



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tratamiento en excretas humanas para su uso como
fertilizante natural para la agricultura: una revisión
sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Maldonado Poma, Gabriel, Herminio (ORCID: 0000-0002-5167-0392)

Salazar Vargas, Wally Rosalie (ORCID: 0000- 0002-0395-4956)

ASESOR:

Dr. Rubén Víctor Munive Cerrón (ORCID: 0000-0001-8951-2499)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

A mi padre, a pesar de nuestra distancia física y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido especial para ti como lo es para mí. A Xavi, naciste para volar y brillar en el cielo mi ángel de la guarda.

Salazar Vargas, Wally Rosalie

Dedico con todo el corazón mi tesis a mis amados padres, por haberme brindado la confianza y la oportunidad de seguir estudiando y no fallarlos a ellos, a mis hermanos y por último agradecerme a mí, por ser perseverante en mi camino día a día.

Maldonado Poma, Gabriel Herminio

Agradecimiento

Aunque aún no comprendas, eres lo más importante en mi vida, hoy he dado un paso más para servir de ejemplo a la persona que más amo. Decidí subir un escalón más y crecer como profesional, espero que un día comprendas que te debo lo que soy ahora y este logro sirva de herramienta para guiar cada pasó en tu vida, te amo Leire. A nuestro asesor el Dr. Munive Cerrón Rubén por la acertada orientación, el soporte y discusión crítica que permitió el desarrollo de esta tesis.

Salazar Vargas, Wally Rosalie

A mis padres por darme la mejor educación, enseñarme que todas las cosas se tienen que valorar, por haberme forjado como la como la persona que soy y por último a mí por tener mucha paciencia y ser perseverante en este camino, a todas las personas estuvieron en mi camino como estudiante.

Maldonado Poma, Gabriel Herminio

Índice de Contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	ii
Índice de Contenido.....	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGIA.....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación	14
3.2 Categorías, Subcategoría y matriz de categorización.....	14
3.3 Escenario de estudio	14
3.4 Participantes	15
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.6 Procedimiento.....	16
3.7 Rigor científico	19
3.8 Método de análisis de datos	21
3.9 Aspectos Éticos	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
V. CONCLUSIONES	63
VI. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	

Índice de Tablas

Tabla 1. Concentraciones típicas en la orina humana	5
Tabla 2. Estrategia de Búsqueda	17
Tabla 3. Síntesis, recolección y sección de estudios	27
Tabla 4. Características de los nutrientes presentes en excretas humanas	34
Tabla 5. Principales características de los tratamientos en excretas humanas	37
Tabla 6. Principales características de fertilizantes naturales derivados de excretas humanas	49
Tabla 7. Uso de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas	55

Índice de Figuras

Figura 1. Producción anual de macronutrientes en excretas humanas	4
Figura 2. Calidad del suelo por tratamientos en heces humanas.....	8
Figura 3. Recuperación de la orina.....	9
Figura 4. Distribución mundial de personas sin acceso a instalaciones de saneamiento.....	12
Figura 5. Gestión de excretas.....	13
Figura 6. Recuperación de la orina.....	13
Figura 7. Diagrama de procedimiento.....	16
Figura 8. Criterio de inclusión	18
Figura 9. Criterio de exclusión	19
Figura 10. Diagrama de flujo basado en metodología Prisma	22
Figura 11. Cantidad de artículos seleccionados según los últimos diez años.....	23
Figura 12. Porcentaje de investigaciones según la base de dato utilizada	24
Figura 13. Contexto geográfico de los artículos seleccionados	25
Figura 14. Tipos de excretas humanas usadas.....	36
Figura 15. Diferentes tipos de tratamientos en excretas humanas	46
Figura 16. Temperatura Promedio en tratamientos en excretas humanas	47
Figura 17. Tipos de aditivos usados.....	48
Figura 18. Liberación de nutrientes	54
Figura 19. Vegetales y cereales cultivados a través de fertilizantes naturales.....	61

Resumen

En la presente revisión sistemática se mostraron investigaciones desde el 2011 a 2021, el objetivo determinar las características de los nutrientes en las excretas humanas que favorecen el uso como fertilizante natural, la metodología es tipo aplicada, teniendo diseño cualitativo con enfoque narrativo tópicos, para ello se desarrolló búsqueda en ScienceDirect, Scopus y WOS, luego de aplicar la metodología Sigma con criterios de inclusión y exclusión se obtuvieron 40 artículos de los cuales se obtuvieron resultados sobre los tratamientos usados como son el almacenamiento, lactofermentación, entre otros. Respecto a los indicadores de la calidad; las temperaturas variaron en 15°C a 85°C, el pH osciló entre 4 a 10, las características de los nutrientes después de los tratamientos tuvieron mayor porcentaje de recuperación del NPK, a su vez las consistencias de los fertilizantes naturales variaron y con ello la liberación de nutrientes, se cultivaron vegetales y cereales con este tipo de fertilizantes, teniendo dos opciones en sus aplicaciones, también limitaciones encontradas, por lo tanto se afirma que las excretas humanas requieren de diferentes tratamientos según el tipo de excretas y de acuerdo al contenido de nutrientes para ser usado como fertilizante natural con ello las altas temperaturas y los tiempos prolongados son importantes para la reducción y/o eliminación de patógenos.

Palabras clave: Tratamiento, fertilizante natural, patógenos, nutrientes, excretas humanas

Abstract

In this systematic review, investigations were shown from 2011 to 2021, the objective of determining the characteristics of the nutrients in human excreta that favor the use as natural fertilizer, the methodology is applied type, having a qualitative design with a topical narrative approach, for this A search was developed in ScienceDirect, Scopus and WOS, after applying the Sigma methodology with inclusion and exclusion criteria, 40 articles were obtained from which results were obtained on the treatments used such as storage, lactofermentation, among others. Regarding the quality indicators; The temperatures varied from 15 ° C to 85 ° C, the pH ranged from 4 to 10, the characteristics of the nutrients after the treatments had higher percentage of NPK recovery, in turn the consistencies of the natural fertilizers varied and with it the release of nutrients, vegetables and cereals were grown with this type of fertilizers, having two options in their applications, also found limitations, therefore it is stated that human excreta require different treatments according to the type of excreta and according to the content of nutrients to be used as a natural fertilizer, therefore high temperatures and prolonged times are important for the reduction and / or elimination of pathogens.

Keywords: Treatment, natural fertilizer, pathogens, nutrients, human excreta, biofertilizer

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas degradados conllevan a estados de marginación y precariedad de la población, según la Organización Panamericana de la Salud (Orozco et al., 2009) el acceso a un sistema de saneamiento básico es un reto creciente para personas que viven en estado de abandono, casi 13% de la población mundial (900 millones de personas), según la Organización de las Naciones Unidas viven en vulnerabilidad usando retretes o letrinas en los que eliminan los excrementos in situ (Az y Houngho, 2019).

El sistema de saneamiento inapropiado no cuenta con acceso a un inodoro que maneje los desechos humanos de manera segura y eficiente (Portuguez y Jiménez, 2019) resulta importante en la tasa de morbilidad en todas partes del mundo, según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Cluster et al., 2019), a su vez muchos países promueven sus programas de alcantarillado solo para áreas urbanas y rurales por separado (Hardelin et al., 2008) dejando de lado las condiciones esenciales de los asentamientos denominados periurbanos o urbanos (Hui y Wescoat, 2019); la elección de mejoras en los servicios de saneamiento básico está condicionado por el ingreso monetario mensual y el nivel educativo de los usuarios (Tudela y Leos, 2018).

Para el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en nuestro país el 19,5% del área rural no tiene un sistema de eliminación de excretas (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020) la gestión de los servicios de saneamiento básicos en Perú es una política pública de prioridad irremplazable (Bohra y Benmarhnia, 2017) a su vez la cobertura del tratamiento de las aguas servidas es un aspecto severo, pues a nivel nacional sólo recibe tratamiento, un 29% de los volúmenes evacuados a lo que conlleva serios problemas de contaminación (Bott et al., 2010), a medida que varias ciudades se expanden vertiginosamente el sector de saneamiento no ha desarrollado enfoques innovadores que funcionen para poblaciones o comunidades rurales (Gebrehiwot et al., 2020). Los ecosistemas

Hídricos se contaminan cada vez más con nutrientes derivados de las excretas humanas (Bellettini et al., 2017) asimismo los nutrientes del suelo han disminuido a causa de las prácticas agrícolas incorrectas (Czajkowski et al., 2021).

Justus Von Liebig fundador de la “Química Agrícola,” sostuvo que las plantas se desarrollaban por tres minerales principales: nitrógeno, fósforo y potasio, lo cual conforma la base moderna de los fertilizantes químicos (NPK) (Chil et al., 2018) con el tiempo continuó la extracción masiva de materias primas para producir, ejemplo de ello: la explotación de fosfato en T´ebessa, este de Argelia, que genera desechos de rocas, relaves y lodos (Boumaza y Kechiched, 2021).

La empresa Nitratos del Perú S.A situado dentro de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Nacional de Paracas (Ica) cuenta con una planta petroquímica para la producción de Nitrato de Amonio (Nitratos del Perú, 2011), este tipo de plantas produce contaminantes atmosféricos, desechos de polímeros residuales y ceniza producida durante sus procesos. (Mercado y Córdova, 2005).

La agricultura convencional se fundamenta en el consumo excesivo de los fertilizantes químicos pesticidas, herbicidas, como respuesta de la expansión del monocultivo (Djagba et al., 2019) que generan grandes cantidades de desechos y a la vez contribuye al deterioro de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, lo que conlleva a que tenga pérdida en la producción (Camelo et al., 2017); por otra parte, existen los gastos que representan los fertilizantes químicos que generan costos muy altos, en algunos casos los precios se elevan al 30% que soporta la explotación agrícola (Schnitkey et al., 2019).

En el ámbito ambiental se justifica que el uso de excretas humanas como fertilizante natural transforma los desechos humanos en insumos que logran volver al suelo, devolviendo suplementos y microorganismos importante, a su vez las características químicas del suelo cambian por efectos de la aplicación de los fertilizantes naturales como es el contenido de la materia orgánica, aumento de nitrógeno total, capacidad de intercambio de cationes, reduciendo el inadecuado manejo de eliminación de excretas (Mindreau et al., 2016).

En el ámbito social el tratamiento de excretas humanas aportará para que desde este contexto el saneamiento ecológico sea un enfoque alternativo que evitara las desventajas de los sistemas convencionales de aguas residuales, teniendo impacto positivo para las comunidades vulnerables por ser parte de la economía circular, a su vez permite concebir la obligación de las personas sobre el uso de excretas humanas como solución a la problemática ambiental mediante el impulso a un ambiente más limpio con perspectivas de mejores relaciones en las comunidades (Xu y Zhu, 2019).

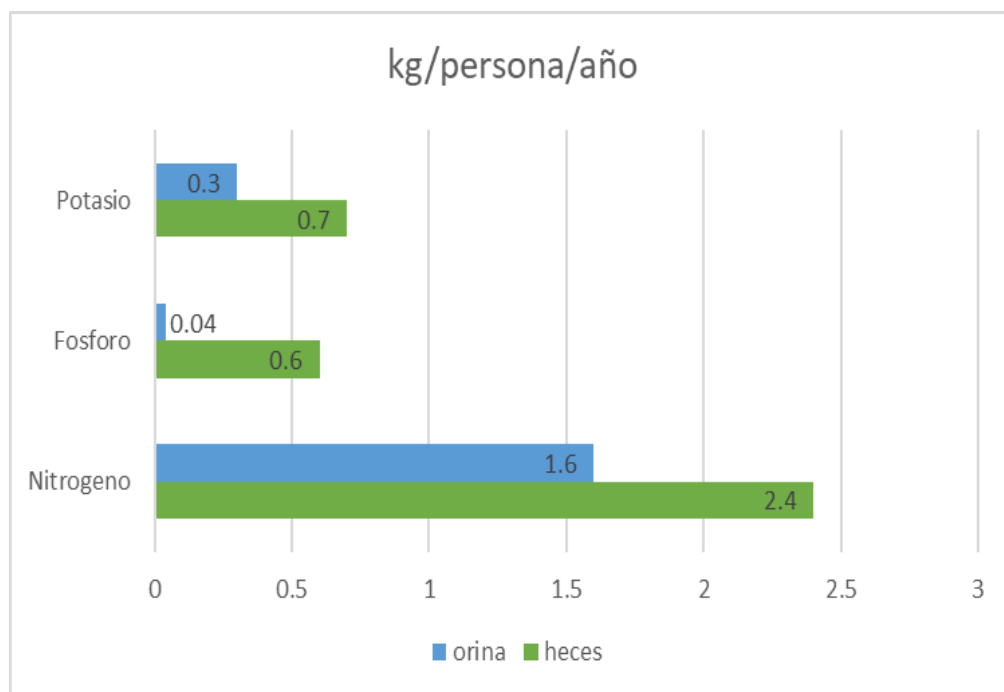
Es por ello, que nos planteamos el siguiente **problema general**: ¿Cuáles son las características de los nutrientes en las excretas humanas que favorecen su uso como fertilizante natural? y los **problemas específicos** son ¿Cuáles son los tratamientos en excretas humanas para el uso como fertilizante natural?, ¿Cuáles son las características de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas?, ¿Cuáles son los usos de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas?.

Por tal motivo la presente investigación tiene como **objetivo general**: Determinar las características de los nutrientes en las excretas humanas que favorecen el uso como fertilizante natural, y los **objetivo específico** son: Describir los tratamientos en excretas humanas para el uso como fertilizante natural, describir las características de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas e indicar los usos de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas.

II. MARCO TEÓRICO

Las excretas humanas son los residuos sólidos y líquidos del organismo (excrementos y orina) (Hashemi y Han, 2019) los seres humanos para desarrollarse necesitan diferentes nutrientes; la transformación de alimentos luego de ser consumidos son el resultado de las excretas; como producto final (Soobhany et al., 2019). Las excretas contienen 70 - 80% de agua y 20 – 30% materia sólida (G.ma et al., 2017), el contenido de agua dependerá de la ingesta dietaria y funciones digestivas diferentes en cada individuo. (Delhiraja et al., 2021), las composiciones de excretas humanas son aproximadamente 18 % nitrógeno, 13% carbono, 3.7% fósforo y 3.7% potasio (Terefe y Okoth, 2020).

Figura 1. Producción anual de macronutrientes en excretas humanas



Fuente: Terefe y Okoth, (2020)

En la figura 1 se observa la producción anual por persona de macronutrientes, encontrando en las heces 2.4kg de nitrógeno a diferencia de la orina que solo tiene 1.6kg de nitrógeno, correspondiente al fosforo se encontró 0.6kg en las heces en contraste de los 0.04kg en la orina y por último se encontró 0.7kg de potasio en las heces y 0.3kg en la orina.

La orina tiene su composición muy compleja con muchos compuestos en concentraciones diferentes, esto dependerá de condiciones ambientales, tipos de dietas, diferente esfuerzo físico y lugar donde habita las personas (Wielemaker y Larsen, 2019). Los seres humanos comúnmente producen 1270g de orina por día con aproximadamente 16g de nutrientes (N, P y K) (Addis et al., 2020); la urea es el 50% compuesto orgánico, el nitrógeno fijado en la urea es 85% y un 5% en amoníaco (Harder et al., 2019); históricamente se considera la esterilidad de la orina sin embargo la contaminación es considerable por la separación ineficiente en inodoros sin mezcla. (Krishnamoorth et al., 2020).

Tabla 1. Concentraciones típicas en la orina humana

	Fórmula	Rango [mgL ⁻¹]	
		min	máx.
Inorgánicos			
Cloruro	Cl ⁻	1870	8400
Sodio	Na ⁺	1170	4390
Potasio	K ⁺	750	2610
Calcio	Ca ²⁺	30	390
Magnesio	Mg ²⁺	20	205
Fosforo	P	470	1070
Amoníaco	NH ₃	200	730
Orgánicos			
Urea	CH ₄ EN ₂	9300	23300
Creatinina	C ₄ H ₇ EN ₃	670	2150
Ácido Úrico	C ₅ H ₄ O ₃ N ₄	40	670
pH		6	7

Fuente: Randall y Naidoo, (2020)

En la tabla 1 se observa las concentraciones de los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en la orina humana, a su vez se observa los rangos máximos y mínimos y la variación de pH en este tipo de excretas líquidas.

Las bacterias están dentro de las proporciones de volumen y masa (55%); el tracto intestinal es un espacio metano génico donde microorganismos crecen con sustratos como metanol, acetato y formiato (Owamah et al., 2014) dependiendo

de otros organismos que se degradan para suministrarse como sustratos (Anderson y Hanjalika, 2017) varias especies de bacterias colonizan el intestino con especies que pertenecen a los géneros *Bacteroides*, *Eubacterium*, *Clostridium* y *Bifidobacterium* como miembros dominantes de la micro flora fecal (Hashemi y Han, 2016) los efectos para la salud por exposición a patógenos es considerable, debido al impacto de norovirus humanos y patógenos presentes en excretas (Kooij y Vliet, 2020) conteniendo bacterias entéricas (*Campylobacter*, *Salmonella*), bacterias anaeróbicas facultativas (*E.coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella*), virus (*Norovirus*, *Rotavirus*), protozoos (*Cryptosporidium*, *Giardia*, etc.), huevos de parásitos (*Áscaris*) (Nagy y Pradhan, 2019) la contaminación cruzada fecal de la orina antes y después de las deposiciones aumentaría el número de patógenos en orina (Piceno et al., 2017).

Las fibras solubles (*polisacáridos* vegetales y *lignina*) compone un 17% en las heces y tiene rol importante en la evacuación que aumentaría el grado de masa fecal debido a restos de fibra no digeridos y capacidad que tiene para retención de agua, la fibra soluble aumenta la retención del agua y la biomasa bacteriana. (Norris et.al., 2020). Las excretas pueden contener también contaminantes orgánicos y concentraciones altas de materiales pesados en heces o comparación de materiales en orina (Escudero et al., 2017).

Las características que describen la biodegradabilidad de las heces se muestran en el DQO (demanda química de oxígeno) solo un 80% de heces humanas es lentamente biodegradable y un 20% inerte biológicamente (Radhi et al., 2017) el análisis de DQO es un parámetro más práctico que la DBO por el tiempo factible que tardan en minutos u horas según metodología usada (Harder et al., 2019) el parámetro de nitrógeno en excretas se mide mediante nitrógeno Total de Kjeldahl (TKN) las concentraciones de fósforo se determina por colorimetría del fosforo o hidrolisis; la medición de pH es factible para comprender los procesos del tratamiento de excretas humanas, midiéndose por electrodos o papel tornasol (Sandoval et al., 2020), la cuantificación de sólidos totales se da por incineración de material después de 24 horas de secado a horno a 105°C, los sólidos volátiles se incineran a temperaturas de 500°C (Junglen et al., 2020), los sólidos fijos es la permanencia de lo descrito anteriormente (materia inorgánico) la relación de sólidos volátiles a sólidos totales es indicador de materia orgánica

y estabilidad bioquímica de lodos fecales (Acquah et al., 2021), la presencia de grasas y aceites reducen la degradación microbiana por menor solubilidad y formación de pelliculina visible en los tanques con excretas; se reconocen por acción con solventes diferentes. (Rao et al., 2020).

La finalidad de los tratamientos en excretas humanas es la separación del agua ya que las deposiciones contienen grandes cantidades de líquidos y reducir los volúmenes; aminorando costos de transporte y simplificando tratamientos (Steele et al., 2018), otra finalidad es la reducción de patógenos por alta cantidad de microorganismos patógenos que contribuye a riesgos significativos para la salud en los seres humanos sea directa o indirectamente (Fuhrmeister et al., 2019) el tratamiento de excretas debe alcanzar un nivel de higiene apto para su uso como fertilizante orgánico (Lin et al., 2019) la extracción de nutrientes colabora a la recuperación de suelos degradados, la estabilización es importante para los lodos fecales por el aumento de concentración de moléculas orgánicas que no se degradan por ser más complejas esto dado por biodegradación, los indicadores de estabilización son sólidos suspendidos volátiles, DQO y DBO (Weithman et al., 2018).

El uso de excrementos en la cadena de saneamiento ambiental es la etapa final y comienza con la recolección de excrementos, continuando con transporte y tratamiento hasta su uso (Duru et al., 2017) los tipos de tratamientos dependerá de agentes patógenos que lo contienen (Wang et al., 2018) el tratamiento fecal más usado es el compostaje que necesita tratamiento primario (Harder et al., 2019).

Los tratamientos primarios o in situ ocurren en un inodoro durante el periodo de recolección y tienen como objetivos reducir el riesgo de olores, presencia de insectos, reducir el número potencial de patógenos en heces y riesgo higiénico (Prasad et al., 2019) entre estos tipos de tratamientos más comunes se halla la recolección en cámara y deshidratación usando aditivos como cal , tierra seca o aserrín , cenizas vegetales y arena de mar (Gwara et al., 2021), los aditivos deben ser más secos que heces, el contenido de cenizas o tierra seca debe ser 85-100% que excretas (Van Pujenbroek et al., 2019) esto ayuda a que se reduzcan riesgo de olores fétidos y patógenos el efecto será mayor si los aditivos tienen pH altos como cal o cenizas vegetales (Harder et al., 2019).

El tratamiento secundario se produce cuando el periodo de recolección finaliza y se encuentra en el inodoro (inodoro con cámara o doble cámara) u otro lado, su objetivo es entregar heces higiénicamente seguras y transformar las mezclas de heces a un estado inodoro y agradable estéticamente (Duru et al., 2017) entre estos tipos de tratamientos, los nutrientes de excretas tienen efectos en su contenido y disponibilidad para plantas, estos efectos varían según los tratamientos y los nutrientes tales como Lactofermentación, Vermicompostaje, compostaje, entre otros; (Wenjia et al., 2018) en los cuales el nitrógeno y el azufre se pierden en forma de gases, el N_2 , SO_2 , H_2S también en otros tratamientos sin embargo los nutrientes permanecen en el producto tratado mientras no formen lixiviados (Sharma y Kumar, 2017).

