proyectos_de_Ley_y_de_Resoluciones_Legislativas/PL07067-20210209.pdf

SALAMANCA LIBREROS, S. 2012. La caña de azúcar fuente de energía: Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicaña* [En línea], vol. 28,

pp. 15-20. ISSN 0123.0409. Recuperado el 28 de febrero del 2022 de https://issuu.com/revistatecnica/docs/tec_no28_2012

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (SADER). 28 de agosto de 2020. *Micorriza, una alternativa sustentable de fertilización*. Recuperado el 05 de marzo del 2022 de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/micorriza-una-alternativa-sustentable-de-produccion>

SHAMSHAD, K., MU, N., EDER, C. L., SHENGXIN, Z., SABRY, M. S., JÖRG, R. 2021. Global soil pollution by toxic elements: Current status and future perspectives on the risk assessment and remediation strategies – A review. *Journal of Hazardous Materials* [En línea], vol. 417, p. 126039. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126039>

TAORAN, S., JIN, M., XIAO, W., TIENAN, J., XIANGLONG, L., YUNYUN, Z., XINHONG, L., YIWEI, G., HONG, H., LONG, Z., FUYONG, W. 2018. Inventories of heavy metal inputs and outputs to and from agricultural soils: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [En línea], vol. 164, pp. 118-124. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.016>

TERLEIRA, CH. E. 2019. *Aprovechamiento de los residuos sólidos domésticos para la elaboración de abono orgánico aplicable en el cultivo del género Capsicum frutescens. Moyobamba, 2018* [Tesis de grado profesional, Universidad Nacional de San Martín]. Recuperado el 28 de marzo del 2022 de <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3607/ING.%20AMBIENTA%20-%20Enrique%20Terlira%20Chavez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VALDERRAMA, A. 2013. *Biodegradación de residuos sólidos agropecuarios y uso del bioabono como acondicionador del suelo*. [Tesis de grado profesional, Universidad Pontificia Bolivariana]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1326/Monograf%C3>

[%ADa%20Biodegradaci%C3%B3n%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos.pdf?s
equence=1](#)

WENCHAO, L., SHUFANG, G., HONGBIN, L., LIMEI, Z., HONGYUAN, W., QIULIANG, L. 2018. Comprehensive environmental impacts of fertilizer application vary among different crops: Implications for the adjustment of agricultural structure aimed to reduce fertilizer use. *Agricultural Water Management* [En línea], vol. 2010, pp. 1-10. Recuperado el 02 de enero del 2022 de: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.044>

XIANKE, L., SICHANG, L., ZEBIN, W., YANGMEI, C., LIANG, H., QI-TANG, W. 2021. Indirect application of sludge for recycling in agriculture to minimize heavy metal contamination of soil. *Conservation and Recycling* [En línea], vol. 166, p. 105358. Recuperado el 21 de febrero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105358>

XIN, W., JUNHONG, B., TIAN, X., WEI, W., GUANGLIANG, Z., SHUO, Y., DAWEI, W. 2021. Effects of biological nitrification inhibitors on nitrogen use efficiency and greenhouse gas emissions in agricultural soils: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [En línea], vol. 220, p. 112338. Recuperado el 06 de febrero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112338>

XIONGFEI, H., XUNRONG, H., HANGHANG, Z., FUHAO, L., LU, W., XIN, Z., PENGCHENG, G., XIUYING, L., PUHUI, J. 2021. Possibility of using modified fly ash and organic fertilizers for remediation of heavy-metal-contaminated soils. *Journal of Cleaner Production* [En línea], vol. 284, p. 124713. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124713>

YUHAO, F., FENGMEI, L., SHUHAI, G., MINGYANG, Z. 2021. Cadmium concentration and its typical input and output fluxes in agricultural soil downstream of a heavy metal sewage irrigation area. *Journal of Hazardous Materials* [En línea], vol. 412, p. 125293. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125203>