Figura 2. Calidad del suelo por tratamientos en heces humanas



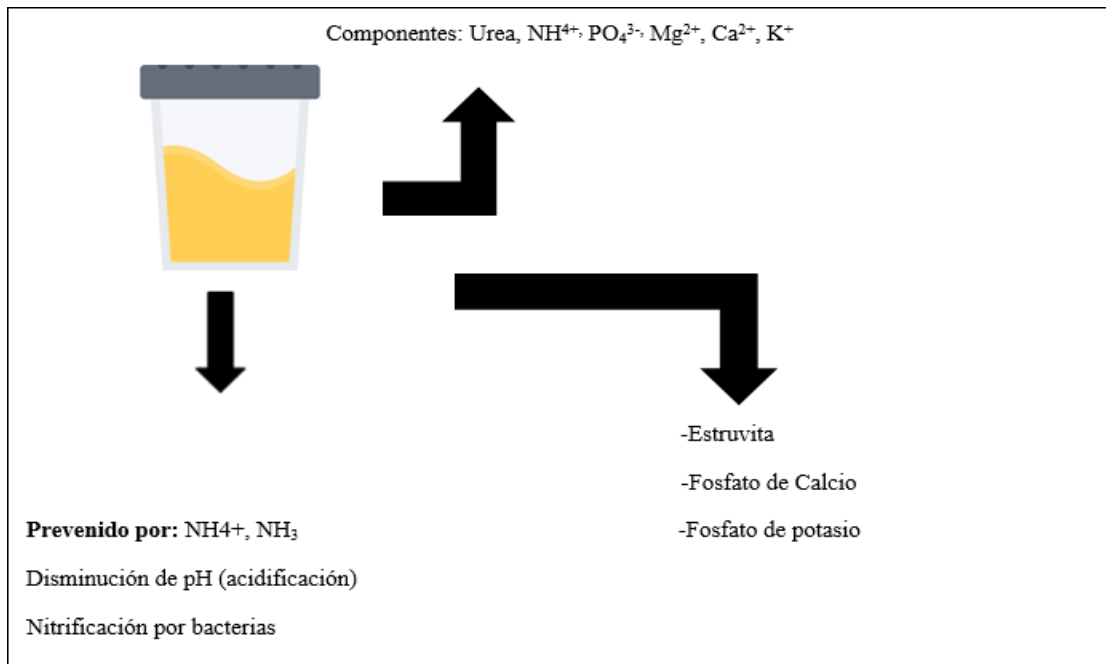
Fuente: Ronteltap, et.al, (2016)

En la figura 2 se observa que el tratamiento de fermentación con ácido láctico sumado el biocarbon es un fertilizante natural eficiente para el incremento de la estructura del suelo y la producción de cultivos en la agricultura.

Para la orina también existen varias tecnologías para la recuperación de sus nutrientes en el lugar y de manera descentralizada (Esculier y Levavasseur, 2020); algunos de los principios tecnológicos son estabilización, concentración, precipitación, entre otros. Este tipo de tecnologías sirven para eliminar nutrientes tales como nitrógeno, fósforo y potasio, así como tecnologías para el tratamiento

In situ (Simha y Zabaniotou, 2018).

Figura 3. Recuperación de la orina



Fuente: Harder et.al, (2019)

En la figura 3 se presenta los nutrientes recuperados por medio del tratamiento de precipitación en la orina usando aditivos como Magnesio, calcio y componentes presentes como el amoníaco, urea y potasio, dando como productos la estruvita, fosfato cálcico y el fosfato de potasio.

La recolección de excretas implica mezcla con otras corrientes; esto dependerá del tipo de inodoro, mezcla de agua y orina separada en origen (agua amarilla), recolección separada de heces humanas, por el tipo de inodoro podría mezclarse con orina, agua de descarga o papel higiénico también aditivos (Saberri et al., 2020). El manejo de excretas humanas incluye la recolección, el almacenado, transporte, tratamiento y su disposición final (Moya et al., 2019). Los lodos fecales provienen de variedad de tipos de inodoros que no tienen conexión a alcantarillado, son variables en su consistencia, cantidad y concentración, tienen combinaciones con aguas negras o sin aguas grises (Dianlei Liu et al., 2018) los tipos de procedencia en saneamiento sostenible se da por letrinas de pozo, baños públicos, El baño ecológico seco que son sistemas de inodoro con pozo mejorado o sistema de acumulación “seco” reciben solo heces agregando cenizas después del depósito para aumento de

pH (Mahenge et al., 2018), también inodoros con desviación de orina (UDDT) permite mantener la separación de orina y heces, opera sin agua y contiene divisor para el usuario pueda mantener separado sus deposiciones (Prasad et al., 2019).

Los productos obtenidos se pueden usar como portadores de energía, en la producción de biopolímeros, fertilizantes naturales, piensos, biocombustibles u otros productos (Kopping et al., 2020), los productos obtenidos por los tratamientos sirven de insumo para la producción de fertilizantes sintéticos o directamente como fertilizantes (Puyol et al., 2017), la calidad y la composición de los productos varían dentro de la misma categoría de productos (Yahav et al., 2018). Diferentes tipos de poblaciones o industrias se distinguen en los tratamientos que adoptan, pero pueden producir productos similares (Krueger et al., 2020).

Las soluciones nutritivas se componen en soluciones de macronutrientes y soluciones de multinutrientes, precipitados, cenizas y sólidos orgánicos (Kopping et al., 2020); las soluciones multinutrientes están formados por tratamientos en la orina y presentan estabilización, reducción de contaminantes, extracción de agua o procesos de extracción de nutrientes a su vez sirven para tratamientos de insumo primarios que contienen heces, ejemplo: producción de *metilénurea* (SO₃) (Li Peng, 2017).

Las soluciones macronutrientes como urea - nitrógeno a base de orina no hidrolizada son útiles como fertilizantes ricos en nitrógeno y también sirven de materia prima para la metilénurea (Kangning Xu et al., 2017); otras soluciones con dosis altas de amoníaco-nitrógeno es sulfuro de amonio (NH₄)₂SO₄, borato de amonio (Kopping et al., 2020), la solución de NPK puede ser producida por sorción, otra vía para producir es la licuefacción hidrotermal (HTL) transfiriéndose NPK a un residuo líquido y la mayoría de metales a residuos sólidos que son usados como fertilizantes líquidos (Li Peng et al., 2017). También existen soluciones macronutrientes con fósforo ejemplo de ellos son los que producen ácido fosfórico que varían desde diluido hasta concentrados (Puyol et al., 2017).

Los precipitados son obtenidos por varios procesos ejemplo: almacenamiento o reactores de cristalización, los precipitados más conocidos estruvita (MAP) y estruvita de potasio (MPP) así como fosfatos de aluminio, hierro y calcio, los precipitados varían desde polvos hasta cristales grandes (Pradel et al., 2019).

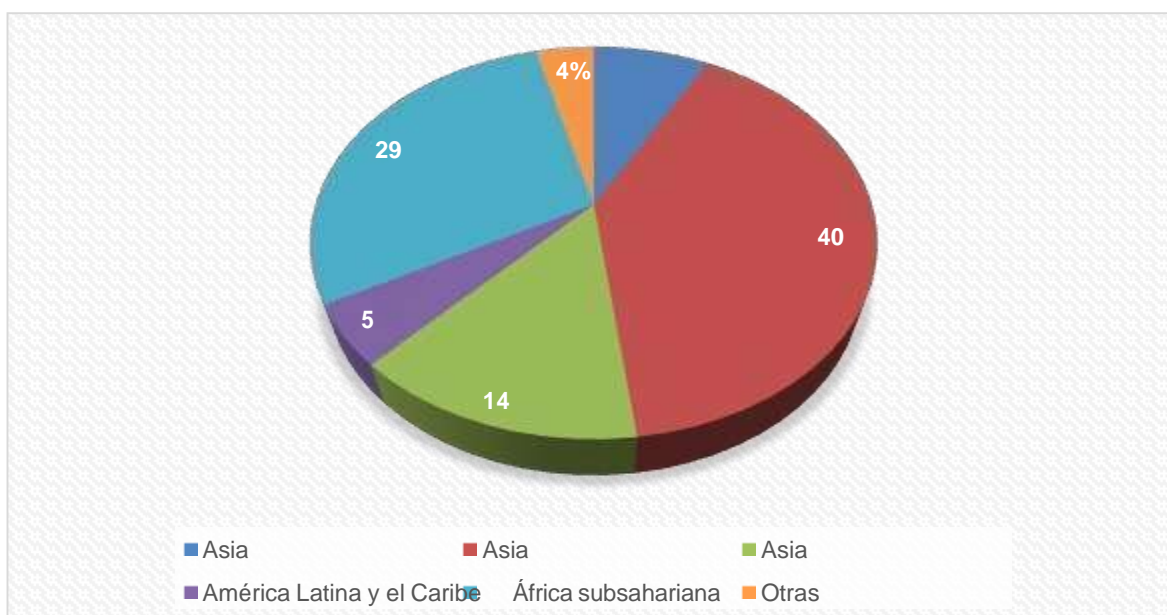
Las cenizas se obtienen por la descomposición térmica de materia orgánica, las cenizas contienen nutrientes no volátiles y metales pesados a su vez variedad de minerales; están libres de contaminantes orgánicos (Xu y Zhang, 2021). Las cenizas no son de uso directo para agricultura se necesita tratamientos termoquímicos para aumentar la disponibilidad de fósforo en cenizas (ceniza calcinada) (Cid et al., 2018).

Los sólidos orgánicos incluyen variedad de productos que tienen materia orgánica provienen de excrementos humanos o biomasa de tratamientos con excretas, encontrándose la materia orgánica derivada de excretas (Cid et al., 2018) estas mismas son parecidas al insumo primario (heces higienizadas); sus productos son fertilizantes orgánicos ricos en fósforo, calcio, potasio y otros oligoelementos y biomasa de lombriz que son usadas para la alimentación animal (Kelova et al., 2018).

Los fertilizantes naturales o también llamado abonos orgánicos son fertilizantes provienen de fuentes renovables y pueden adaptarse a las necesidades nutricionales de las plantas (Xu et al., 2020) su característica principal es tener efectos a largo plazo, se liberan lentamente en el tiempo adaptándose al suelo (Odey et al., 2018); los contenido de macronutrientes para el suelo son necesarios en grandes cantidades y esas mismas deben ser aplicadas si hay deficiencia de un componente u otro (Gulser et al., 2019) los suelos pueden tener carencia de nutrientes o debido a la extracción de los mismos por los cultivos a lo largo del tiempo debido a la alta cantidad de rendimientos que son demandantes en nutrientes, (Purnawan et al., 2021) por lo tanto los macronutrientes y micronutrientes son requerimientos solo en cantidades mínimas para un crecimiento óptimo en suelo y plantas (Kurniawan et al., 2019) dentro de los macronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas se tiene nutrientes primarios nitrógeno, potasio y fósforo (NPK) (Gao, Liang ,2018).

La economía circular busca obtener procesos de fabricación que consuman poca energía y no genere desecho que impacte al ambiente buscando reducir la contaminación en cuerpos de agua y revalorizar los residuos (fertilizantes naturales u orgánicos) (Harder y Delhiraja, 2020) con ello crea oportunidades para estimular e incentivar el saneamiento sostenible , la recuperación de nutrientes de excretas constituye vías para devolver los nutrientes al suelo ayudando a abordar el Objetivo de desarrollo sostenible (ODS 6) dicho objetivo garantiza la disponibilidad y la gestión sostenible de agua y saneamiento, incluyendo reducir las proporciones de aguas residuales y aumento del reciclaje y reutilización en el mundo (Winans y Kendall,2017).

Figura 4. Distribución mundial de personas sin acceso a instalaciones de saneamiento



Fuente: OMS (2017)

En la figura 4 se observa que 40% de población no tienen los recursos de saneamiento distribuidos desigualmente en América latina, el 29%de la población está en África subsahariana, en porcentajes más bajos, 14% Asia Oriental, 8% en Asia sudoriental, 5% América Latina y el Caribe y por último 4% en otras regiones, con ello se sostiene casi el 50% de la población mundial no tiene acceso a fuentes óptimas de desagüe en sus viviendas.

Figura 5. Gestión de excretas



Fuente: Harder y Delhiraja (2020)

En la figura 5 se observa en el lado izquierdo la inadecuada gestión de excretas humanas que se ha venido implementando a lo largo del tiempo, teniendo una sola dirección en los productos obtenidos, como son el tratamiento de aguas grises, el uso de la orina como fertirrigación inadecuada en cultivos y el gas metano obtenido; en el lado derecho se observa el saneamiento ecológico de forma cíclica usando excretas humanas como parte de los sistemas alimentarios y agrícolas.

Figura 6. Recuperación de la orina



Fuente: Randall y Naidoo, (2020)

En la figura 6 se presenta la recuperación de la orina desde un inodoro ecológico seco con separación de orina (IESSO) posteriormente el transporte por conjunto de personas o empresas encargas del tratamiento de las excretas como fertilizante natural, la industria encargada de los tratamientos necesarios para obtener un producto de calidad y la ganancia correspondiente.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de investigación

Las investigaciones de tipo aplicada se justifican en proporcionar soluciones a partir de problemas generales y específicos mediante desarrollos en tecnologías o propuestas además varios especialistas mencionaron que una investigación es aplicada cuando busca responder o resuelve preguntas mediante el uso de metodologías, protocolos y tecnologías (Hernández, Fernández y Bautista, 2014). (Cisterna et al., 2005) sostiene que la investigación cualitativa recolecta información conceptual o experimental para comprender una problemática en particular o fenómenos mediante la recolección de información sea estos conceptos o experiencias para su análisis posterior, dentro de ella su diseño narrativo tópicos orientado en un tema, acontecimiento o fenómeno concreto. Por ende, una investigación de diseño cualitativo recopila información o datos para dar respuesta a objetivos que un investigador plantea en una investigación (Hernández et al., 2014). La presente investigación fue de enfoque cualitativo debido a que se evalúa e interpreta información que se obtuvo de artículos de investigación con el propósito de brindar posteriormente resultados.

3.2 Categorías, Subcategoría y matriz de categorización

En la tabla 2, llamado Matriz de categorización apriorística, se señalaron los objetivos específicos, problemas específicos, las categorías y subcategorías que se usaron para esta revisión sistemática.

3.3 Escenario de estudio

Los escenarios de estudio en esta revisión sistemática fueron laboratorios de investigación y desarrollo donde se llevaron los componentes principales para la experimentación con excretas humanas con diferentes tipos de metodología mediante el uso de microscopios electrónicos, reactor de precipitación espectrofotómetro de absorción atómica, incineradores, horno, como incubadoras,

Estufas, termo balanza, *microarray* de ADN, matraz con difusor, crisol respirómetro entre otros instrumentos debidamente calibrados. Como lo señala la norma ISO 17025 la calibración proporciona los requisitos para garantizar la fiabilidad y competencia técnica de los resultados analíticos (Van Leewen et al., 2020) en las metodologías que se usaron.

3.4 Participantes

Todas las fuentes tomadas para la recopilación de información del presente trabajo de revisión sistemática se extrajeron de artículos científicos originales e indexados de las cuales es precedente en siguiente repositorios o fuentes de información ScienceDirect, Scopus y Web of Science (WOS).

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizó la aplicación de la técnica de análisis documental en donde (Tamayo et al., 2019) nos menciona que esta técnica se da por un proceso intelectual donde se extrae nociones de documentos para representarlos y sea de fácil acceso a los originales, el análisis es la derivación de un texto el conjunto de símbolos y palabras que puedan servir para representar y sus instrumentos usados son las fichas. En consecuencia, se realizarán fichas de análisis de contenido de artículos científicos relacionados a la temática propuesta que se eligieron. Para la recolección de datos se usaron 4 fichas que están dentro de Metodología y son las siguientes:

Ficha 1: Síntesis, recolección y selección de estudio

Ficha 2: Características de los nutrientes presentes en excretas humanas

Ficha 3: Principales características de los tratamientos en excretas humanas

Ficha 4: Principales características de fertilizantes naturales derivados de excretas humanas

Ficha 5: Uso de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas

3.6 Procedimiento

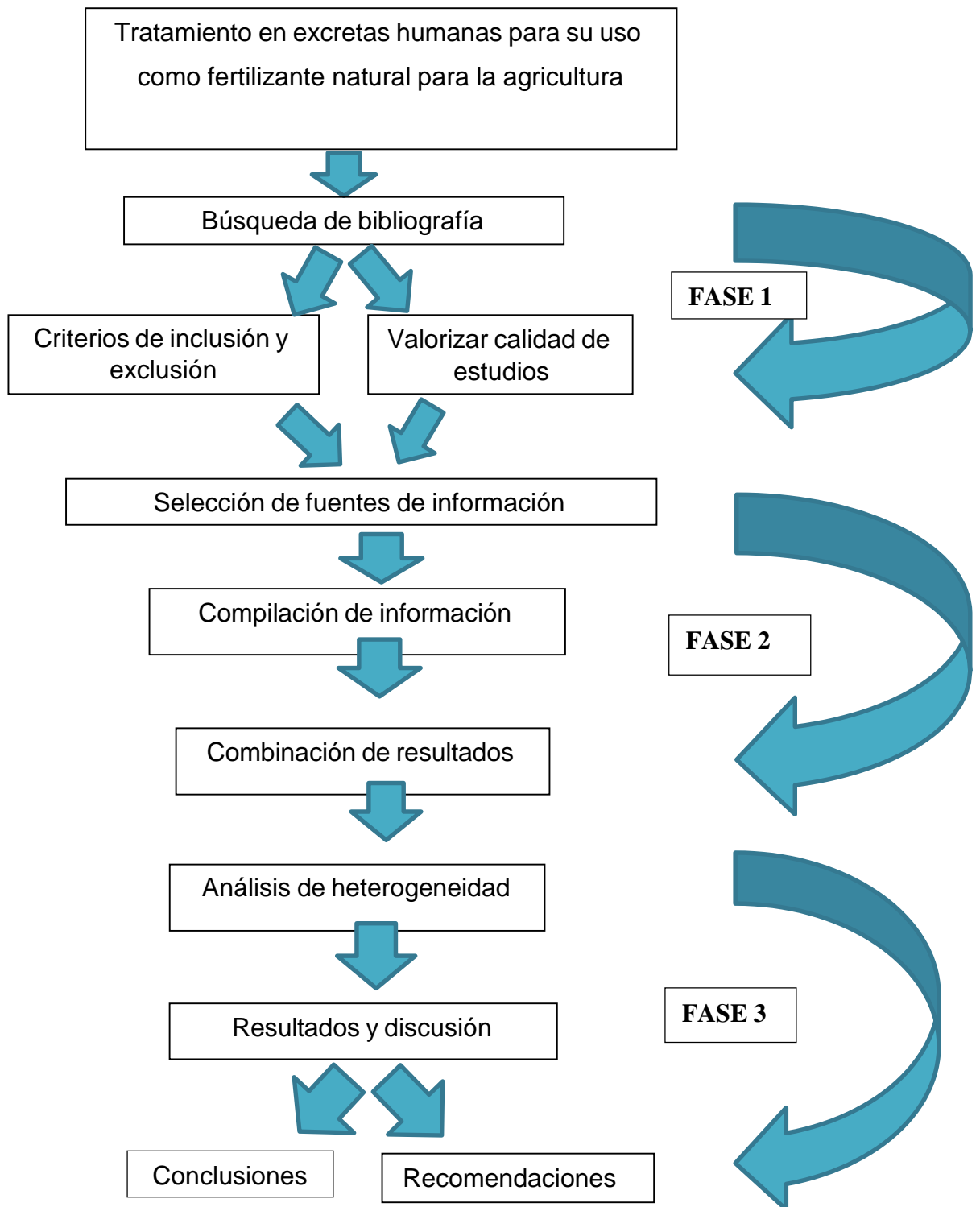


Figura 7. Diagrama de procedimiento
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 7 se observa el diagrama de procedimiento que se utilizó para el desarrollo de esta revisión sistemática para obtener una respuesta general y precisa de los estudios que se analizaron y posterior se incluyeron.

Fase 1. Definir problemáticas de la investigación

Se formuló los objetivos tomando en cuenta el tema y se planteó la problemática a tratar, así como la metodología que se usó para el desarrollo de esta investigación

3.6.2 Estrategia de búsqueda

Para la investigación se tomaron bases de datos confiables como son Scopus, ScienceDirect y Web of Science.

De acuerdo a los documentos revisados de cómo elaborar una revisión sistemática, se tomó en cuenta palabras claves relacionadas con el título y el problema de investigación, que fueron filtrados en las bases de datos y de acuerdo a los criterios de inclusión, ya mencionados. En la Tabla 3, se observan las estrategias de búsqueda

Tabla 2. Estrategia de Búsqueda

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Cantidad de Artículos
Scopus	(fertilizer or biofertilizer or bio-fertilizer or “natural fertilizer”) and “human excreta” and agriculture	56
ScienceDirect	(fertilizer or biofertilizer) and “Human excreta” and agriculture	88
Web of Science	(fertilizer or biofertilizer or bio-fertilizer or “natural fertilizer”) and “human excreta” and agriculture	60

Fuente: elaboración propia

Fase 2: Selección de investigaciones

Para esta revisión sistemática se usaron tres bases de datos confiables como son ScienceDirect, Scopus disponibles dentro de la plataforma de la universidad Cesar Vallejo y Web of Science disponible dentro de la plataforma virtual de la universidad Continental.

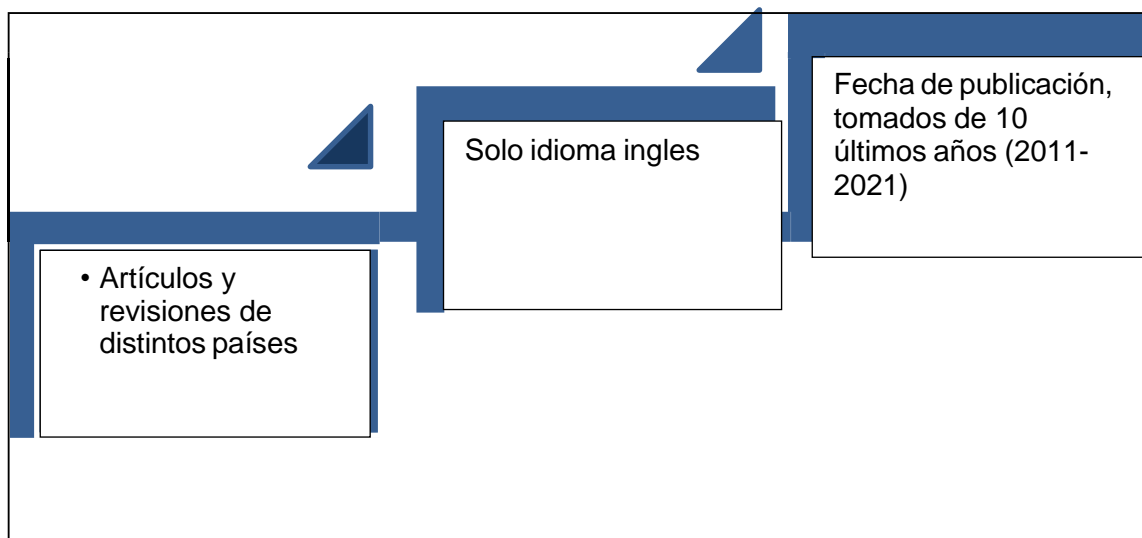
3.6.3 Extracción e inclusión de información

Las investigaciones incluyeron excretas humanas como fertilizante natural para la agricultura, asimismo se tomó en cuenta que todos los casos contaron con resultados en base a metodología realizada, contenido de nutrientes antes y después de los tratamientos dados, nivel de pH y tipo de excretas humanas usadas.

3.6.2 Criterios de inclusión y exclusión

En la figura 8 se observa los criterios de inclusión se tuvieron en cuenta, estudios con información de fertilizantes naturales o biofertilizantes a partir de excretas humanas como alternativa de uso en la agricultura.

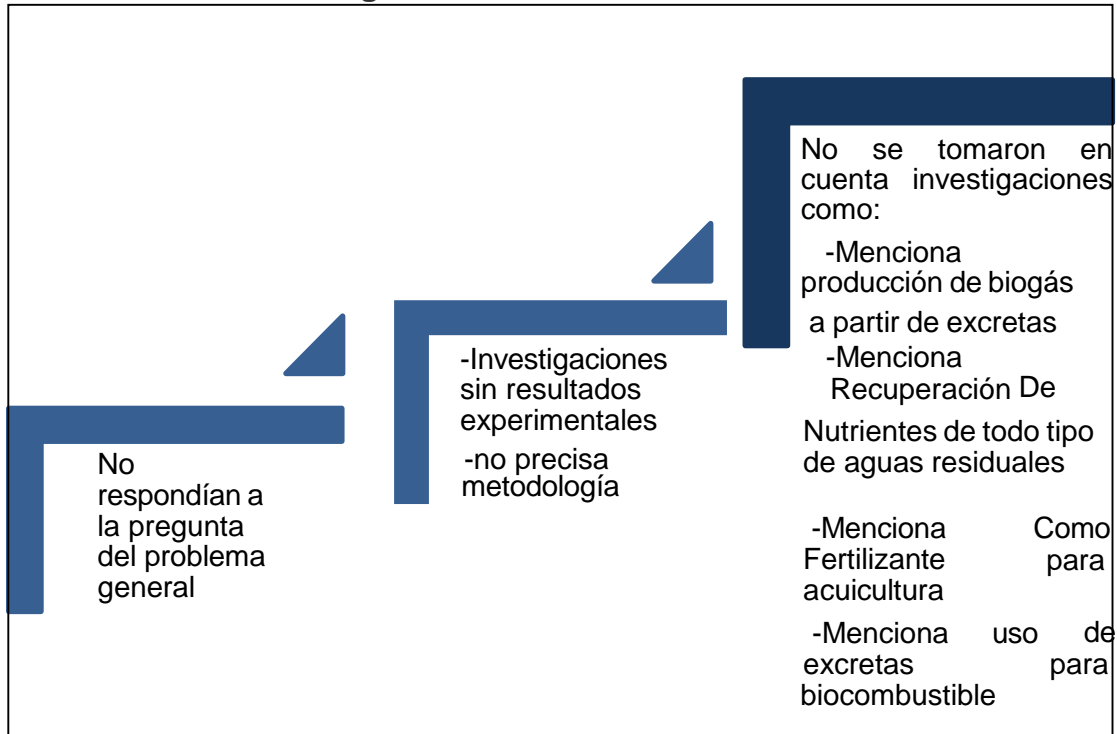
Figura 8. Criterio de inclusión



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 9 se observa los criterios de exclusión que no se tomaron en cuenta en las investigaciones que no respondían a la interrogante del problema general, a su vez tampoco aquellas que utilizaban las excretas humanas con otras formas de usos en el ecosistema.

Figura 9. Criterio de exclusión



Fuente: Elaboración Propia

3.7 Rigor científico

Las características importantes que difiere veracidad o validez con el rigor científico de las investigaciones cualitativas es no poder medirse o se pueden comprobar en el nivel de la falsabilidad según Karl Popper sino en la plausibilidad de enunciador (Olivier et al., 2018). Los criterios pertenecientes al rigor científico son: transferibilidad, dependencia, confiabilidad y credibilidad (Sánchez et al., 2019), el cumplimiento del rigor no solo asegura calidad de la investigación cualitativa sino también a la aplicación de criterios éticos (Pérez et al., 2017).

La transferibilidad o aplicabilidad de resultados señala la posibilidad de transferir las respuestas que se obtienen en el proceso cualitativo a otros escenarios, por la complejidad de la singularidad de los contextos se torna dificultoso (Eudaldo E et al., 2020); la confiabilidad está vinculado a la credibilidad y es la capacidad de mostrar la minimización de sesgos y las tendencias del que investiga, implica rastrear datos en la fuente y la explicación lógica usada para interpretarlo (Loaiza et al., 2017).

La credibilidad señala cuando el investigador ha encontrado el significado profundo de las experiencias de los participantes, particularmente aquellas que están en vínculo con el planteamiento del problema (Bedregal, 2017) y la dependibilidad o estabilidad-audibilidad implica los datos deben ser revisados por investigadores y conlleva a interpretaciones congruentes, hay dos clases de dependencia; el interno alusivo al grado en el cual el investigador genera categorías similares y el externo relacionado con grado de diferentes investigadores forman categorías similares en un ambiente y periodo igual pero cada quien recoge sus datos propios. (Lucas Arenas, 2017).

Aplicamos a este criterio de rigor científico porque se cumplió con cada uno de las pautas, los investigadores de esta revisión sistemática han citado y referenciado bibliográficamente todos los artículos usados en este documento, se contrastaron los documentos y se recabaron toda esta información de bases de datos que contienen revistas globales y académicas de gran prestigio para sustentar la credibilidad de la investigación, también se proporcionó información detallada sobre el tratamientos de excrementos humanos como fertilizante natural para la agricultura que proporcione el criterio de transferibilidad a los investigadores, estudiantes y sirvan para plasmar, comparar y aplicarlo a futuras investigaciones, se ha especificado el diseño de estudio y la metodología para el análisis de información, los datos e información que ha sido recolectada no está alterada ni se han producido cambios pues se detallan desde su base original, encontrándose de este modo la dependibilidad.

La interpretación y la recopilación de datos se ha representado y evaluado por medio de la confiabilidad, de manera que opiniones u apreciaciones personales no están ceñidas en esta revisión sistemática.

3.8 Método de análisis de datos

La información obtenida se agrupó de acuerdo a los objetivos específicos para más orden, a partir del cual se hicieron análisis de cada categoría y subcategoría detallados cada uno de ellos en una base de datos en el programa Excel, con lo cual se obtuvo 40 referencias bibliográficas relacionados con los objetivos; con esa información se buscó la relación o diferencias con el tema de investigación, relacionando tratamientos en excretas humanas como fertilizante natural para la agricultura.

Se elaboraron diferentes cuadros en los cuales se buscó agrupar cada tipo de datos que se necesitó adjuntar en esta investigación, facilitando el proceso de llenado del mismo.

3.9 Aspectos Éticos

Se resguardó la propiedad intelectual de los autores en relación a los conocimientos y teorías diversas; citándolos adecuadamente y precisando las referencias bibliográficas donde se encuentra lo referenciado, esto se desarrolló en base a la Resolución Rectoral N°011-2020/UCV también se siguió los lineamientos de la Norma Internacional de Estandarización ISO 690:2010 que señala las directrices para las referencias bibliográficas de materiales públicos tanto impresos o no impresos, así mismo la investigación fue pasada por el software Turnitin para corroborar la originalidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

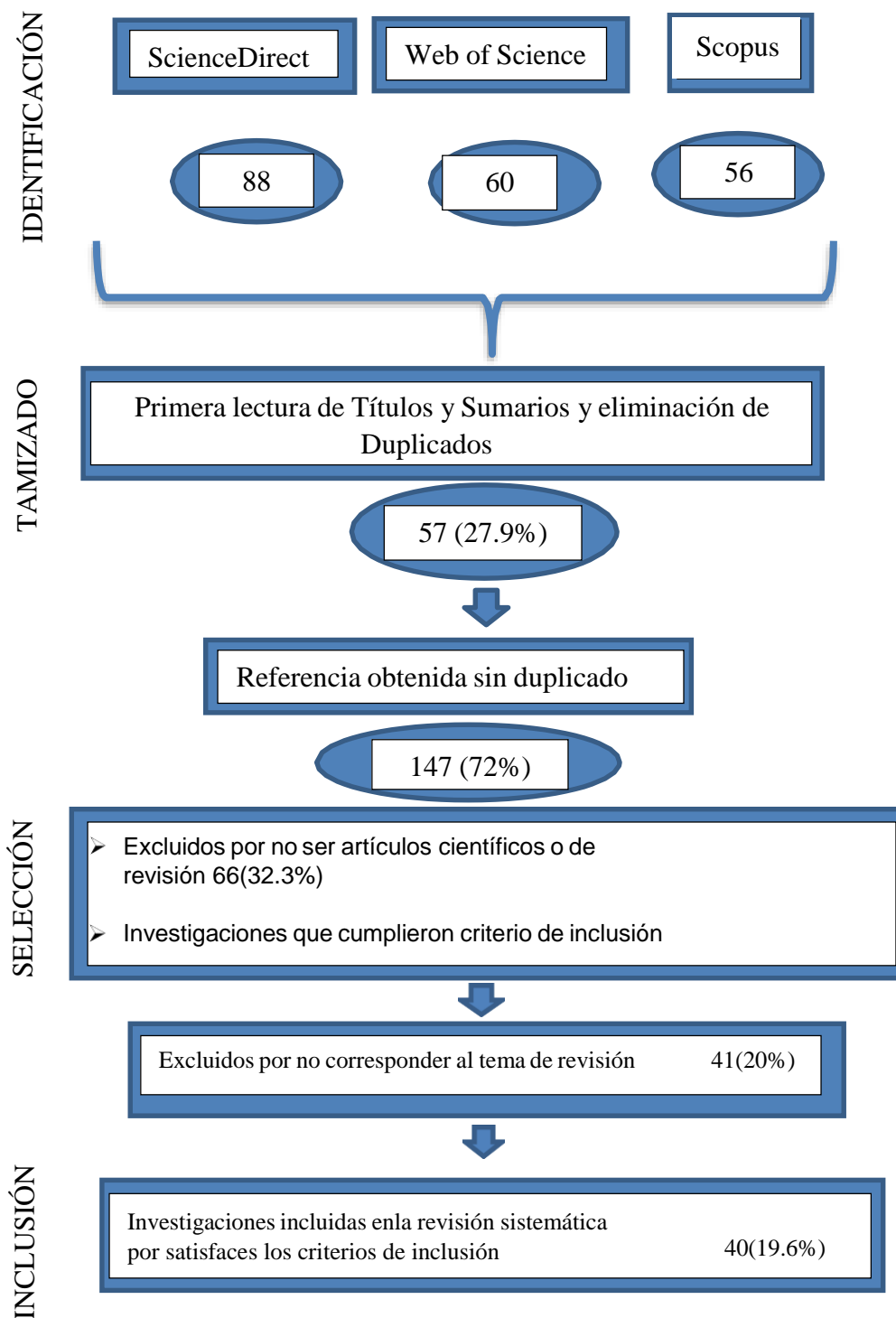
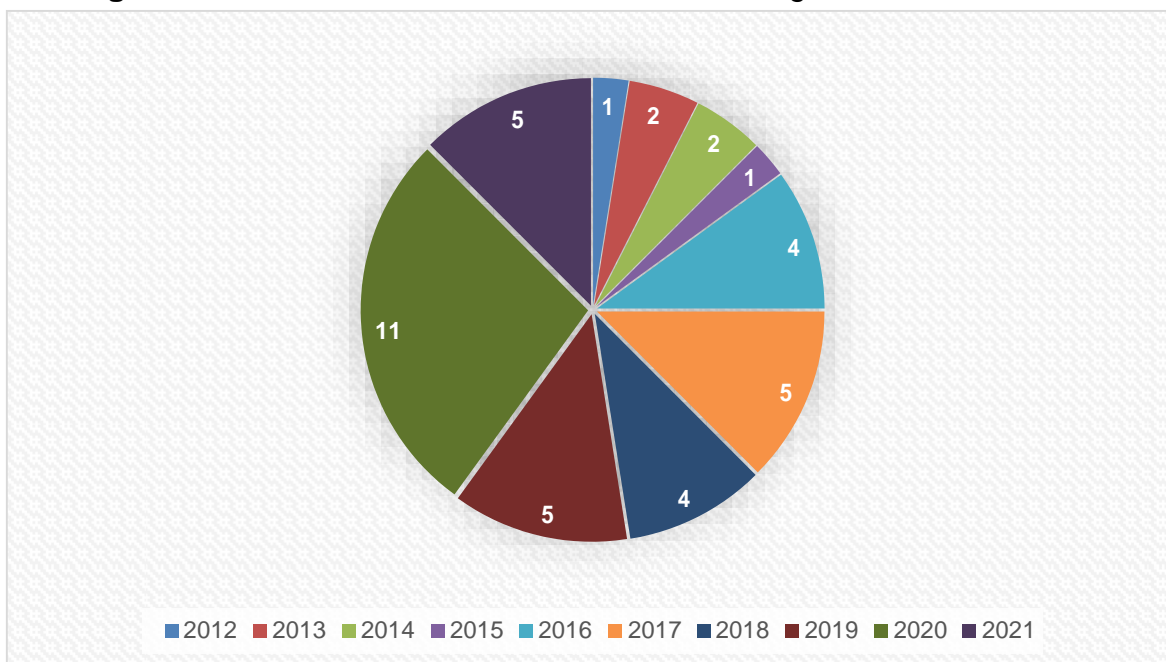


Figura 10. Diagrama de flujo basado en metodología Prisma

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 10 se observa el diagrama de flujo PRISMA del proceso de obtención de los resultados de los artículos científicos incluidos en esta revisión sistemática, que se muestra de manera abreviada, teniendo por resultado los 40 artículos científicos que se trabajaron posteriormente para la realización de esta revisión sistemática.

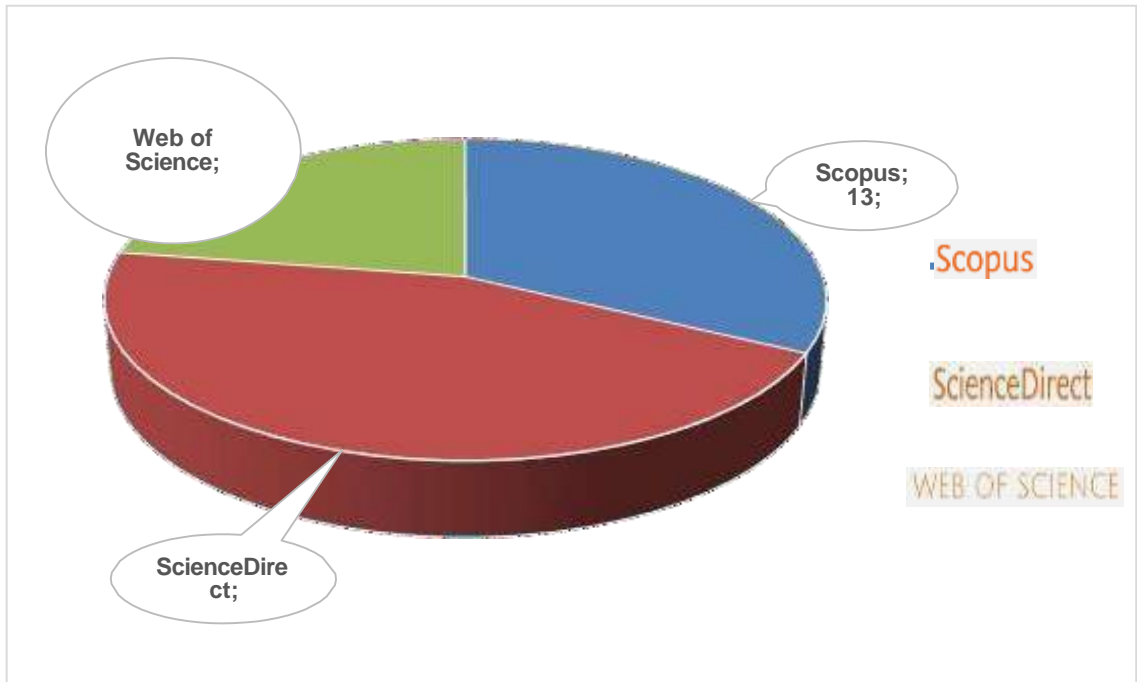
Figura 11. Cantidad de artículos seleccionados según los últimos diez años



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 11 se observa que después de todo el proceso de identificación, tamizado, selección e inclusión del diagrama Sigma, se desarrolló el proceso de revisión de artículos científicos durante los años 2011-2021, dando como resultado la mayor cantidad de investigaciones usadas fue en el año 2020 con 11 artículo y el año 2012 con solo 1 artículo utilizado.

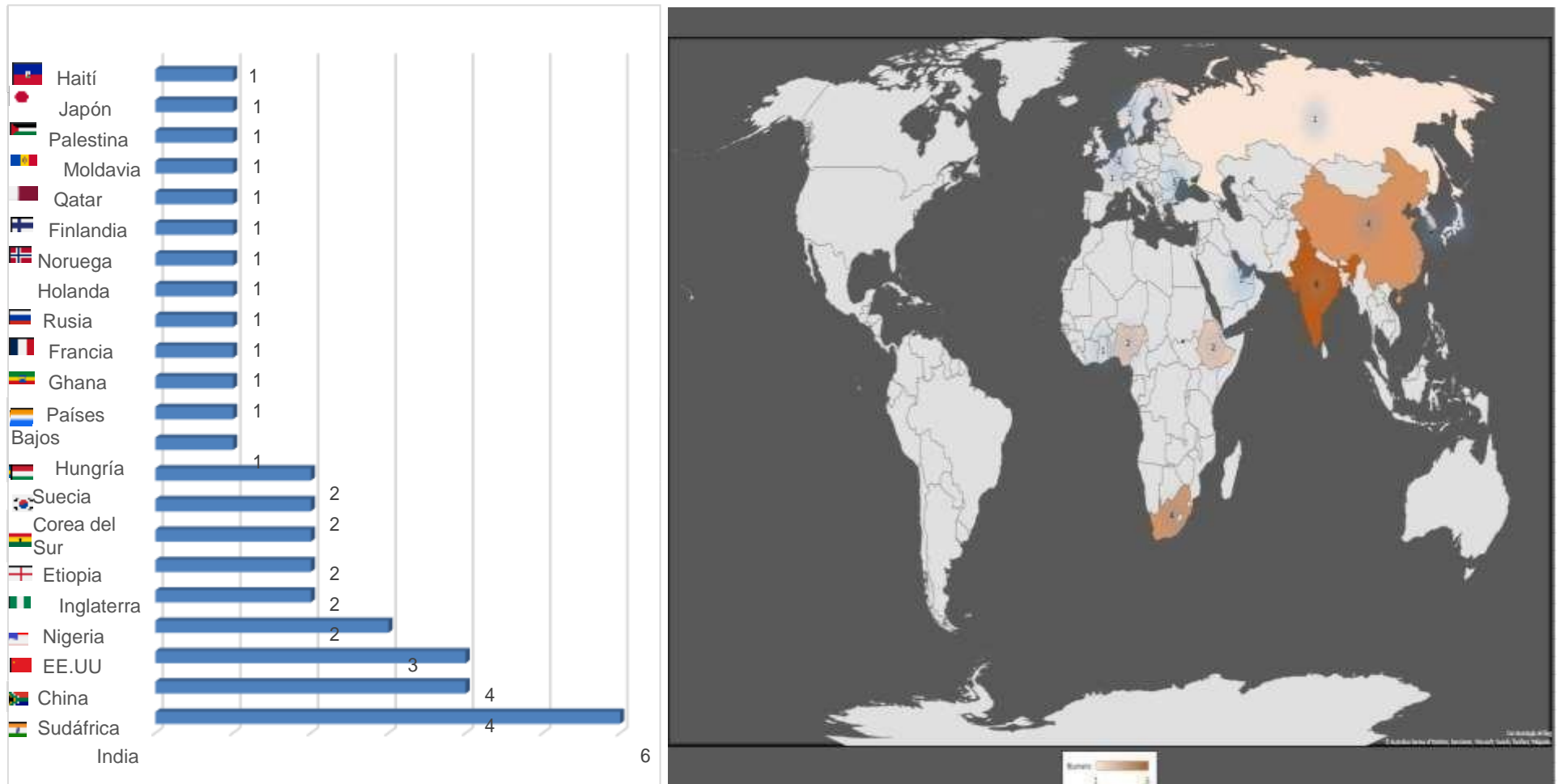
Figura 12. Porcentaje de investigaciones según la base de dato utilizada



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 12 se observa el porcentaje de artículos científicos utilizados en esta revisión sistemática, de acuerdo a ello se obtiene que la mayor cantidad de artículos seleccionados con 45% estuvo en ScienceDirect, posteriormente el 33% se encontró en la base de datos Scopus y por último el 22.5% de artículos se encontraron en Web of Science por ser una base de datos de acceso restringido, lo cual se entró por la Biblioteca de la Universidad Continental esto equivale el total de artículos que sirvieron de base de estudio para esta investigación y respondieron a la pregunta de investigación con ayuda de herramientas que limitaron el sesgo y el error aleatorio.

Figura 13. Contexto geográfico de los artículos seleccionados



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 13 se puede observar entre 2011 a 2021, el fruto de la revisión de los 204 documentos, se llevaron a cabo investigaciones en 430 países, Las publicaciones anuales crecieron mayormente por la problemática del saneamiento básico, los países de origen de los artículos que fueron seleccionados en esta revisión sistemática, teniendo como resultados que el país con más estudios sobre tratamientos en excretas humanas fue India con 6 artículos debido a la problemática de acceso sanitario en este país, continúa China y Sudáfrica con 4 artículos cada uno, Estados Unidos con 3 publicaciones utilizadas, con 2 publicaciones Suecia, Corea del Sur, Etiopia, Inglaterra, Nigeria y por último con tan solo 1 publicación los países de Qatar, Finlandia, Noruega, Holanda, Rusia, Francia, Ghana, Países Bajos y Hungría.

Tabla 3. Síntesis, recolección y sección de estudios

Referencia	País	Objetivos	Tratamiento	Resultados
1 Addis y Leta (2020)	Etiopía	Identificar los procesos de obtención de nutrientes en la orina para la aplicación a gran escala como biofertilizantes	Precipitación	Se identificó la precipitación de estruvita como el método más eficiente para recuperar el Fósforo de la orina humana, dado que se recupera menos del 16% de Nitrógeno con la eliminación del Amoniaco
2 Krishnamoorth, et.al., (2020)	India	Analizar los efectos de la precipitación de orina sobre que favorecen a la recuperación de Nitrógeno (N) Y	Precipitación	Se analizó los efectos del almacenamiento y precipitación de la orina sobre que favorecen a la recuperación de Nitrógeno (N) Y Fosforo (P)
3 Nagy y Pradhan (2019)	Hungría	Revisar los tratamientos que se presentan para la recuperación de estruvita y alternativa de fertilizante estruvita	Precipitación	Se revisó los tratamientos y se determinó que el uso de la orina para la agricultura es una Práctica ecoamigable, a su vez se demostró que la <i>estruvita</i> es un fertilizante natural y contribuye al saneamiento ambiental en la agricultura.
4 Kooij y Vliet, (2020)	EE. UU	Analizar que conlleva la recuperación del fósforo a partir de excretas Humanas	Precipitación	Se debe abaratar costos internos en producción de estruvita pues el costo de la roca fosfórica es mucho más alto que el anterior
5 Abhijeet y Jyotiprakash (2021)	India	Revisar paradigmas de la recuperación de nutrientes en la orina para cerrar el ciclo de nutrientes entre tratamiento de productividad agrícola y tratamiento de Aguas residuales.	Precipitación	Se logró la eliminación de Nitrógeno al 93% y precipitación de estruvita 94% además se Demostró que la estruvita es el principal precipitado del experimento

6	Xu y Lin (2018)	China	Investigar la recuperación de amonio y fosfato de orina usando biocarbon modificado con óxidos de Magnesio	Precipitación	Se investigó y se determinó que la precipitación de estruvita en la superficie del biocarbon fue el motivo fundamental para eliminar el amonio, la capacidad para la eliminación de nutrientes alcanzo casi el 50%
7	Owamah et.al., (2014)	Nigeria	Analizar los fertilizantes y las repercusiones que tiene su uso a partir de los fertilizantes naturales de digestato (digestión anaeróbica de excretas humana y desechos alimentarios)	Digestión anaeróbica	Las características fisicoquímicas del digestato resultante se redujo en promedio del 34.1% DQO, carbono orgánico y cenizas de la materia prima y a su vez hubo un aumento de 12.37% en los sólidos suspendidos y solidos totales
8	Mangwazar y Odindo(2020)	Sudáfrica	Investigar los efectos que tiene el reactor anaeróbico y el concentrado de orina nitrificada sobre el rendimiento del tomate que se cultivó hidropónicamente	Digestión anaeróbica	Los tomates regados con HEDM aumenta los Índices de cosecha a diferencia de los tomates regados con mezcla de fertilizante hidropónico comercial, los riegos con excretas humanas mejoro el rendimiento fisiológico de la planta a diferencia del fertilizante comercial.
9	Deshusses et al., (2020)	EE.UU	Analizar el potencial de nutrientes y eliminación orgánica de las excretas en un digestor anaeróbico para su posterior uso como fertilizante	Digestión Anaeróbica	Este sistema de digestión anaeróbica genero Fertilizantes que dan respuesta a las carencias que hay a nivel mundial de estos suministros para el desarrollo de la agricultura y proporciona un saneamiento in situ autónomo.
10	Afifi, Alnahhal y Abdelall, (2015)	Palestina	Aplicar el sistema de baño semiseco en la Franja de Gaza y regiones de todo el mundo a través de la separación de excretas humanas en sólidos y líquidos	Digestión anaeróbica	Se presentó un comportamiento óptimo para el tratamiento de biosólidos y materia orgánica acumulada y estabilizada en el suelo fértil formado en el lecho, a su vez se mostró que se eliminó un 70% de la materia orgánica.
11	Simha y Zabaniotou, (2018)	India	Determinar el efecto de la altura del lecho del carbón activado (cascara de coco) para la eficiencia en la recuperación de urea	Digestión anaeróbica	Se necesitar mayor cantidad de cascara de coco para la alcalinidad del reactor anaeróbico a su vez podría necesitar tratamientos posteriores para alcanzar la normatividad de abono orgánico.

12	Harder et.al., (2019)	Suecia	Revisar el diseño de gestión de excretas humanas para recuperar nutrientes y sirvan como base para la organización y categorización de los biofertilizantes	Nitrificación	La estabilización convirtió el amoníaco volátil en amonio, a su vez la combinación con la nitrificación parcial como proceso biológico inactivo algunos patógenos presentes dentro de la orina humana.
13	Hashemi y Han, (2016)	Corea del Sur	Evaluar los cambios en las concentraciones de nutrientes en las muestras de suelos fertilizadas con orina y heces tratados biológicamente	Nitrificación	Se evaluó los cambios de nutrientes tratados con fertilizantes comerciales y tratados con mezcla de orina y heces son similares estadísticamente y se considera un sustituto del primero. El suelo con concentraciones de orina tiene alta concentración de N y P, la mezcla de heces y orina aumento el potencial fertilizante al modificar la proporción de C: N.
14	Hashemi y Han, (2019)	China	Analizar la aplicación de semillas nitrificantes para el tratamiento de excretas humanas como fertilizante natural	Nitrificación	Se analizó la mezcla de orina y heces como la mayor concentración de Carbono: Nitrógeno a diferencia de los fertilizantes químicos
15	Piceno, et.al, (2017)	Corea del Sur	Analizar la composición de los nutrientes presentes en el tratamiento de compostaje a partir excretas humanas	Compostaje	El tratamiento del compostaje termofílico afecto la estructura de la comunidad bacteriana del material que tuvieron al inicio, se hallaron menos de la mitad de bacterias típicas fecales.
16	Harder, et.al., (2020)	EE.UU	Analizar la gestión de excretas humanas como desafío para recupera recursos en la gestión de residuos mediante el compostaje para compensar la fertilidad del suelo	Compostaje	Se analizó el desarrollo, la evaluación e implementación alternativas del manejo de las excretas humanas pueden servir como forma en los sistemas alimentarios y agrícola, se necesita a largo plazo mayor manejo de las excretas humanas para sostener la recuperación de nutrientes.
	Kelova y		Identificar, analizar el contenido de		Las diferentes metodologías usadas en
17	Krogstad, (2021)	Noruega	nutrientes y el potencial del fertilizante de diferentes enmiendas orgánicas que derivan de las excretas humanas	Compostaje	excretas humanas como fertilizante natural conllevan a la emisión de gases de efecto invernadero, usos de energía con lo cual se necesita evaluar el impacto ambiental.

18	Hijikata, Tezuka Kazama, (2016)	y Japón	Se analizó los mecanismos viricidas y bactericidas que tiene la desinfección alcalina del compost orgánico de excretas humanas tratados con cálcica y cenizas	Compostaje	La alcalinización de cenizas de madera fue superior a la alcanización de cenizas de cal y cenizas de cascara de arroz
	Preneta		Analizar el tratamiento de compostaje		Se determinó que el compostaje termofilico es
19	et.al., (2013)	Haití	en excretas humanas para la Eliminación de patógenos y la creación de un compost rico en nutrientes .	Compostaje un	mecanismo de eliminación efectiva de algunos patógenos presentes en las heces fecales, siendo un mecanismo efectivo para entornos de bajos recursos económicos.
20	Sharma, Garg (2017)	India	Estudiar el vermicompostaje de las excretas humanas para convertirlas en abono empleando Eisenia Fetida	Vermicompostaje	El vermicompostaje promovió el contenido de nutrientes de las excretas humanas y convirtió esta misma en un producto homogéneo e inodoro.
21	Soobhany et.al., (2019)	Rusia	Revisar el reciclaje de nutrientes (N,P,K,Ca,Mg,Na, etc.) duran la conversión de diversas tecnologías como el vermicompostaje	Vermicompostaje	Se revisó el vermicompostaje posterior al compostaje genera un resultado muy propicio con mejor calidad de nutrientes, a su vez disminuye los efectos ecológicos provocados por desechos orgánicos sólidos.
22	Yadav, Vindd y Ahammed, (2012)	India	Evaluar idoneidad de tecnología de vermicompostaje para procesamiento de heces humanas para la agricultura	Vermicompostaje	La combinación de suelo, vermicompostaje, heces y vermicompostaje desde la capa inferior a superior fue eficaz para el crecimiento de la biomasa de las lombrices que viven en tierra lo que indicaría el factor importante que tiene de la capa de suelo en el crecimiento de la biomasa de lombrices de tierra.
23	Acquah, Essandoh Kwarteng (2021)	y Ghana	Evaluar la tasa de acumulación y degradación de excretas humanas frescas adicionando material de limpieza anal y analizar si afecta el rendimiento del vermicompostaje	Vermicompostaje	Las lombrices de suelo mejoraron la degradación y reducción de excretas humanas, por otro lado, <i>Eudrilus eugeniae</i> es mucho mejor que la <i>Eisenia Fetida</i> , la adición de papel higiénico no resulto perjudicial sobre la degradación de excretas.

24	Swati et.al ., (2018)	Sudáfrica	Evaluar el destino de patógenos en el vermicompostaje de las excretas humanas, la eficiencia y eficacia para reducir patógenos y conocer los posibles mecanismos	Vermicompostaje	El vermicompostaje ha eliminado de 85 a 100% coliformes totales, la acción de las lombrices de suelo y microbios durante la estabilización es un factor importante para eliminar este tipo de patógenos.
25	Idiok, Asukwo y Lkpi (2013)	Nigeria	Evaluar el crecimiento de la ora a diferentes niveles de orina humana en comparación con fertilizante químico	Almacenamiento	El estudio de los suelos en 5 lugares con textura franco arenoso de pH ácido y de baja cantidad de nutrientes después de la fertilización con orina humana fue fuertemente alcalina con cantidades moderadas de N, P, K, Mg, Ca, Na).
26	Sangaren y Brou, (2020)	Sudáfrica	Analizar los efectos de la temperatura sobre la inactivación de E.coli mediante desinfección solar	Almacenamiento	Se analizó el modelo de desintegración Exponencial fue el método para inactivar el patógeno de Salmonella en la orina por Método de desinfección solar, a 3 días de exposición solar, la orina que se recolecto se desinfecto bacteriológicamente y puede ser usado como fertilizante natural.
27	Viskari y Grobler, (2021)	Finlandia	Examinar eficiencia y seguridad de excreta humana liquida separada en origen como fertilizante para la Hordeum vulgare	Almacenamiento	Se examinó a orina separada en origen llego a ser un fertilizante eficaz y eficiente para el Cultivo de la cebada en Finlandia
28	Terefe y Okoth, (2020)	Etiopia	Evaluar cantidad y características de excrementos humanas y desechos de alimentos para ver los nexos entre energía, saneamiento y alimentos	Almacenamiento	Se necesita posteriores tratamiento con Respecto a los patógenos y la inhibición de olores del producto final.
29	Moya, et.al., (2019)	Inglaterra	Identificar los límites que genera el uso de excretas humanas como fertilizante en la agricultura y formular lineamientos para superarlos.	Almacenamiento de	excrementos humanos proporciona un plus como la adición de materia orgánica a la tierra, los cuales es positivo para las personas que tienen bajos recursos económicos, humanas

30	Spangberg, Tidaker y Jonsson, (2014)	Suecia	Comparar el impacto ambiental del reciclaje de excretas humanas como fertilizante de tierras cultivadas en vez de terminarlos en un EDAR	Almacenamiento	El uso de orina como biofertilizantes demostró ser eficiente energéticamente y provocó menos impacto con respecto al calentamiento global a diferencia de la reducción que se da de N y P en una planta de tratamiento de aguas residuales.
	Dianlei Liu		Investigar la viabilidad de usar los		El cultivo de trigo con sustratos de residuos de
31	et.al ., (2018)	China	Residuos fermentados como sustratos para el trigo y analizar la proporción eficiente para el crecimiento.	Fermentación	Excretas humanas mediante la fermentación presento condiciones óptimas tanto fisiológicas y morfológicas. Los porcentajes altos se dieron en la germinación de la semilla, longitud de raíz, longitud de brotes y biomasa.
32	Andreev, et.al ., (2017)	Países Bajos	Evaluar la eficiencia de la fermentación anaeróbica seguido de compostaje, vermicompostaje y compostaje termofílico para el mejoramiento de su valor como fertilizante natural	Fermentación	Se evaluó la fermentación con ácido láctico como tratamiento anaeróbico logro la estabilización de la materia orgánica, reducir los patógenos, prevenir la perdida de nutrientes y controlar los olores por excretas humanas. Los experimentos en la agricultura mostraron mayor rendimiento, crecimiento de cultivos, mejor calidad de suelo.
33	Anderson y Hanjalika, (2017)	Holanda	Se investigaron la fermentación con ácido láctico para aplicaciones en excretas humanas en la agricultura	Fermentación	Se indicó que la fermentación con ácido láctico redujo la cantidad de <i>E.Coli</i> de las heces fecales por debajo de los límites de detección.
34	Ronteltap, et.al ., (2017)	China	Analizar si la lactofermentación de la urea es factible como tratamiento de la estabilización de la orina como biofertilizantes.	Fermentación	La lactofermentación de la orina es una técnica que redujo la volatilización de amoníaco y redujo emisiones de olores aumentando la viabilidad de los baños secos con separación de orina, la adición de jugo de chucrut que contenía melaza produjo acidificación de 4 a 4.5.

35	Rontelta y Boincean, (2016)	Moldavia	Estudiar el efecto de las heces almacenadas y los desechos orgánicos que fueron tratados con fermentación con ácido láctico y suplementado con biocarbon mas orina sobre crecimiento del maíz	Fermentación	La Lactofermentación adicionada con biocarbon mejoro la altura de planta en comparación a solo tratamiento: almacenamiento de heces, vermicompostaje y el control. Este tratamiento también obtuvo mayor rendimiento de maíz, a su vez aumento el contenido de potasio del suelo.
36	Tristán y Esculier, (2020)	Francia	Revisar tratamiento y fertilizante resultante a partir de orina humana. Identificar los tratamientos que se deben hacer para la estabilización del Nitrógeno, reducción de volúmenes de orina y la contaminación que produce cuando hay un mayor rango de este tipo de excretas en el ambiente.	Deshidratación	Se pudo corroborar la eficacia de la resina de intercambio iónico para alcalinizar la orina a su vez se logró la reducción de humedad, el aumento de la temperatura en la deshidratación y los volúmenes que tuvo la orina más la disminución de los contenidos de ceniza colocados en los tamizadores produjo altas tasas de deshidratación de la orina humana.
37	Oluwasola et al ., (2017)	Inglaterra	Investigar la caracterización de las excretas humanas como recurso beneficioso en materia orgánica Analizar la irradiación por microondas para el tratamiento de las excretas humanas Transformar la orina humana en macro	Deshidratación en microondas	El tratamiento con microondas erradico los malos olores a través de la solubilización termolítica y mataron los patógenos de forma eficiente.
38	Bensalah, et.al ., (2020)	Qatar	y micronutrientes por medio de la oxidación electrolítica	Oxidación electrolítica	Se logró la mineralización al 96% del carbono Orgánico contenido de la orina sintética, a su vez se liberó amonio, nitratos y Nitrógeno volátil durante el proceso electrolítico de la orina.
39	Randall y Naidoo, (2020)	Sudáfrica	Se analiza formas más óptimas para recolectar los nutrientes en la orina	Oxidación electrolítica	Se recuperó la urea en una forma cristalina estabilizada

40	Delhiraja y Sharon (2021)	India	Evaluar la técnica de los tratamientos Solares en excretas humanas	Secado solar	Se corrobora que los sistemas solares térmicos son una forma eficiente y efectiva para el Tratamiento de excretas humanas como fertilizante natural.
----	------------------------------------	-------	---	--------------	---

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se puede observar las 40 investigaciones como datos de estudio analizados en la revisión sistemática, para el objetivo general, los resultados se alcanzaron en base a información recopilada de 40 artículos que se usaron también como antecedentes, donde se encuentran detallados los diferentes tratamientos en heces y orina humana a su vez los resultados encontrados por diversos autores de cada investigación para la elaboración de fertilizantes naturales.

Tabla 4. Características de los nutrientes presentes en excretas humanas

Referencia	Tipos de excretas humanas	Contenido de Nutrientes
Owamah,et.al., (2014)	Heces	-
Piceno, et.al., (2017)	Heces	Nitrógeno (N) 5% - 7 % peso seco, Fósforo (P) 3% - 5.4 % peso seco, Potasio (K) 1% - 2.5% peso seco
Sharma y Garg (2017)	Heces	-
Dianlei Liu et.al., (2018)	Heces	-
Andreev, et.al., (2017)	Heces	Fósforo(P) 0, 5 mg kg ⁻¹
Soobhany et.al., (2019)	Heces	-
Anderson y Hanjalika, (2017)	Heces	-
Yadav, Vinddn y Ahammed, (2012)	Heces	Nitrógeno (N) 50mg/g, Fósforo(P) 20mg/g, Potasio (K) 30 mg/g,
Rontelta y Boincean, (2016)	Heces	Nitrógeno 11%, Fósforo(P) 38%, Potasio (K) 12%
Harder,et.al., (2020)	Heces	Nitrógeno (N) 5.4 g (34%) , Fósforo(P) 3.0 - 5.4% , Carbono 40-55%, Potasio(K) 1.0-2.5%
Terefe y Okoth, (2020)	Heces	-
Kelova y Krogstad, (2021)	Heces	-
Moya, et.al., (2019)	Heces	-
Preneta et.al., (2013)	Heces	-
Acquah, Essandoh y Kwarteng (2021)	Heces	Carbono Orgánico 48.79%, Nitrógeno 9.92%
Hijikata, Tezuk y Kazama, (2016)	Heces	-
Swati et.al., (2018)	Heces	Nitrógeno (N) 4 g/l, Fósforo(P) 0.8 g/l, Potasio(K) 7g/l
Oluwasola et al., (2017)	Heces	Fósforo(P) 3 - 5.4%, Potasio (K) 1- 2.5%,
Addis y Leta , (2020)	Orina	Nitrógeno (N) 80%, Potasio(K) 73 %, Fósforo(P) 63%

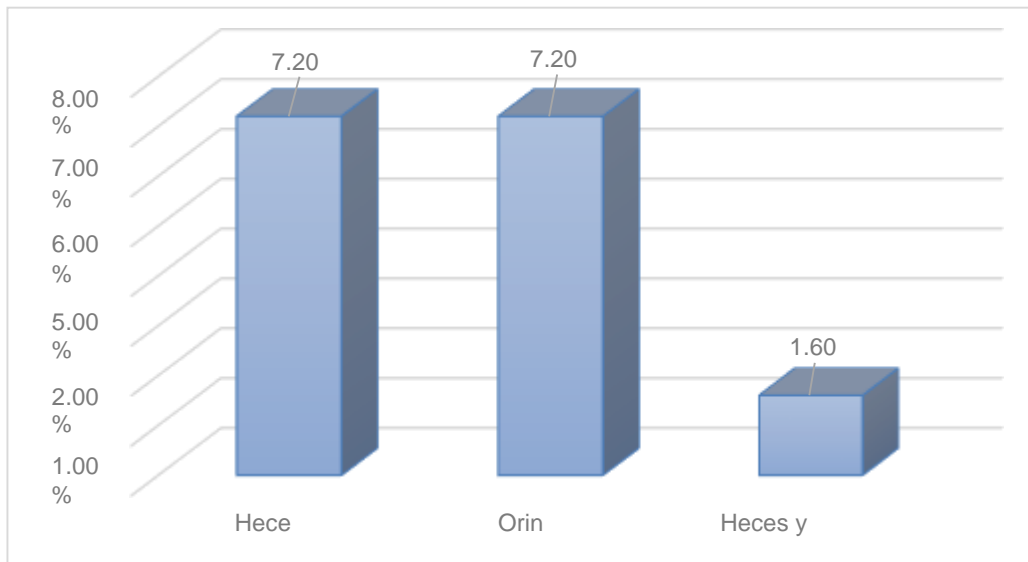
Hashemi y Han, (2016)	Orina	Fósforo(P) total 323 mg/kg, Nitrógeno (N) total 4436 mg/kg
Harder et.al., 2019	Orina	Nitrógeno (N) 18%, Fósforo(P) 3.7%, Potasio (K) 3.7%, Carbono (C) 13%
Krishnamoorth et.al., (2020)	Orina	Nitrógeno (N) 50-70% y Fósforo(P) 90%
Nagy y Pradhan(2019)	Orina	Nitrógeno (N) 80%, Fósforo(P) 50%, Potasio(K) 60%
Idiok, Asukwo y Lkpi (2013)	Orina	Nitrógeno (N) 87%, Fósforo(P) 50%, Potasio (K) 54%
Sangaren y Brou, (2020)	Orina	Nitrógeno (N) 2.8 kg, Fósforo(P) 0.45 kg, Potasio(K) 1.3 kg
Andrev y Ronteltap, (2017)	Orina	-
Viskari y Grobler, (2021)	Orina	Nitrógeno (N) 90%, Fósforo(P) 50-65%, Potasio(K) 50-80%
Tristan y Esculier, (2020)	Orina	-
Bensalah, et.al., (2020)	Orina	-
Simha y Zabaniotou, (2018)	Orina	Nitrógeno (N) 70-90%, Fósforo(P) 45-80%, Potasio(K) 70-95%, urea 60%
Kooij y Vliet, (2020)	Orina	Nitrógeno (N) 70%, Potasio(K) 60%, Fósforo(P) 55 %
Abhijeet y Jyotiprakash , (2021)	Orina	Potasio(K) 1181 mg/L, Magnesio (Mg) 49 mg/L, Sodio(Na) 2300 mg/L, SO_4^{2-} 1008 mg/L
Randall y Naidoo, (2020)	Orina	Nitrógeno (N) 80%, Fósforo(P) 56%, Potasio (K) 63%
Spangberg, Tidaker y Jonsson, (2014)	Orina	Nitrógeno (N) 92%, Potasio(K) 72%, Fósforo(P) 63%
Xu y Lin (2018)	Orina	Nitrógeno (N) 90%, Fósforo(P) 50-80%, Potasio(K) 80-90%
Mangwazar y Odindo(2020)	Orina	-
Delhiraja y Sharon (2021)	Orina y heces	-
Hashemi y Han, (2019)	Orina y heces	Fósforo(P) total 323 mg/kg-suelo, Nitrógeno (N) total 4436 mg/kg-suelo
Afifi, Alnahhal y Abdelall, (2015)	Orina heces	h+o : Nitrógeno (N) 4260 mg/kg , Fósforo(P) 320 mg/kg, concentración
Deshusses et al ., (2020)	Orina heces	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se puede observar el contenido de nutrientes que encontraron los diversos autores tanto para las heces como para la orina humana, obteniendo concentraciones diferentes de los macronutrientes como son nitrógeno, fosforo y potasio.

Harder et al., (2020) sostiene que el contenido de nutrientes encontrados en heces fue de nitrógeno 34% , fosforo 3.0 - 5.4% y potasio 1.0-2.5%, el resto de nutrientes se encuentran en la orina y dependerá la cantidad y contenido de las excretas humanas de la digestibilidad de la dieta en las personas, lo mismo corrobora Addis, Leta , (2020) que considera la orina con mayores proporciones de nutrientes, encontrando en esta : nitrógeno 80%, potasio 73 %, fosforo 63% por su parte Deshusses et al., (2020) confirma que la distribución de nutrientes en las excretas humanas dependerá de la digestibilidad en la dieta de las personas por el metabolismo que tienen los nutrientes.

Figura 14. Tipos de excretas humanas usadas



Fuente: Elaboración propia

Correspondiente a la figura 14 se puede observar el 7.20% de los tratamientos en excretas humanas se usaron solamente heces asimismo se tuvo el mismo porcentaje con los tratamientos que usaron solamente orina, por otra parte, se puede apreciar que solo 1.60% de tratamientos usaron orina y heces simultáneamente.

Tabla 5. OE1: Principales características de los tratamientos en excretas humanas

Tipos	Tratamiento	Aditivo usado	Temperatura	Tiempo	Reducción y/o eliminación de	Calidad Organoléptica:	Eliminación	pH	Referencia
De excretas			a Promedio		Patógenos	olores desagradables	De humedad		
Heces	Almacenamiento	-	30°C	2 años	-	reducción de olores desagradables	-	-	Terefe y Okoth, (2020)
Heces	Almacenamiento	-	-	9 meses	-	reducción de olores desagradables	-	-	Moya, et.al., (2019)
Orina	Almacenamiento	-	-	-	Reducción 80% <i>Lactobacilus, Bacillus, Corynebacterium</i> y otros microorganismos entéricos	reducción de olores desagradables	0%	7	Idiok, Asukwo y Lkpi (2013)
Orina	Almacenamiento	-	T>20°C	8 meses	100% sin <i>E. coli</i>	reducción de olores desagradables	0%	-	Sangaren y Brou,(2020)
Orina	Almacenamiento	-	25°C	1 año	100% sin salmonella y <i>E.coli</i>	reducción de olores desagradables	0%	9	Viskari y Grobler, (2021)
Orina	Almacenamiento	-	25°C	1 año	-	Reducción de olores desagradables	0%	5	Spangberg, Tidaker y Jonsson, (2014)
Heces	Almacenamiento	-	30°C	2 año	-	reducción de olores desagradables	-	-	Terefe y Okoth, (2020)

Heces	Compostaje	Ceniza	T>50°C	1 año	Reduccion:8 a 10 log UFC de <i>E.coli</i>	reducción de olores desagradables	40%	8	Harder,et.al., (2020)
Heces	Compostaje	corteza sanitaria	40-60°C	8 meses	Reducción: 83-94% <i>Prevotella</i> y <i>Erysipelotrichaceae</i> , <i>E.Coli</i> y <i>Shigella</i>	reducción de olores Desagradables	47%	8	Piceno, et.al., (2017)
Heces	Compostaje	Cal, ceniza de cascara de arroz y madera	50°C	1 año	sin 70% <i>E. coli</i>	Reducción de olores desagradables	40%	7	Hijikata, Tezuka y Kazama, (2016)
Heces	Compostaje	corteza de Papel Higiénico	65°C	14 semanas	No se eliminó completamente Huevos de <i>Ascaris</i>	reducción de olores desagradables	-	7.84	Preneta et.al., (2013)
Heces	Vermicompostaje	Eisenia Fetida	30°C	45 días	85% sin patógenos	Reducción de Olores desagradables	25%	8	Sharma y Garg (2017)
Heces	Vermicompostaje	-	18°C	2 meses	100% sin <i>E.coli</i>	Reducción de olores desagradables	20%	-	Soobhany et.al. (2019)
Heces	Vermicompostaje	Eisenia Fetida	20°C	-	Reducción: menor a < 3.6 log UFC/g coliformes totales	reducción de olores desagradables	8 40%	-	Yadav, Vindd y Ahammed, (2012)
Heces	Vermicompostaje	<i>Eisenia fetida</i> y <i>Eudrilus eugeniae</i>	25°C	1 mes	No se eliminó completo. huevos de <i>helminths</i>	Reducción de olores desagradables	35%	7.3	Acquah, Essandoh y Kwarteng (2021)

Heces	Vermicompostaje	<i>E.fetida</i>	20°C	45 días	100% sin <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>E.coli</i> y <i>Flexibacter</i> spp.	-	-	9	Swati et.al., (2018)
Heces	Fermentación	Ácido Láctico	15°C	50 días	Reducción: 1.92 x 10 8 UFC/g <i>E. Coli</i>	reducción de olores desagradables	30%	4.08	Dianlei Liu et.al., (2018)

Heces	Fermentación	Ácido Láctico	10-25°C	87 días	Reducción: 7 log UFC de <i>E. Coli</i> , Enterococcus y huevos de <i>Áscaris</i>	reducción de olores desagradables	-	5	Andreev, et.al., (2017)
Heces	Fermentación	Bacterias lácticas	20°C	61-90 días	100 % sin huevos de <i>Ascaris suum</i>		30%		Anderson y Hanjalika, (2017)
Heces	Fermentación	Chucrut, residuos de frutas, melaza de remolacha	-	-	100% sin <i>E.coli</i>	reducción de olores desagradables	-	-	Ronteltap, et.al., (2017)
Orina	Fermentación	Jugo de chucrut	30°C	36 días	100% sin <i>E.coli</i>	reducción de olores desagradables	-	4.7	Andreev y Ronteltap, (2017)
Orina	Precipitación	MgCl ₂ (Cloruro de Magnesio)	50°C-80°C	-	No se encontraron patógenos	reducción de olores desagradables	89%	9	Addis y Leta , (2020)
Orina	Precipitación	MgCl ₂ (Cloruro de Magnesio)	50°C	25 días	no se encontraron patógenas	-	-	9	Krishnamoorth et. al., (2020)
Orina	Precipitación	-	30°C	-	-	reducción de olores desagradables	90%	8.5	Nagy y Pradhan(2019)
Orina	Precipitación	-	25°C-40°C	3 meses	no se encontraron patógenos	-	99%	10	Kooij y Vliet, (2020)
Orina	Precipitación	-	-	79 días	-	reducción de olores desagradables	100%	9	Ray y Paramasiva, (2021)
Orina	Precipitación	Biocarbon	50°C	-	-	-	-	10	Xu y Lin (2018)

Heces	Digestión anaeróbica	Residuos de carbohidratos	22°C -31°C	60 días	Reducción de coliformes	Reducción de olores desagradables	-	7.2	Owamah,et.al., (2014)
Orina	Digestión anaeróbica	Cascara de coco	25°C	-	-	Reducción de olores desagradables	-	-	Simha y Zabaniotou, (2018)
Orina	Digestión anaeróbica	-	15°C-40°C	3 meses	70% sin patógenos	-	-	7.27	Mangwazar y Odindo (2020)
Orina y heces	Digestión anaeróbica	Caña de azúcar	25°C	4 meses	99.67% sin coliformes fecales (FC)	-	30%	-	Afifi, Alnahhal y Abdelall, (2015)
Orina y heces	Digestión anaeróbica	Sustrato alcalino: cascara de arroz y coco, astillas de bambú, semillas de girasol y zeolita	40°C	25 días	70% <i>sin E.coli</i>	reducción de olores desagradables	-	-	Deshusses et al.,(2020)
Heces	Nitrificación	Nitrobacter Winogradsky	-	-	No se encontraron patógenas	Reducción de olores desagradables	-	-	Hashemi y Han, (2016)
Orina	Nitrificación	Bacterias nitrificantes	20°C -30°C	-	No se encontraron patógenas	Reducción de olores desagradables	-	8	Harder et.al., 2019

Orina	Nitrificación	Microrganismos nitrificantes (Nitrosomonas europaea)	25°C	1 mes	100% sin <i>E.coli</i>	Reducción de olores desagradables	-		Hashemi y Han, (2019)
Orina	oxidación electrolítica	-	25°C	15 días	no se encontraron patógenos	-	-	8 a 9	Bensalah, et.al., (2020)
Orina	Oxidación electrolítica	Ceniza de madera	50	-	-	Reducción de olores desagradables	-	9	Randall y Naidoo, (2020)
Heces	Calentamiento	-	70°C-100°C	1 hora y 3 minutos	no se encontraron patógenos	Reducción de olores desagradables	90%	-	Oluwasola et al., (2017)
Orina	Deshidratación	ceniza de madera/biocabon(sauce)			100% sin <i>E.coli</i>	reducción de olores desagradables	100%	10.5	Esculier y Levavasseur, (2020)
Orina y heces	Secado Solar	-	60°C	1 semana	98.9% sin (<i>Streptococci sp.</i>) (<i>E. Coli</i>)	reducción de olores desagradables	95.805	7.15	Delhiraja y Sharon (2021)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se puede evidenciar los tratamientos en excretas humanas con metodologías heterogéneas a su vez se muestra los respectivos aditivos usados, la temperatura y el tiempo necesario para la reducción y/o eliminación de patógenos, olor desagradable, eliminación de humedad como requisitos importantes para la calidad del material producido a partir de residuos orgánicos, por último el pH correspondiente al producto final de cada tratamiento en heces, orina o ambas.

Para Sangaren y Brou, (2020) el almacenamiento de orina se da en estado seco al ambiente o a temperatura mayor de exposición con lo cual se retienen con tecnología de contención (impermeable) y posteriormente vertido como fertilizante natural de una manera que no exponga en peligro a la salud de las personas, este tipo de tratamiento aumento el pH debido a la hidrolisis de la orina, con lo cual redujo 100% el *E. Coli* en la orina por aumento de temperatura mayor a los 20° en un tiempo de 8 meses sin ningún tratamiento adicional ni aditivo usado de igual manera Viskari, Grobler, (2021) corrobora en un lapso de 1 año a 25°C la eliminación de *Salmonella* y *E.Coli*, para Terefe y Okoth(2020) y el almacenamiento de heces también es una forma económica y sencilla de tratar este tipo de excreta con una temperatura ambiente de 30°C en un periodo de 2 años reduciendo en un 80% el *E.Coli*. Moya et al., (2019) al igual que los anteriores autores señalan que la reducción de olores en el almacenamiento solo se redujo en un 60% para orina y 40-50% para heces humanas.

Piceno et al., (2017) señala el compostaje termofílico como proceso aeróbico que está condicionado por el calor que proporciona la materia orgánica estando en descomposición, usaron aditivos altos en carbono como cenizas, paja u otros y la aireación en los volteos semanales de la pila fecal logro alcanzar una temperatura de 40°C a 60°C en un periodo de 8 meses redujo el 83-94% *Prevotella*, *Erysipelotrichaceae*, *E. Coli* y *Shigella* logrando la pasteurización de los patógenos peligrosos que aparecieron en zonas de anaerobiosis; en su tratamiento de compostaje el pH disminuyó debido a la formación de ácidos orgánicos, en el transcurso del proceso los ácidos se consumieron y produjo amonio estabilizando el sustrato final a un pH de 8, no obstante el autor Oluwasola et al., (2017) señaló el proceso de compostaje como un riesgo para la salud de los que manipulan las composteras, por la exposición directa a la materia fecal y encontrando residuos patógenos en el producto final de este tipo de tratamiento.

Al igual sostuvo Harder et al., (2020) que corrobora la eliminación de patógenos excepto esporas de bacterias dado con temperaturas mayores a 50°C en un tiempo mayor a 1 año, la humedad del sustrato fue 40 a 60% y su importancia radica en ser un medio para el transporte de nutrientes necesarios para la actividad metabólica y fisiológica de los microorganismos que habitan dentro del suelo; el

nivel de olores para los dos autores fueron una reducción de un 70%, correspondiente a la Eliminación de olores desagradables presentes en el compost con lo que pudiese ser usado como fertilizante para la producción de cultivos.

Asimismo Soobhany et al., (2019) evaluaron el vermicompostaje para corroborar la descomposición biológica de la materia orgánica en condiciones aerobias y mesófilas (hasta 35°C) mediante acción de lombrices de tierra capaces de alimentarse de residuos que aceleran la degradación microbiana, lo mismo señala Acquah, Essandoh y Kwarteng (2021) que hizo uso de *Eisenia fetida* (lombriz roja) y *Eudrilus eugeniae* (lombriz africana) para el proceso de degradación, aprovecho la capacidad descomponedora de las lombrices que se alimentaron de los residuos orgánicos descomponiéndolos mediante acción de sus enzimas digestivas y de su micro flora aeróbica y anaeróbica presentes en su intestino, las cantidades de residuos ingeridos por las lombrices dependió del tipo de lombrices empleadas.

Igualmente en la investigación de Swati et al., (2018) evaluó el destino de patógenos en el vermicompostaje de las excretas humanas, la eficiencia y eficacia para reducir patógenos; si bien con este tratamiento no alcanzo una temperatura elevada a diferencia del compostaje, el procesamiento que tuvo de la materia orgánica por medio de las lombrices en su tracto digestivo en un lapso de 45 días, eliminó 100% la presencia de patógenos como fueron *Salmonella*, *Shigella*, *E.coli* y *Flexibacter spp*, correspondiente a la calidad organoléptica ; Sharma y Garg (2017) estudio el vermicompostaje de las excretas humanas para convertirlas en abono empleando *Eisenia Fetida*, encontrando mayor reducción de olores y eliminación de humedad a un 25% que permitió las lombrices terminen sus procesos y los microorganismos puedan permanecer vivos, el pH que encontró fue de 8 y dependió de los materiales de orgánica (heces) y tiempo de precompostado, este último autor sostuvo que materiales más ácidos requerían más tiempo para neutralizar el pH de las heces .

Dianlei Liu et.al., (2018) quienes investigaron la viabilidad de usar heces humanas fermentados aeróbicamente como sustratos para la cosecha del trigo y analizaron la proporción eficiente para su crecimiento; encontraron que las bacterias del ácido láctico (LAB) poseen capacidad de convertir carbohidratos en ácido láctico y la acción antimicrobiana del metabolito ácido láctico se apoya en su capacidad para penetrar la membrana citoplasmática de los patógenos, lo que resulta en un pH

reducido 4.08, para Ronteltap, et.al., (2017) los aditivos que empleó como LAB fueron extraídos del jugo de chucrut (fermentado de col) corroborando un pH 4 y con ello su potencial higienizante en la orina dado por la capacidad amortiguadora de la orina que fue un buen medio de crecimiento para bacterias del ácido láctico del chucrut que contienen aminoácidos, sodio, magnesio entre otros aminoácidos y minerales que son fundamentales para el crecimiento del para limitar el crecimiento de patógenos a 5 log UFC/g *E.Coli*, *Enterococcus faecalis* y *Clostridium perfringens*.

Esto se corrobora por investigaciones de Andreev, et.al., (2017) evaluaron la eficiencia de la fermentación anaeróbica seguido de compostaje, vermicompostaje y compostaje termofílico para el mejoramiento de su valor como fertilizante natural usando ácido láctico y logrando la reducción a 7 log UFC de *E.Coli*, *Enterococcus* y huevos de *Ascaris* a su vez contribuyo este tratamiento a la reducción completa de olores desagradables que conlleva la manipulación de heces por otro lado Anderson y Hanjalika, (2017) investigaron la fermentación con ácido láctico para aplicaciones en excretas humanas en la agricultura y sostuvo que con la reducción de un pH 4.7 se redujo las emisiones de amoniaco y el olor desagradable de las proteínas como son compuestos S (H_2S), N (NH_3 , indol y escatole) y compuestos C(ácidos grasos); estos ácidos grasos volátiles responsables del olor en las heces se inhiben en un periodo de 61 a 90 días promoviendo también destrucción completa de los huevos de *Ascaris suum*.

Krishnamoorth et.al., (2020) analizo los efectos de la precipitación de estruvita ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) dados con la recuperación de magnesio, amonio y fosfato teniendo en su producto final un pH de 9 con lo cual estuvo dentro del rango de 8 a 11, mientras el pH bajó disminuye el crecimiento del cristal y la calidad de cristales precipitados, obteniendo polvo, cristales o gránulos más grandes, los aditivos usados fueron alcalinos como el cloruro de Magnesio usado por Ray y Paramasiva, (2021) lo mismo señala Addis y Leta, (2020) y Xu Lin et.al., (2018) que tuvieron un pH de 9 y 10 y señalan que la precipitación de estruvita no solo depende de este parámetro sino de la temperatura alta $50^{\circ}C-80^{\circ}C$, esto influencio la solubilidad del mismo y los olores desagradables fueron eliminados totalmente a su vez recupero simultáneamente nitrógeno y fosforo con lo cual Nagy y

Pradhan(2019) también sostuvo que no detectaron metales pesados en los precipitados de estruvita, correspondiente a los patógenos presentes estos se eliminaron en un almacenamiento previo y Kooij y Vliet, (2020) sostuvo que no representan amenaza para usar este producto en los suelos.

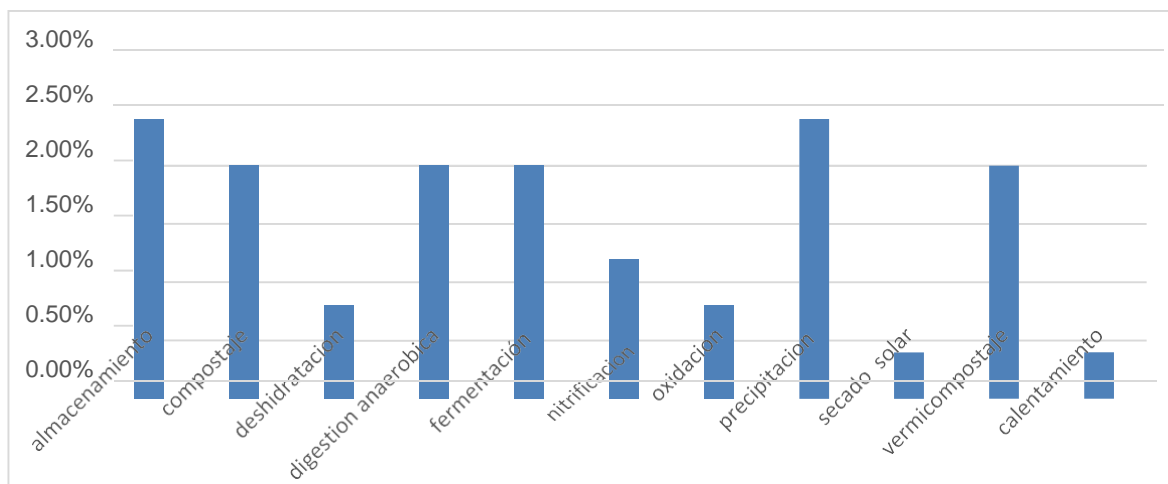
Hashemi y Han, (2019) analizó la aplicación de semillas nitrificantes para el tratamiento de la orina como fertilizante natural, teniendo como primer tratamiento el almacenamiento, posterior la estabilización de la orina con ello previno la volatilización del amoníaco y pérdidas de nitrógeno, el aditivo de las semillas biológicas de *Nitrosomonas europaea* tuvo como resultado la eliminación total de *E. Coli* en temperaturas de 20°C en lapso de 1 mes; Harder et.al., (2019) corroboró el uso de las bacterias nitrificantes para la reducción de patógenos presentes en la orina dado por la contaminación cruzada fecal en las deposiciones de excretas humanas. Por otro lado, la digestión anaeróbica también es otro tratamiento de descomposición biológica que permite la recuperación de energía como el biogás y los nutrientes del digestato.

Deshusses et.al., (2020) analizó el potencial de nutrientes y eliminación orgánica de las excretas en un digestor anaeróbico para su posterior uso como fertilizante usando como aditivo alcalino cáscara de arroz y coco, astillas de bambú, semillas de girasol y zeolita; residuo agrícolas que son de uso práctica para los procesos de filtración biológica de nitrógeno y fósforo, lo mismo señala Simha y Zabaniotou, (2018) que usó la cáscara de coco como aditivo, el digestor operó en temperaturas de 40°C en un periodo de 25 días encontrando la reducción de patógenos fue solo un 70% sin *E.Coli*, y olores hasta en un 60%, el pH resultante es de 7.27 como lo señala Mangwazar y Odindo, (2020).

La oxidación electrolítica es un método para tratar la orina así lo señala Bensalah et.al., (2020) que recuperó los nutrientes existentes del mismo, esto dado por una celda electroquímica de un solo compartimiento de manera galvanostático, la temperatura y el tiempo fue de 25°C y 15 días a diferencia de Randall y Naidoo, (2020) que sostiene la eliminación de la materia orgánica total a temperaturas más altas 50°C particularmente en las etapas finales de este tratamiento con ello la desactivación de patógenos presentes en las excretas líquidas.

Oluwasola et.al., (2017) investigo la caracterización de las excretas humanas como recurso beneficioso en la materia orgánica y analizo la irradiación no ionizante que proporciona las microondas, corroborando el contenido de humedad de las heces beneficioso para este tipo de tratamiento a su vez pudo erradicar los malos olores contenidos en estos mismos por la hidrolisis térmica, convirtiendo estos compuestos macromoleculares en monómeros de cadenas cortas, los lípidos en ácidos grasos como oleico y ácido palmítico ,atrapados en fase acuosa de este proceso sin embargo Afolabi et.al., (2017) sostuvo que las altas temperaturas pueden afectar el olor y el color de las excretas tratadas produciendo “caramelización” asociado a color marrón oscuro y olor característico a café y almendras, con ello elimino los olores desagradables en este tipo de excretas, correspondiente Tristán y Esculier, (2020) sostuvo que la deshidratación de la orina es un proceso que produce una suspensión en polvo no homogéneo que contiene nutrientes con un amplia gama de minerales y debido a sus altas temperaturas 45°C-50°C promueve la inactivación de patógenos teniendo como producto final un pH de 7 que jugaría un papel fundamental en la inactivación de los mismos.

Figura 15. Diferentes tipos de tratamientos en excretas humanas

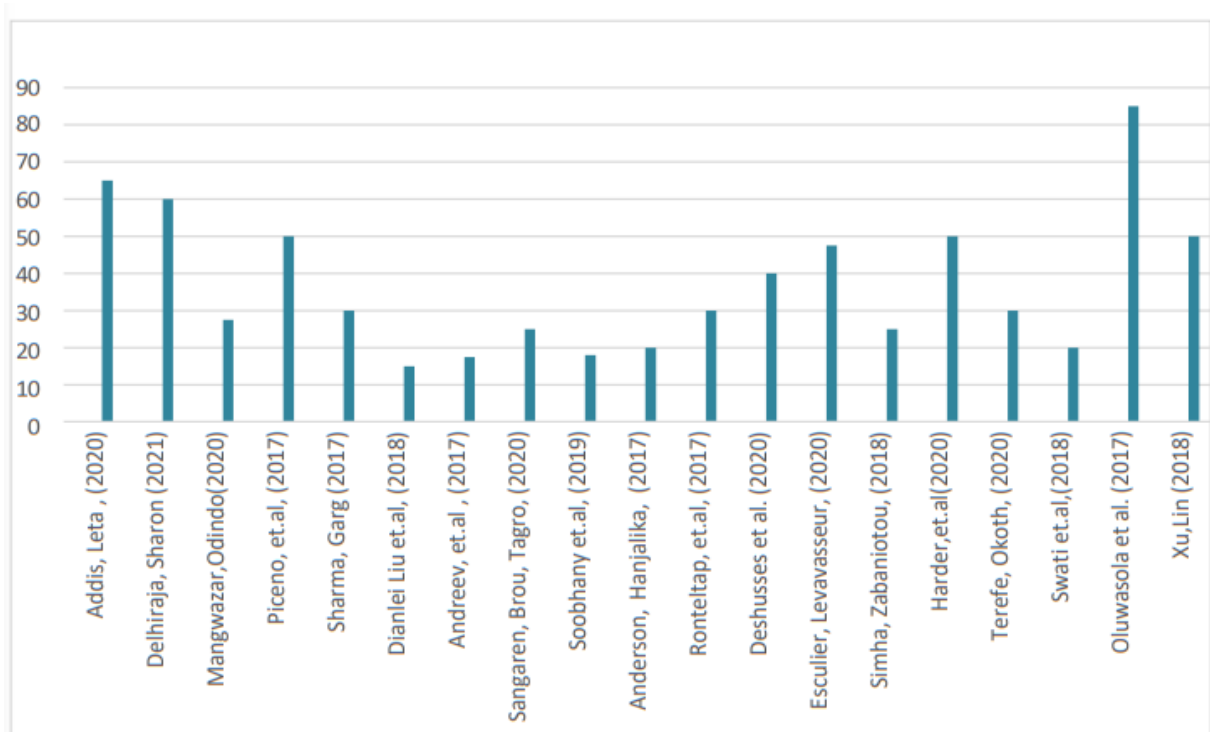


Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se puede observar los diferentes tipos de tratamientos en excretas humanas, teniendo al almacenamiento y la precipitación con 2.40% como el tratamiento más utilizado en heces y orina posteriormente el compostaje, digestión anaeróbica, fermentación y vermicompostaje con el 2% de tratamiento usado,

nitrificación 1.20%, oxidación y deshidratación con 0.80% y el tratamiento menos utilizado el secado solar y el calentamiento con el 0.40%

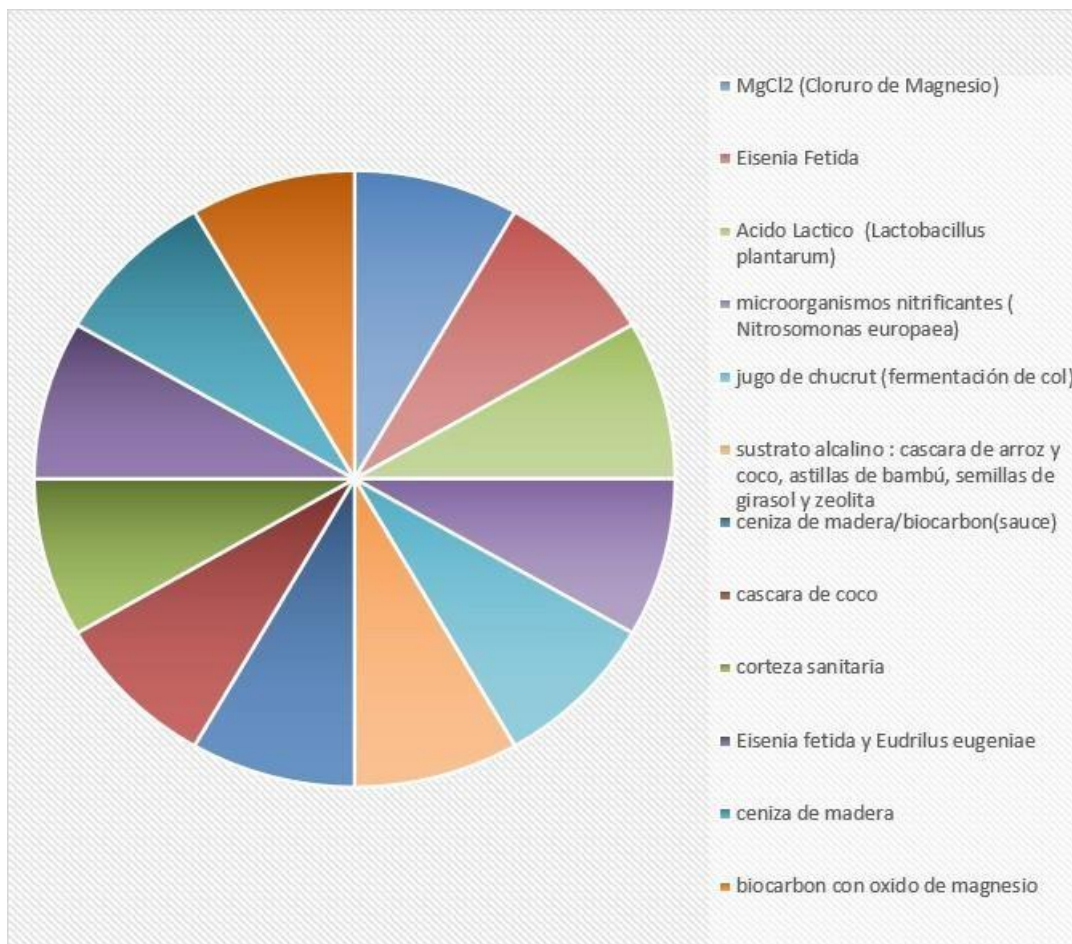
Figura 16. Temperatura Promedio en tratamientos en excretas humanas



Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se observa el rango de temperaturas de acuerdo a los distintos tratamientos, la reducción y/o eliminación de patógenos estuvo condicionada en su mayoría a la temperatura elevada lo cual llevo a una temperatura Promedio desde los 15°C hasta los 85°C.

Figura 17. Tipos de aditivos usados



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura 17 los diferentes tipos de aditivos usados como son algunos con pH alcalino entre ellos: diferentes tipos de cenizas, cascara de alimentos, corteza sanitaria del papel higiénico, lombriz roja y lombriz africana, otros con pH ácido como son microorganismos nitrificantes, el ácido láctico, el chucrut, también el cloruro de magnesio y biocarbon con oxido de magnesio usado para la precipitación de estruvita por otra parte también hubo otros tratamientos que no necesitaron uso de aditivos como fue el caso del almacenamiento, además algunos autores realizan la combinación de dos o más aditivos como ejemplo el caso del vermicompostaje usando dos tipos lombrices y otros autores usando diversos tipos de residuos.

Tabla 6. OE2: Principales características de fertilizantes naturales derivados de excretas humanas

Consistencia del Fertilizante natural	Contenido de nutrientes	Liberación de nutrientes	Referencia
Sólido	Fósforo (P)100% , Potasio(K) 25% y Magnesio(Mg)6,7%	Lento	Addis y Leta , (2020)
Sólido	Nitrógeno (N) 28.9 g/kg , Fósforo (P) 10.8 g/kg, Potasio (K) 10.17 g/kg	Lento	Delhiraja y Sharon (2021)
Sólido	Nitrógeno (N) 1.27 a 3.79 g/L, Fósforo (P)0.09 a 0.78 g/L y Potasio (K) 0.43 a 0.74 g/L	Rápido	Harder et.al., 2019
Sólido	Nitrógeno (N) 61.02 mg L ⁻¹ , Fósforo (P) 5.07 mg L ⁻¹ , Potasio(K) 15.73 mgL ⁻¹ , Calcio (Ca) 28.90 mg L ⁻¹ , Magnesio (Mg) 14.90 mg L ⁻¹ , Zinc (Zn) 0.01 mg L ⁻¹ , Hierro (Fe) 0.095 mg L ⁻¹	Lento	Mangwazar y Odindo(2020)
Sólido	41 mg. L ⁻¹ Estruvita (fosfato de amonio y magnesio)	Lento	Krishnamoorthet.al.,(2020)
Sólido	Nitrógeno (N) 0.3 -15%, Fósforo (P) 0.20- 10%, Potasio(K) 0.40-10%	Lento	Piceno, et.al., (2017)
Sólido	Fósforo (K): 90%	Lento	Nagy y Pradhan (2019)
Sólido	Nitrógeno (N) 69%	Lento	Deshusses et al. (2020)
Sólido	Nitrógeno (N) 70%, Fósforo (P) 93%	Lento	Tristán, y Esculier, (2020)

Sólido	Fósforo (P) 2.5g.kg-1, , Potasio (K) 35.8 g.kg-1 y Magnesio (Mg) 8.8 g.kg-1, Nitrógeno (N) 19 g.kg-1	-	Harder,et.al., (2020)
Sólido	Fósforo (P) 84-100%	-	Kooij, Vli et,al., (2020)
Sólido	Nitrógeno (N) 3.6%, Calcio (Ca) 20%,Magnesio (Mg) 4.5%, Fósforo (P) 13%	-	Ray y Paramasiva, (2021)
Sólido	Nitrógeno (N) 18.3 mg/g, Fósforo (P) 10.5 mg/g, Potasio(K) 9.2 mg/g, Calcio (Ca) 17.5 mg/g, Magnesio (Mg) 4.8 mg/g, Azufre (S) 3 mg/g, Hierro(Fe) 0.78 mg/g, Manganesio (Mn) 0.53 mg/g	-	Kelova y Krogstad, (2021)
Sólido	Nitrógeno (N) 1-5-2 Fósforo (P) 2.5%, Potasio (K) 1-1.5%	Lento	Preneta et. al., (2013)
Sólido	Nitrógeno (N) 12%, Potasio (K) 5%, Fósforo (P) 34%		Acquah, Essandoh y Kwarteng (2021)
Sólido	-		Hijikata, Tezuka y Kazama, (2016)
Sólido	Nitrógeno (N) 2-4%, Potasio (K) 1.95- 2.26%, Fósforo (P) 1.56-2.27%		Swati et.al., (2018)
Sólido	-	Lento	Oluwasola et al., (2017)
Sólido	Recuperación de amonio 212 mg N/L	Lento	Xu,Lin (2018)
Sólido	-	Lento	Soobhany et.al., (2019)

Semisólido	Carbono (C)37.91%, Nitrógeno (N) 2.49%, Fósforo (P) 3.49%	Rápido	Owamah,et.al., (2014)
Semisólido	Nitrógeno (N) 10.05 mg/g, Potasio (K) 8.35 mg/g	Lento	Sharma y Garg (2017)
Semisólido	Nitrógeno (N) 3800 mg/kg, Fósforo (P) 268 mg/kg	Rápido	Hashemi y Han, (2016)
Semisólido	-	Rápido	Hashemi y Han, (2019)
Semisólido	-	Rápido	Anderson y Hanjalika, (2017)
Semisólido	Nitrógeno (N) 28 mg/g, Fósforo (P) 23.5 mg/g, Potasio (K) 65 mg/g, , Calcio (Ca) 62.5 mg/g, Magnesio (Mg) 19.5 mg/g, Sodio (Na) 19.5 mg/g, Hierro (Fe)8 mg/g, Manganesio (Mn) 0.54 mg/g	-	Yadav, Vindd y Ahammed, (2012)
Semisólido	-	-	Rontelta y Boincean, , (2016)
Semisólido	-	Lento	Terefe y Okoth, (2020)
Semisólido	-	Lento	Moya, et.al., (2019)
Líquido	-	Rápido	Idiok, Asukwo y Lkpi (2013)
Líquido	Potasio (K) 39015 mg/kg , Sodio (Na) 2118 mg/kg	-	Dianlei Liu et.al., (2018)
Líquido	Nitrógeno (N), Potasio(K) 4.4 mg kg ⁻¹ , Azufre (S) concentración 1/10 comparable a orina	-	Andreev, et.al., (2017)
Líquido	-	Rápido	Sangaren y Brou, (2020)
Líquido	Nitrógeno (N) 1.2 a 1.3 g.L ⁻¹	Rápido	Andrev y Ronteltap, (2017)

Líquido	Potasio (K) 486 mg.L-1, Nitrógeno (N) 2.8 g.L-1, mg.L-1	Fósforo (P) 161	Rápido	Viskari y Grobler, (2021)
Líquido	Nitrógeno (N) 70 mg .L-1, Fósforo (P) 230 mg. L-1		Rápido	Bensalah, et.al., (2020)
Líquido	Recuperación de urea al 78%		Rápido	Randall y Naidoo, (2020)
Líquido	-		Rápido	Spangberg, Tidaker y Jonsson, (2014)
-	Nitrógeno (N) 98.10%, Fósforo (P) 99.31%		Lento	Afifi, Alnahhal y Abdelall, (2015)
-	Urea 80%		Lento	Simha y Zabaniotou, (2018)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se presenta la consistencia de los productos encontrados siendo sólido, líquido o semisólidos, también la composición nutricional de los mismos provienen del post tratamiento en excretas humanas, estos productos varían en su composición por ejemplo los precipitados minerales como la urea proviene del reactor de sedimentación, dando como producto la precipitación de estruvita, fertilizante de consistencia sólida (forma cristales) con alto contenido de fósforo 84- 100%, Piceno, et.al., (2017) obtuvo el producto final de consistencia sólida proveniente del compostaje con porcentaje de nitrógeno 0.3 -15%, fósforo 0.20-10%, potasio 0.40-10%.

Esculier y Levavasseur, (2020) sostuvo que los tratamientos en orina para estabilizar nitrógeno, reducir los volúmenes, tratar contaminantes y extraer nutrientes tienen diferentes características en su composición final; teniendo como producto un fertilizante natural con nitrógeno 70% y fósforo 93% lo mismo corrobora Simha y Zabaniotou, (2018) afirmando este concepto con los altos niveles que encontró de urea al 80%, con ello el nitrógeno en la orina estaría en altas cantidades dentro de soluciones de macronutrientes y multinutrientes y afirmando que los procesos en la orina sostienen los fertilizantes de liberación lenta.

Viskari y Grobler, (2021) sostuvo que la liberación lenta se da mayormente en fertilizante de orina humana que proporcionan un suministro constante de nutrientes a las plantas durante periodos prolongados de tiempo, conteniendo nitrógeno como nutriente principal de forma eficiente y controlada, por otra parte Oluwasola et al., (2017) con la producción de concentración de licor de amoníaco provista por calentamiento de heces, es un fertilizante líquido de liberación rápida que produce disponibilidad de nutrientes de forma inmediata y a su vez el agotamiento del mismo por cuanto necesitaría las plantas más aplicaciones del mismo.

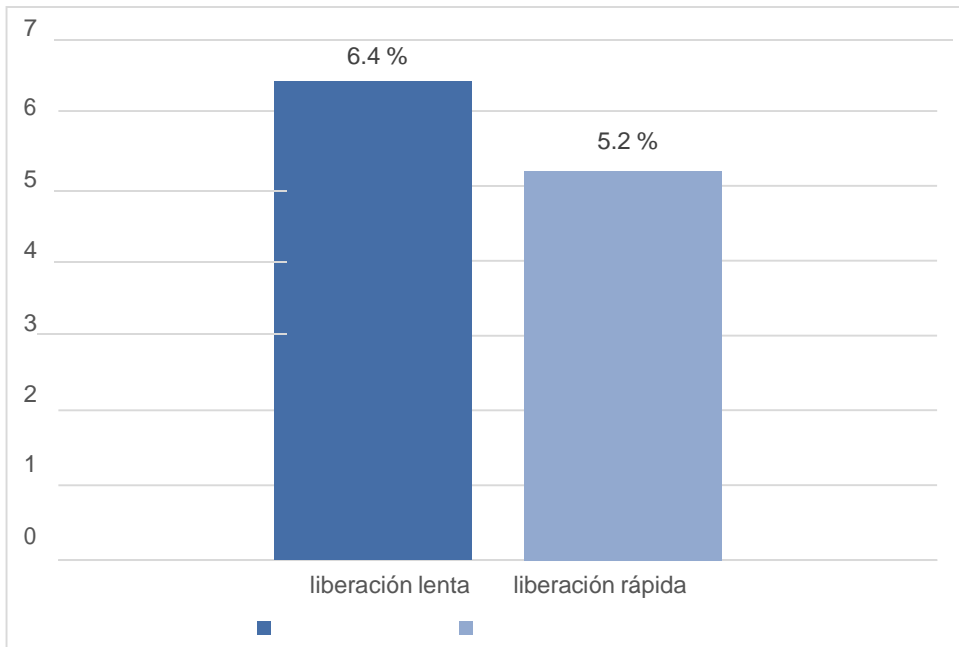


Figura 18. Liberación de nutrientes

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 se presenta el porcentaje de la liberación de nutrientes por parte de los fertilizantes naturales derivados de tratamientos en excretas humanas, teniendo un porcentaje alto de 6.4% de fertilizantes orgánicos de liberación lenta y un 5.2% de liberación rápida.

Tabla 7. OE3: Uso de fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humana

Referencia	Vegetales Y Cereales	Aplicación	Limitaciones
Addis y Leta, (2020)	Repollo (<i>Brassica oleracea</i>)	Fertilizante, Producción de Fertilizante	-
Delhiraja y Sharon (2021)	-	Fertilizante, Producción de Fertilizante	Malos olores mientras secan las heces. Se necesita instalación de paneles Solares y disponibilidad de condiciones climáticas
Harder et.al., 2019	-	Fertilizante	Existen factores críticos que limitan el uso de productos fertilizantes esto incluye la legislación, aceptación de la sociedad, costos y madurez tecnológica
Owamah,et.al., (2014)	-	Fertilizante, Producción de Fertilizante	No es un tratamiento tan eficaz contra la eliminación de patógenos en los Biofertilizantes a base de excretas humanas con lo que conlleva a ser riesgo potencial en la salud humana
Mangwazar y Odindo (2020)	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	Fertilizante	-
Krishnamoorthet.al., (2020)	-	Fertilizante, Producción de Fertilizante	Se obstruye en un momento el Tratamiento por presencia de iones coexistentes en la orina (antes del tratamiento)

Piceno, et.al., (2017)	-	Fertilizante	Se observó limitaciones relacionada con el uso de bacterias indicadoras fecales basados en cultivos para evaluar el estado higiénico del producto final del compostaje
Nagy y Pradhan(2019)	Repollo (<i>Brassica oleracea</i>) y Acelga (<i>Beta vulgaris var. Cicla</i>)	Fertilizante, Producción de fertilizante	-
Idiok, Asukwo y Lkpi (2013)	Okra (<i>Abelmoschus esculentusa</i>)	Fertilizante, Producción de fertilizante	-
Sharma y Garg (2017)	-	Fertilizante	-
Dianlei Liu et.al., (2018)	Trigo (<i>Triticum</i>)	Fertilizante, producción de fertilizante	-
Andreev, et.al., (2017)	Trigo (<i>Triticum</i>)	-	Se necesita adición de biocarbon, vermicompostaje o compostaje termofílico para la baja concentración de ácidos orgánicos, higienización óptima, y la descomposición completa de las excretas humanas
Sangaren y Brou, (2020)	-	Fertilizante, producción de fertilizante	-
Hashemi y Han, (2016)	-	Fertilizante, producción de fertilizante	-
Soobhany et.al., (2019)	-	Fertilizante	Se necesita mayores estudios para descubrir el método más óptimo para la conservación del nitrógeno para que se logre un compost con más contenido del mismo

Hashemi y Han, (2019)	Rabano Blanco (<i>Raphanus sativus var. Longipinnatus</i>)	Fertilizante, producción de fertilizante	Se requiere más estudios para ver un mejor manejo y almacenamiento de los productos que derivan de este tipo de tratamiento para que logre un alta aceptabilidad social
Anderson y Hanjalika, (2017)	Rabano Blanco (<i>Raphanus sativus var. Longipinnatus</i>) y Tomate (<i>Lycopersicum esculen-tum</i>)	-	-
Andrev y Ronteltap, (2017)	-	Fertilizante, producción de fertilizante	La adición del inoculo bacteriano del ácido láctico debe ser añadida al tanto de almacenamiento para ser factible la eficiencia son limita el rendimiento y la eficacia del tratamiento
Yadav, Vindd y Ahammed, (2012)	Okra (<i>Abelmoschus esculentus</i>)	Fertilizante	-
Viskari y Grobler, (2021)	Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	-	Se necesita mayores legislaciones en países europeos para que se acepte la orina como Fertilizante, existe en la Actualidad limitaciones institucionales.
Deshusses et al., (2020)	Repollo (<i>Brassica oleracea</i>)	-	-
Rontelta y Boincean, , (2016)	Maíz (<i>Zea mays L.</i>)	Fertilizante	-
Afifi, Alnahhal y Abdelall, (2015)	-	fertilizante	En las primeras etapas del tratamiento se percibe el mal olor del bio-solido
Tristan y Esculier, (2020)	-	Fertilizante	Se necesita una gran de resina para la Alcalinización de la orina humana. Los consumos de químicos y energía Para los tratamientos varían mucho.

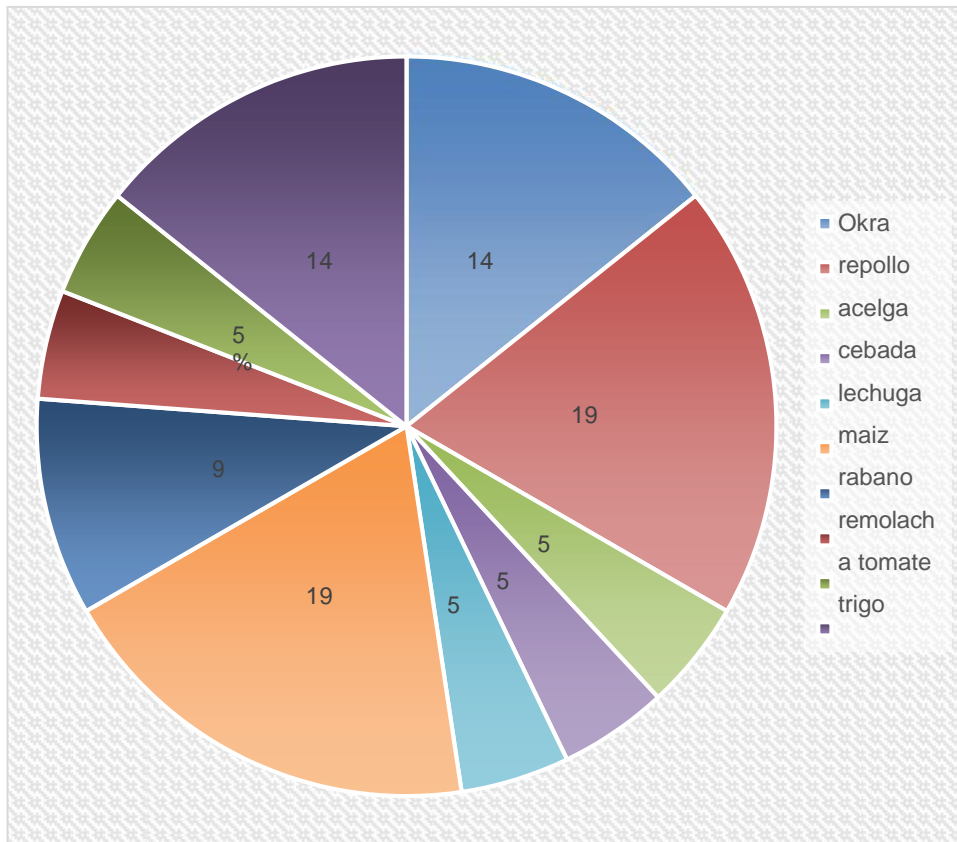
Bensalah, et.al., (2020)	maíz (<i>Zea mays L.</i>)	Fertilizante	En el tratamiento se pueden encontrar especies oxiclorigina, como cloraminas siendo subproducto peligroso de cloro Puede necesitar mayor cantidad de cascara de coco para la alcalinidad del Reactor anaeróbico. Podría necesitar tratamientos posteriores para alcanzar la normatividad de abono orgánico
Simha y Zabaniotou, (2018)	-	Producción de Fertilizante	Se necesita tratamiento posterior para eliminar el contenido de patógenos u otros contaminantes existentes
Harder,et.al., (2020)	Trigo (<i>Triticum</i>)	-	Se debe abaratar costos internos en la producción de estruvita pues el precio de fosfato de roca es inferior comparado con el anterior
Kooij y Vliet, (2020)	-	Fertilizante	Se necesita posteriores tratamientos con respecto a los patógenos y la inhibición de olores del producto final
Terefe y Okoth, (2020)	-	Fertilizante	La eficiencia energética fue muy alta debido a que se trató con orina sin diluir, pero se pueden hacer mejoras con respecto a la energía para reducir el uso de electricidad.
Abhijeet y Jyotiprakash , (2021)	-	-	Las diferentes metodologías usadas en excretas humanas como fertilizante natural conllevan a la emisión de gases de efecto invernadero, usos de energía con lo cual se necesita evaluar el impacto ambiental
Kelova y Krogstad, (2021)	Maíz (<i>Zea mays L.</i>)	Fertilizante	
Moya, et.al., (2019)	-	-	-

Preneta et.al., (2013)	-	Fertilizante	-
Acquah, Essandohy Kwarteng (2021)	-	Fertilizante	-
Hijkata, Tezuka y Kazama, (2016)	Repollo (<i>Brassica oleracea</i>)	fertilizante	La temperatura y el contenido de agua constituye un problema en la eficacia de la desinfección alcalina, se necesita evaluar la eficacia en distintas condiciones ambientales para poder garantizar el uso del compost
Swati et.al., (2018)	Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	-	Se necesita grandes instalaciones para Compostar las excretas humanas a su vez produce olores fétidos y atrae insectos
Randall y Naidoo, (2020)	Lechuga Waldmann green (<i>Lactuca sativa L.</i>)	Fertilizante, Producción de fertilizante	Demasiada energía para este tipo de tratamientos, por las temperaturas que se deben mantener.
Oluwasola et al., (2017)	-	Fertilizante	Podría contener residuos sintéticos y Químicos tales como hormonas, antibióticos o aditivos alimentarios, teniendo riesgos ambientales por su poca biodegradabilidad. Se necesita procesos adicionales para la extracción de metales pesados y la recuperación de los mismos. Los niveles altos de amoniaco en la recuperación con estostratamientos pueden requerir evaluación adicional ya que perjudican a los ríos y cursos de agua

Spangberg, Tidaker y Jonsson, (2014)	-	Fertilizante, Producción de fertilizante	Se debe hacer otra unidad de tratamiento para eliminar completamente el fosfato de la orina y así recuperar un porcentaje óptimo de amonio y fosfato como fertilizante a base de biocarbon
Xu y Lin (2018)	Maíz (<i>Zea mays L.</i>)	Fertilizante	-

Fuente: Elaboración Propia

Figura 19. Vegetales y cereales cultivados a través de fertilizantes naturales



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 7 y figura 19 se observa alimentos para consumo humano cultivados con fertilizantes naturales provenientes de tratamientos en excretas humanas; teniendo el repollo y el maíz con el 19% de los vegetales más cultivados, 14% el trigo y la Okra (hortaliza de origen africano), 9% el rábano y por último 5% de alimentos cultivados como son acelga, cebada, lechuga, remolacha (betarraga) y tomate, por otra parte se detalla en la tabla 7, las limitaciones que tienen los fertilizantes naturales como sostiene Delhiraja y Sharon, (2021) con el tratamiento de secado solar en el cual considera los malos olores como una limitación para la manipulación de heces humanas a su vez los costos en la instalación de paneles solares y disponibilidad de las condiciones climáticas para la efectividad de su tratamiento propuesto, Andreev, et.al., (2017) considera que existieron también limitaciones en su investigación y

Fueron la necesidad de adicionar grandes cantidades de biocarbon para que bajen las concentraciones de ácidos orgánicos como componente de las heces humanas en el tratamiento de compostaje.

Addis y Leta .(2020) sostiene que la aplicación dado por la precipitación de estruvita en la orina se da tanto como materia prima para producción de fertilizantes inorgánicos a la vez es aplicado como fertilizante directo en la producción de tomates aportando no solo fosforo, también nitrógeno y magnesio; lo mismo confirma Ray y Paramasiva, (2021) que sostiene los efectos positivos de la estruvita en la producción de cultivos tales como maíz, trigo, cebada, tomate, lechuga, repollo y espinacas.

Hashemi y Han, (2019) mediante el tratamiento de nitrificación cultivo rábano blanco (*Raphanus sativus var. Longipinnatus*) y sostuvo que los resultados de las muestras de suelo fertilizado con su fertilizante natural exhiben un crecimiento exponencial en la liberación de nutrientes similar al suelo fertilizado con un fertilizante comercial, a su vez produjo rábanos blancos relativamente más grande y con gran contenido de agua, azúcar y nutrientes en tejido de las plantas a diferencia de suelo fertilizado con fertilizante comercial.

V. CONCLUSIONES

1. Las excretas humanas requieren de diferentes tratamientos según el tipo de excretas y de acuerdo al contenido de nutrientes para ser usado como fertilizante natural, las altas temperaturas y los tiempos prolongados fueron importantes para la reducción y/o eliminación de patógenos con ello también se redujo olores desagradables característicos del mismo.
2. Los macronutrientes son los más recuperados en los fertilizantes naturales a su vez varían de acuerdo a los tratamientos usados, con ello un mismo tratamiento puede diferir en la consistencia final de un tipo de excretas y a su liberación de nutrientes.
3. Los usos que se tienen de los fertilizantes naturales son servir de materia prima para la producción de fertilizantes como es el caso de la estruvita, también el uso directo como fertilizante natural en los cultivos de vegetales y cereales, a la vez existen algunas limitaciones que se encontraron en los desarrollos de las investigaciones como es el caso del compostaje que necesitan instalaciones grandes para compostar excretas humanas y no produzca olores fétidos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se debe mejorar la eficacia de los tratamientos para lograr una higienización óptima de las excretas humanas.
2. Es recomendable realizar el almacenamiento como primer tratamiento pues con un tiempo mayor a 6 meses ayuda en la eliminación parcial de olores y patógenos presentes.
3. Es necesario estudiar la manipulación de las excretas humanas para poder diseñar las instrucciones de manejo y prácticas para minimizar los riesgos por la propagación de patógenos.
4. Se necesita mayores estudios para encontrar tecnologías adecuadas para la reducción de olores y emisiones peligrosas de los digestores anaeróbicos u otros equipos que se usen en los tratamientos.
5. Se necesita realizar investigaciones sobre como los nutrientes recuperados de las excretas humanas se adaptan a las necesidades del suelo y los costos que generan los tratamientos a la población.
6. Por último, se recomienda involucrar a la población en esta temática que incluya la aceptación por parte de la sociedad a su vez se establezca leyes a favor del uso de fertilizantes naturales en base de excretas humanas en la agricultura.

REFERENCIAS

1. ACQUAH, M.N., ESSANDOH, H.M.K., ODURO-KWARTENG, S., APPIAH-EFFAH, E. y OWUSU, P.A., 2021. Degradation and accumulation rates of fresh human excreta during vermicomposting by *Eisenia fetida* and *Eudrilus eugeniae*. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 293, no. May, pp. 112817. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2021.112817. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112817>.
2. ADDIS, A., ASFAW, S.L. y TERFIE, T.A., 2020. Nutrient recovery options from human urine: A choice for large scale application. *Sustainable Production and Consumption* [en línea], vol. 24, pp. 219-231. ISSN 23525509. DOI 10.1016/j.spc.2020.06.016. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.06.016>.
3. AFIFI, S., ALNAHHAL, S. y ABDELALL, S., 2015. Developing an integrated sustainable sanitation system for urban areas: Gaza strip case study. *Procedía CIRP* [en línea], vol. 26, pp. 767-774. ISSN 22128271. DOI 10.1016/j.procir.2014.07.158. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.158>.
4. AKPAN-IDIOK, A.U., UDO, I.A. y BRAIDE, E.I., 2012. The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in South Eastern Nigeria. *Resources, Conservation and Recycling* [en línea], vol. 62, pp. 14-20. ISSN 09213449. DOI 10.1016/j.resconrec.2012.02.003. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.02.003>.
5. ANDREESON, N., RONTELTAP, M., BOINCEAN, B. y LENS, P.N.L., 2017. Treatment of Source-Separated Human Feces via Lactic Acid Fermentation Combined with Thermophilic Composting. *Compost Science and Utilization* [en línea], vol. 25, no. 4, pp. 220-230. ISSN 1065657X. DOI 10.1080/1065657X.2016.1277809. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/1065657X.2016.1277809>.
6. ANDREEV, N., RONTELTAP, M., BOINCEAN, B., WERNLI, M., ZUBCOV, E., BAGRIN, N., BORODIN, N. y LENS, P.N.L., 2017. Lactic acid fermentation of human urine to improve its fertilizing value and reduce odour emissions. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 198, pp. 63-69. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2017.04.059. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.059>.

7. Az, Audrey, Houngho Gilber. 2019. Informe Mundial des las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. UNESCO. Suiza: ISBN 97892633001084, .Disponible en: <https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019>.
8. ANDREEV, N., RONTELTAP, M., BOINCEAN, B. y LENS, P.N.L., 2017. Treatment of Source-Separated Human Feces via Lactic Acid Fermentation Combined with Thermophilic Composting. *Compost Science and Utilization* [en línea], vol. 25, no. 4, pp. 220-230. ISSN 1065657X. DOI 10.1080/1065657X.2016.1277809. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/1065657X.2016.1277809>
9. BENSALAH, N., DBIRA, S., BEDOUI, A. y AHMAD, M.I., 2020. Electrolytic oxidation as a sustainable method to transform urine into nutrients. *Processes*, vol. 8, no. 4, pp. 1-15. ISSN 22279717. DOI 10.3390/PR8040460.
10. BELLETTINI CEDEÑO, B., 2017. SANEAMIENTO POST DESASTRE: LECCIONES DEL TERREMOTO EN MANABÍ. *CIENCIA, SOCIEDAD E INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA* [en línea], vol. 1. ISSN 2550-679X. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2042>.
11. BEDREGAL, P., BESOAIN, C., REINOSO, A. y ZUBAREW, T., 2017. Qualitative research methodology in health care. *Revista Medica de Chile*, vol. 145, no. 3, pp. 373-379. ISSN 07176163. DOI 10.4067/S0034-98872017000300012.
12. BOHRA, T., BENMARHANIA, T., MCKINNON, B. y KAUFMAN, J.S., 2017. Decomposing educational inequalities in child mortality: A temporal trend analysis of access to water and sanitation in Peru. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 96, no. 1, pp. 57-64. ISSN 00029637. DOI 10.4269/ajtmh.15-0745.
13. BOTT, R., 2014. Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito. *Igarss 2014*, no. 1, pp. 1-5. ISSN 0717-6163.
14. BOUMAZA, B., KECHICHED, R. y CHEKUSHINA, T.V., 2021. Trace metal elements in phosphate rock wastes from the Djebel on mining area (T'ebessa, eastern Algeria): A geochemical study and environmental implications. *Applied Geochemistry* [en línea], vol. 127, no. December 2020, pp. 104910. ISSN 18729134. DOI 10.1016/j.apgeochem.2021.104910. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.104910>.

15. CLUSTER, U. and G.W., 2019. *El agua bajo el fuego* [en línea]. 1. S.l.: s.n. ISBN 9789280650754. Disponible en: www.unicef.org.
16. CZAJKOWSKI, M., ZAGÓRSKA, K., LETKI, N., TRYJANOWSKI, P. y WAŚ, A., 2021. Drivers of farmers' willingness to adopt extensive farming practices in a globally important bird area. *Land Use Policy* [en línea], vol. 107, no. March, pp. 104223. ISSN 02648377. DOI 10.1016/j.landusepol.2019.104223. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104223>.
17. CHIL, E., 2018. Fuentes de origen, propósito y diferencias entre los conocimientos occidental y no occidental andino de la fertilidad de suelos. [en línea], vol. 4, no. 2, pp. 1168-1187. Disponible en: <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/249>.
18. CAMELO-RUSINQUE, M., MORENO-GALVÁN, A., ROMERO-PERDOMO, F. y BONILLA-BUITRAGO, R., 2017. Development of a liquid fermentation system and encystment for a nitrogen-fixing bacterium strain having biofertilizer potential. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea], vol. 49, no. 3, pp. 289-296. ISSN 03257541. DOI 10.1016/j.ram.2016.06.005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2016.06.005>.
19. CID, C.A., JASPER, J.T. y HOFFMANN, M.R., 2018. Phosphate Recovery from Human Waste via the Formation of Hydroxyapatite during Electrochemical Wastewater Treatment. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 3135-3142. ISSN 21680485. DOI10.1021/acssuschemeng.7b03155.
20. CISTERNA C., F., 2005. Categorization and Triangulation As Processes of Validation of Knowledge in Qualitative Investigations. *Theoria*, vol. 14, no. 1, pp. 61-71.
21. DELHIRAJA, K., SHARON, H., REDDY, K.S. y PHILIP, L., 2021. Performance evaluation of solar thermal systems as an alternative for human waste treatment. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* [en línea], vol. 47, no. December 2020, pp. 101393. ISSN 22131388. DOI 10.1016/j.seta.2021.101393. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101393>.
22. DESHUSSES, M.A. y HUNTER, B., 2020. Resources recovery from high-strength human waste anaerobic digestate using simple nitrification and denitrification filters. *Science of the Total Environment*, vol. 712, pp. 1-9. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.135509.

23. DIANLEI, L., XIE, B., DONG, C., LIU, G., HU, D., QIN, Y., LI, H. y LIU, H., 2018. Effect of fertilizer prepared from human feces and straw on germination, growth and development of wheat. *Acta Astronáutica* [en línea], vol. 145, pp. 76-82. ISSN 00945765. DOI 10.1016/j.actaastro.2018.01.014. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.01.014>.
24. DJAGBA, J.F., ZWART, S.J., HOUSSOU, C.S., TENTÉ, B.H.A. y KIEPE, P., 2019. Ecological sustainability and environmental risks of agricultural intensification in inland valleys in Benin. *Environment, Development and Sustainability* [en línea], vol. 21, no. 4, pp. 1869-1890. ISSN 15732975. DOI 10.1007/s10668-018-0107-1. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0107-1>.
25. DURU, C.B., IWU, A.C., DIWE, K.C., UWAKWE, K.A., MERENU, I.A., MADUBUEZE, U.C., OKEDO-ALEX, I.N., NDUKWU, E.U., OHALE, I. y NWAIGBO, E., 2017. Environmental Sanitation Practices: A Case Study of Solid Waste Management in Semi-Urban Communities in Orlu, Imo State Nigeria. *Occupational Diseases and Environmental Medicine*, vol. 05, no. 04, pp. 88-105. ISSN 2333-3561. DOI 10.4236/odem.2017.54009.
26. ESCULIER, F., MARTIN, T.M.P., LEVAVASSEUR, F. y HOUOT, S., 2020. Human urine-based fertilizers: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* [en línea], vol. 0, no. 0, pp. 1-47. ISSN 15476537. DOI 10.1080/10643389.2020.1838214. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1838214>.
27. ESCUDERO ALVAREZ, E. y GONZALEZ SANCHEZ, P.. La fibra dietética. *Nutr. Hosp.* [online]. 2006, vol.21, suppl.2 [citado 2021-11-16], pp.61-72. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1699-5198.
28. EUDALDO, E., 2020. QUALITATIVE RESEARCH, AN ETHICAL TOOL IN THE PEDAGOGICAL FIELD. *Endocrine* [en línea], vol. 9, no. May, pp. 6. ISSN15590100. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000400103.
29. FUHRMEISTER, E.R., ERCUMEN, A., PICKERING, A.J., JEANIS, K.M., AHMED, M., BROWN, S., ARNOLD, B.F., HUBBARD, A.E., ALAM, M., SEN, D., ISLAM, S., KABIR, M.H., KWONG, L.H., ISLAM, M., UNICOMB, L., RAHMAN, M., BOEHM, A.B., LUBY, S.P., COLFORD, J.M. y NELSON, K.L., 2019. Predictors of Enteric Pathogens in the Domestic Environment from Human and Animal Sources in Rural Bangladesh. *Environmental Science and Technology*, vol. 53, no. 17, pp. 10023-10033. ISSN 15205851. DOI 10.1021/acs.est.8b0719

30. GWARA, S., WALE, E., ODINDO, A. y BUCKLEY, C., 2021. Attitudes and perceptions on the agricultural use of human excreta and human excreta derived materials: A scoping review. *Agriculture (Switzerland)*, vol. 11, no. 2, pp. 1-30. ISSN 20770472. DOI 10.3390/agriculture11020153.
31. GEBREHIWOT, T., HEALTH, R., GEBEREMARIYAM, B.S., GEBRETSADIK, T., GEBRESILASSIE, A., GEBEREMARIYAM, B.S. y INNOVATION, H., 2020. r. , pp. 1-9. Disponible en : <https://www.rrh.org.au/journal/download/pdf/4907/>.
32. GAO, Y., LIANG, B., CHEN, H. y YIN, P., 2018. An experimental study on the recovery of potassium (K) and phosphorous (P) from synthetic urine by crystallization of magnesium potassium phosphate. *Chemical Engineering Journal* [en línea], vol. 337, no. September 2017, pp. 19-29. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2017.12.077. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.12.077>.
33. HARDER, R., WIELEMAKER, R., LARSEN, T.A., ZEEMAN, G. y ÖBERG, G., 2019. Recycling nutrients contained in human excreta to agriculture: Pathways, processes, and products. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* [en línea], vol. 49, no. 8, pp. 695-743. ISSN 15476537. DOI 10.1080/10643389.2018.1558889. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1558889>.
34. HARDER, R., WIELEMAKER, R., MOLANDER, S. y ÖBERG, G., 2020. Reframing human excreta management as part of food and farming systems. *Water Research*, vol. 175, pp. 1-8. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2020.115601.
35. HASHEMI, S. y HAN, M., 2018. Optimizing source-separated feces degradation and fertility using nitrifying microorganisms. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 206, no. 3, pp. 540-546. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2017.10.074. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.074>.
36. HASHEMI, S. y HAN, M., 2019. Field evaluation of the fertilizing potential of biologically treated sanitation products. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 650, pp. 1591-1598. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.09.009. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.009>.

37. HIJIKATA, N., TEZUKA, R., KAZAMA, S., OTAKI, M., USHIJIMA, K., ITO, R., OKABE, S., SANO, D. y FUNAMIZU, N., 2016. Bactericidal and virucidal mechanisms in the alkaline disinfection of compost using calcium lime and ash. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 181, pp. 721-727. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2016.08.026. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.026>.
38. HARDELIN, J., 2013. *Environmental Performance of Agriculture in OECD Countries*. S.l.: s.n. ISBN 9789264040922. Disponible en: <https://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/44254899.pdf>.
39. HUI, R. y WESCOAT, J.L., 2019. Visualizing peri-urban and urban water conditions in Pune district, Maharashtra, India. *Geoforum* [en línea], vol. 102, no. October 2016, pp. 255-266. ISSN 00167185. DOI 10.1016/j.geoforum.2018.01.008. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.01.008>.
40. HASHEMI Shervin y HAN Mooyoung. Field evaluation of the fertilizing potential of biologically treated sanitation products. *Science of The Total Environment* [en línea]. 10 de febrero del 2019. Vol. 650. [Fecha de consulta: 2 de agosto del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.009> ISSN: 0048-9697.
41. H.Owamah, S. Dahunsi, U. Oransi y M. Alfa. Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizer from the co-digestion of food waste and human excreta. *Waste Management* [en línea]. Abril de 2014, Vol. 34. [Fecha de consulta: 29 de Julio del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.01.017> ISSN: 0956-053X.
42. JUNGLIN, K., RHODES-DICKER, L., WARD, B.J., GITAU, E., MWALUGONGO, W., STRADLEY, L. y THOMAS, E., 2020. Characterization and prediction of fecal sludge parameters and settling behavior in informal settlements in Nairobi, Kenya. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 21, pp. 1-14. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su12219040
43. KELOVA, M.E., KROGSTAG, T. y EICH-GREATOREX, S., 2021. Human excreta as a resource in agriculture – Evaluating the fertilizer potential of different composting and fermentation-derived products. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 175, no. June. ISSN 18790658. DOI 10.1016/j.resconrec.2021.105748.
44. KOOIJ, S., VAN VLIET, B.J.M., STOMPH, T.J., SUTTON, N.B., ANTEN, N.P.R. y HOFFLAND, E., 2020. Phosphorus recovered from human excreta: A socio-ecological-technical approach to phosphorus recycling. *Resources*,

Conservation and Recycling, vol. 157, no. November 2019. ISSN 18790658.
DOI 10.1016/j.resconrec.2020.104744.

45. KRISHNAMOORTHY, N., DEY, B., ARUNACHALAM, T. y PARAMASIVAN, B., 2020. Effect of storage on physicochemical characteristics of urine for phosphate and ammonium recovery as struvite. *International Biodeterioration and Biodegradation* [en línea], vol. 153, no. August, pp. 105053. ISSN 09648305. DOI 10.1016/j.ibiod.2020.105053. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.105053>.
46. KÖPPING, I., MCARDELL, C.S., BOROWSKA, E., BÖHLER, M.A. y UDERT, K.M., 2020. Removal of pharmaceuticals from nitrified urine by adsorption on granular activated carbon. *Water Research X*, vol. 9. ISSN 25899147. DOI 10.1016/j.wroa.2020.100057
47. KELOVA, M. y JENSSEN, P.D., 2003. The transformation of human excreta into new resources and risks associated with their Dry toilets technology review within the framework of circular economy Sustainability and the circular model for renewable resources Sustainability.
48. KURNIAWAN, E., ISHAK y SURYANI, 2019. Utilization of Cocopeat and Goat of Dirt in Marking of Solid Organic Fertilizer to Quality Macro Nutrient (NPK). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 543, no. 1. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/543/1/012001.
49. La meta de los ODM relativa al agua potable y el saneamiento: el reto del decenio para zonas urbanas y rurales. Infancia, Organización Mundial de la Salud & Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la. 20017. 1, Plaza, New York, : Organización Mundial de la Salud, 2017, Vol. 1. ISBN 978 92 4 356325.
50. LIN, Weiwei, LIN, M., ZHOU, H., WU, H., LI, Z. y LIN, Wenxiong, 2019. The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. *PLoS ONE*, vol. 14, no. 5, pp. 1-16. ISSN 19326203. DOI 10.1371/journal.pone.0217018.
51. LIU Dianlei, XIE Beizhen, DONG Chen, HU Dawei y QIN Youcai. Effect of fertilizer prepared from human feces and straw on germination, growth and development of wheat. *Acta Astronáutica*[en línea]. Abril del 2018, Vol. 145, [Fecha de consulta: 3de Julio del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.01.014> ISSN: 0094-5765
52. LOAIZA, L. y DÍAZ, L.P., 2017. Aspectos éticos en la investigación cualitativa con niños. *Revista Latinoamericana de Bioética* [en línea], vol. 18, no. 34-1, pp. 51-67. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rlbi/article/view/2955/2816>.

53. MAGWAZA, S.T., MAGWAZA, L.S., ODINDO, A.O., MDITSHWA, A. y BUCKLEY, C., 2020. Evaluating the feasibility of human excreta-derived material for the production of hydroponically grown tomato plants - Part II: Growth and yield. *Agricultural Water Management* [en línea], vol. 234, no. July 2019, pp. 106115. ISSN 18732283. DOI 10.1016/j.agwat.2020.106115. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106115>.
54. MAHENGE, A., 2018. Performance of EcoSan Toilets at Majumbasita in Dar Es Salaam – Tanzania. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, vol. 3, no. 4, pp. 1241-1245. DOI 10.22161/ijeab/3.4.14.
55. MA, G., KIMATU, B.M., ZHAO, L., YANG, W., PEI, F. y HU, Q., 2017. In vivo fermentation of a *Pleurotus eryngii* polysaccharide and its effects on fecal microbiota composition and immune response. *Food and Function* [en línea], vol. 8, no. 5, pp. 1810-1821. ISSN 2042650X. DOI 10.1039/c7fo00341b. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1039/c7fo00341b>.
56. MARTIN Tritan, ESCULIER Fabien, LEVAVASSEUR Florent y HOUOT Sabine. Human urine-based fertilizers: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* [en línea]. 13 de Noviembre del 2020. Vol. [Fecha de consulta: 25 de setiembre del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1838214> ISSN: 10643389.
57. MERCADO, A. y CÓRDOVA, K., 2005. Desarrollo sustentable - industria: más controversias menos respuestas. *Ambiente & Sociedad*, vol. 8, no. 1, pp. 27-50. ISSN 1414-753X. DOI 10.1590/s1414-753x2005000100003.
58. MINDREAU GANOZA, E., JUSCAMAITA MORALES, J. y WILLIAMS LEÓN DE CASTRO, M., 2016. Estabilización De Heces Humanas Provenientes De Baños Secos Por Un Proceso De Fermentación Ácido Láctica. *Ecología Aplicada*, vol. 15, no. 2, pp. 143. ISSN 1726-2216. DOI 10.21704/rea.v15i2.754
59. MOYA, B., PARKER, A. y SAKRABANI, R., 2019. Challenges to the use of fertilizers derived from human excreta: The case of vegetable exports from Kenya to Europe and influence of certification systems. *Food Policy* [en línea], vol. 85, no. May, pp. 72-78. ISSN 03069192. DOI 10.1016/j.foodpol.2019.05.001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.05.001>.
60. MORA, J., JIMÉNEZ, E. y DUBOIS, V., 2019. *Implementación del Derecho Humano al Agua y al Saneamiento a través del Programa Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la OEA* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 978-0-8270-6731-8. Disponible en: http://www.oas.org/fpdb/press/Derecho_al_agua-printed-version.pdf.

61. NAGY, J., MIKOLA, A., PRADHAN, S.K. y ZSENI, A., 2019. The utilization of struvite produced from human urine in agriculture as a natural fertilizer: A review. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, vol. 63, no. 3, pp. 478-484. ISSN 15873765. DOI 10.3311/PPch.12689.

62. NEI, 2020. Perú: formas de acceso al agua y saneamiento básico. *Boletín: Agua y Saneamiento* [en línea], vol. 9, pp. 68. Disponible en: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua.pdf.

63. NITRATOS DEL PERÚ. [en línea], 2011. pp. 2011. Disponible en: <http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Proyecto-Nitrato-del-Peru.pdf>

64. NORRIS, A.B., TEDESCHI, L.O., FOSTER, J.L., MUIR, J.P., PINCHAK, W.E. y FONSECA, M.A., 2020. AFST: Influence of tannin extract fed at differing rates within a high-roughage diet on the apparent digestibility of dry matter and fiber, nitrogen balance, and fecal gas flux. *Animal Feed Science and Technology* [en línea], vol. 260, no. December, pp. 114365. ISSN 03778401. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2019.114365. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114365>.

65. ODEY, E.A., LI, Z., ZHOU, X. y YAN, Y., 2018. Optimization of lactic acid fermentation for pathogen inactivation in fecal sludge. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea], vol. 157, no. December 2017, pp. 249-254. ISSN 10902414. DOI 10.1016/j.ecoenv.2018.03.075. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.075>.

66. OLIVIER DE SARDAN, J.-P., 2018. El rigor de lo cualitativo. Las obligaciones empíricas de la interpretación socio antropológica. , no. 2018, pp. 167-171 ISSN:0210-5233

67. OLUWASOLA, AFOLABI, O.D. y SOHAIL, M., 2017. Microwaving human fecal sludge as a viable sanitation technology option for treatment and value recovery – A critical review. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 187, pp. 401-415. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2016.10.067. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.067>.

68. OWAMAH, H.I., DAHUNSI, S.O., ORANUSI, U.S. y ALFA, M.I., 2014. Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizer from the co-digestion of food waste and human excreta. *Waste Management* [en línea], vol. 34, no. 4, pp. 747-752. ISSN 0956053X. DOI 10.1016/j.wasman.2014.01.017. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.01.017>.

69. OROZCO, Juan. 2009. *Hacia una vivienda saludable guía para el facilitador*. Camacho, Lima : sin coeditores, 2009. ISBN. 9789972222184. Disponible en : <https://www.yumpu.com/es/document/read/46054151/hacia-una-vivienda-saludable-gua-a-para-el-facilitador>.
70. PÉREZ-LUCO ARENAS, R., LAGOS GUTIÉRREZ, L., MARDONES BARRERA, R., SÁEZ ARDURA, F., PÉREZ LUCO ARENAS, R. y LAGOS, L., 2018. Taxonomía de diseños y muestreo en investigación cualitativa. Un intento de síntesis entre las aproximaciones teórica y emergente. *Ambitos: Revista internacional de comunicación*, no. 39, pp. 11. ISSN 1139-1979.
71. PICENO, Y.M., PECORA-BLACK, G., KRAMER, S., ROY, M., REID, F.C., DUBINSKY, E.A. y ANDERSEN, G.L., 2017. Bacterial community structure transformed after thermophilically composting human waste in Haiti. *PLoS ONE*, vol. 12, no. 6, pp. 1-30. ISSN 19326203. DOI 10.1371/journal.pone.0177626.
72. PUYOL, D., BATSTONE, D.J., HÜLSEN, T., ASTALS, S., PECES, M. y KRÖMER, J.O., 2017. Resource recovery from wastewater by biological technologies: Opportunities, challenges, and prospects. *Frontiers in Microbiology*, vol. 7, no. JAN, pp. 1-23. ISSN 1664302X. DOI 10.3389/fmicb.2016.02106.
73. PRADEL, M. y AISSANI, L., 2019. Environmental impacts of phosphorus recovery from a “product” Life Cycle Assessment perspective: Allocating burdens of wastewater treatment in the production of sludge-based phosphate fertilizers. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 656, pp. 55-69. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.11.356. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.356>.
74. PRADHAN Surendra, ZSENI Aniko, MIKILA Anna, NAGY Judith. The Utilization of Struvite Produced from Human Urine in Agriculture as a Natural Fertilizer: A Review. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering* [en línea] 22 de enero del 2019, Vol. 63 [Fecha de consulta: 19 de agosto del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.3311/PPch.12689> ISSN 3245853.
75. PRASAD DEVKOTA, G. y LEE BASTIEN, S., 2019. Transformation of Ecological Sanitation (Eco-san) and Urine Diversion Dry Toilet (UDDT): the gaps and problems. *A Reviews*, pp. 3-19. DOI 10.33422/2nd.icmrss.2019.09.608.
76. PRENETA, N., KRAMER, S., MAGLOIRE, B. y NOEL, J.M., 2013. Thermophilic co-composting of human wastes in Haiti. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, vol. 3, no. 4, pp. 649-654. ISSN 20439083. DOI 10.2166/washdev.2013.145.
77. RAY, J., PARAMASIVAN, B. y PATHY, A., 2021. Challenges and opportunities of nutrient recovery from human urine using biochar for fertilizer applications. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 304, pp. 127019. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.127019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127019>.

78. RAO, K.C., VELIDANDLA, S., SCOTT, C.L. y DRECHSEL, P., 2020. *Business models for fecal sludge management in India*. S.l.: s.n. ISBN 9789290909033.
79. RADHI, A.A. y BORGHEI, M., 2017. Evaluation of TOC , COD , Coliform , Fecal coliform removal efficiency use by sand filter for " Sorkheh Hesar Canal " water. , vol. 3, no. 1, pp. 159-16.
80. RONTELTAP, M., ANDREEV, N., LENS, P.N.L., BOINCEAN, B., BULAT, L. y ZUBCOV, E., 2016. Lacto-fermented mix of faeces and bio-waste supplemented by biochar improves the growth and yield of corn (*Zea mays* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment* [en línea], vol. 232, pp. 263-272. ISSN 01678809. DOI 10.1016/j.agee.2016.08.012. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.012>.
81. HERNANDEZ. COLLADO, C., 2021. *Metodología de la investigación* [en línea]. 6. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
82. SANGARE, D., BROU, A.L., SOU/DAKOURE, M. y TAGRO, P. V., 2021. Urine treatment by solar disinfection for agriculture reuse purpose in a poor rural context: Case of Burkina Faso. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, vol. 11, no. 1, pp. 1-9. ISSN 24089362. DOI 10.2166/washdev.2020.075.
83. SANDOVAL, L., ZURITA, F., DEL ÁNGEL-CORONEL, O.A., ADAME-GARCÍA, J. y MARÍN-MUÑÍZ, J.L., 2020. Influence of a new ornamental species (*Spathiphyllum blandum*) on the removal of COD, nitrogen, phosphorus and fecal coliforms *Water Science and Technology*, vol. 81, no. 5, pp. 961- 970. ISSN 19969732. DOI 10.2166/wst.2020.185.
84. SCHNITKEY, G., 2017. Fertilizer Costs in 2017 and 2018. *Farmdoc Daily*, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana - Champaign [en línea], vol. 7, pp. 124. Disponible en: <https://farmdocdaily.illinois.edu/2017/07/fertilizer-costs-in-2017-and-2018.html>.

85. SIMHA, P., ZABANIOTOU, A. y GANESAPILLAI, M., 2018. Continuous urea–nitrogen recycling from human urine: A step towards creating a human excreta based bio–economy. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 172, pp. 4152-4161. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2017.01.062. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.062>.

86. SHARMA, K. y GARG, V.K., 2017. Vermi-modification of ruminant excreta using *Eisenia fetida*. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 24, no. 24, pp. 19938-19945. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-017-9673-2.

87. SOOBHANY, N., 2019. Insight into the recovery of nutrients from organic solid waste through biochemical conversion processes for fertilizer production: A review. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 241, pp. 118413. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.118413. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118413>.

88. SPÅNGBERG, J., TIDÅKER, P. y JÖNSSON, H., 2014. Environmental impact of recycling nutrients in human excreta to agriculture compared with enhanced wastewater treatment. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 493, no. 2014, pp. 209-219. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2014.05.123. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.123>.

89. SWATI, A., HIJIKATA, N., AFIFI, S., RONTELTAP, M., RANDALL, D.G. y NAIDOO, V., 2018. Urine: The liquid gold of wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 2627-2635. ISSN 22133437. DOI 10.1016/j.jece.2018.04.012. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.04.012>.

90. SOOBHANY Nuhaa [et al]. Insight into the recovery of nutrients from organic solid waste through biochemical conversion processes for fertilizer production: A review. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 20 de Diciembre del 2019. Vol. 241. [Fecha de consulta: 11 de Setiembre del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118413> ISSN: 0959-6526.

91. STEELE, J.A., BLACKWOOD, A.D., GRIFFITH, J.F., NOBLE, R.T. y SCHIFF, K.C., 2018. Quantification of pathogens and markers of fecal contamination during storm events along popular surfing beaches in San Diego, California. *Water Research*, vol. 136, pp. 137-149. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2018.01.056.

92. TEREFE, T. y OKOTH, T., 2020. Evaluation of neglected bio-wastes potential with food-energy-sanitation nexus. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 242, pp. 118547. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.118547. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118547>.

93. TUDELA-MAMANI, J.W. y LEOS-RODRÍGUEZ, J.A., 2018. Estimación de beneficios económicos por mejoras en los servicios de saneamiento básico mediante experimentos de elección. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 24, no. 2, pp. 237-250. ISSN 20074018. DOI 10.5154/r.rchscfa.2017.05.037
94. TUCHO Gudina y OKOTH Thuat.valuation of neglected bio-wastes potential with food-energy-sanitation nexus. *Journal of Cleaner Production* [en línea].1 de Enero del 2020, Vol. 242. [Fecha de consulta: 10 de Julio del 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118547> ISSN: 0959-6526
95. Tamayo, Carla. 2019. Técnicas e Instrumento de Recolección de datos. *Departamento Académico de Metodología de la Investigación*. Obregón : Tecnología de Monterrey.ISSN:033-X113
96. VAN PUIJENBROEK, P.J.T.M., BEUSEN, A.H.W. y BOUWMAN, A.F., 2019. Global nitrogen and phosphorus in urban waste water based on the Shared Socio-economic pathways. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 231, no. October 2018, pp. 446-456. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2018.10.048. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.048>.
97. VAN LEEUWEN, G.C.M., BOSMAN, S., SOUER, E., EDEMA, M.J., VAN DER BLOM, M. y WERKMAN, A.W., 2020. Implementation of an ISO 17025 flexible scope in the phytosanitary field at the National Reference Centre in the Netherlands. *EPPO Bulletin*, vol. 50, no. 3, pp. 549-556. ISSN 13652338. DOI10.1111/epp.12682.
98. VISKARI, E.L., GROBLER, G., KARIMÄKI, K., GORBATOVA, A., VILPAS, R. y LEHTORANTA, S., 2018. Nitrogen Recovery With Source Separation of Human Urine—Preliminary Results of Its Fertilizer Potential and Use in Agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 2, no. June, pp. 1-14.ISSN 2571581X. DOI 10.3389/fsufs.2018.00032.
99. WANG, W., YANG, L., YIN, Z., KONG, S., HAN, W. y ZHANG, J., 2018. Catalytic liquefaction of human feces over Ni-Tm/TiO₂ catalyst and the influence of operating conditions on products. *Energy Conversion and Management* [en línea], vol. 157, no. November 2017, pp. 239-245. ISSN 01968904. DOI 10.1016/j.enconman.2017.11.081. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.11.081>.
100. WEITHMANN, N., MÖLLER, J.N., LÖDER, M.G.J., PIEHL, S., LAFORSCH, C. y FREITAG, R., 2018. Organic fertilizer as a vehicle for the entry of micro plastic into the environment. *Science Advances*, vol. 4, no. 4, pp. 1-8. ISSN 23752548. DOI 10.1126/sciadv.aap8060.

101. WINANS, K., KENDALL, A. y DENG, H., 2017. The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], vol. 68, no. September 2016, pp. 825-833. ISSN 18790690. DOI 10.1016/j.rser.2016.09.123. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.123>.
102. YADAV, K.D., TARE, V. y AHAMMED, M.M., 2010. Vermicomposting of source-separated human faeces for nutrient recycling. *Waste Management* [en línea], vol. 30, no. 1, pp. 50-56. ISSN 0956053X. DOI 10.1016/j.wasman.2009.09.034. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.034>.
103. YAHAV SPITZER, R., MAU, V. y GROSS, A., 2018. Using hydrothermal carbonization for sustainable treatment and reuse of human excreta. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 205, pp. 955-963. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.09.126. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.126>.
104. ZABANIOTOU, A., SIMHA, P. y GANESAPILLAI, M., 2018. Continuous urea–nitrogen recycling from human urine: A step towards creating a human excreta based bio–economy. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 172, pp. 4152-4161. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2017.01.062. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.062>.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de Operacionalización de variable

Matriz de Operacionalización de variable: Tratamiento en excretas humanas para su uso como fertilizante natural para la agricultura: Una revisión sistemática						
Variable		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE	Tratamiento en excretas humanas	Las excretas humanas son fertilizantes con altas concentraciones en nitrógeno(N), fósforo(P), potasio(K), tienen a su vez bajo contenido de contaminantes como metales pesados, una alternativa de saneamiento ambiental se basa en la desinfección y tratamiento de excretas para la recuperación de nutrientes en la producción de alimentos. S. Cheng(2018).	Se corrobora la importancia de los tratamientos que se deben hacer a las excretas humanas como enmienda orgánica para el uso en la agricultura en beneficio de la economía circular para el saneamiento sostenible.	Características como fertilizante natural	Tipo de excreta humanas	Nominal
					Contenido de nutriente	%, mg/l o mg/kg (ppm)
				Tratamientos	Aditivos	Nominal
					pH	0 a 14
					Temperatura	°C
					Tiempo	DD/MM/AA
					reducción y/o eliminación de patógenos	%, ufc/g, log UFC
eliminación de humedad	%					
Calidad organoléptica: disminución de olores desagradables	Nominal					
VARIABLE DEPENDIENTE	Fertilizante natural para la agricultura	Son productos que cumplen la función de aportar nutrientes para las plantas, aumentan la fertilidad de los suelos, mejoran sus características en beneficio al desarrollo de los cultivos, proceden de materiales carbonados de origen vegetal o animal. AEFA (2017)	Se identifican fertilizantes naturales en base de orina y heces humanas como alternativa de uso en suelos agrícolas degradados , a su vez es una estrategia para su conservación de los suelos agrícolas para cuidar un recurso natural no renovable y es una manera ecoamigable de cuidar el medio ambiente	Características como fertilizante natural	Consistencia	Nominal
					Contenido de nutriente	%, mg/l o mg/kg (ppm)
				Uso	Liberación de nutrientes	Nominal
					Vegetales y Cereales	Nominal
					Aplicación	Nominal
					Limitaciones	Nominal

ANEXO 2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística				
Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Sud Categoría	Unidad de Análisis
Describir los tratamientos usados en excretas humanas para el uso como fertilizante natural según la base de datos	¿Cuáles son los tratamientos en excretas humanas para el uso como fertilizante natural?	Tratamientos	Aditivos usados	(Gulser et.al, 2019), (Andreev et.al., 2017), (Dianlei Lu et.al., 2018), (Addis, Leta, 2020)
			pH	
			Temperatura	
			Tiempo	
			Reducción y/o eliminación de patógenos	
			Eliminación de humedad	
Calidad organoléptica: disminución de olores desagradables				
Describir las características de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas	¿Cuáles son las características de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas?	Principales características	Consistencia	(Harder et. al., 2019, p. 699) (Prasad et.al.,2019,p.34)
			Contenido de nutrientes	
			Liberación de nutrientes	
Indicar los usos de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas	¿Cuáles son los usos de los fertilizantes naturales que provienen de los tratamientos en excretas humanas?	Uso	Vegetales y Cereales	(Moya et.al, 2019, p.10) (Cid et.al., 2018, p.3137)
			Aplicación	
			Limitaciones	

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Rubén Victor Munive Cerrón
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV.
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 01: Ficha de síntesis, recolección y selección del estudio.
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Maldonado Poma Gabriel y Salazar Vargas Wally Rosalie

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X	X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %



Dr. RUBEN MUNIVE CERRON
CIP N° 38103

Lima, 20 de octubre de 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez Juan Julio

I.2. Cargo e institución donde labora: ...Docente.....

I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Uso de Excretas Humanas como Fertilizante Natural para la Agricultura: Revisión Sistemática

I.4. Autor(A) de Instrumento: Maldonado Poma Gabriel y Salazar Vargas Wally Rosalie

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI

Restamente,

90%



Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1.** Apellidos y Nombres: Cabello Torres Rita Jaqueline
I.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV.
I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tratamiento en excretas humanas para su uso como fertilizante natural para la agricultura: Una revisión sistemática
I.4. Autor(A) de Instrumento: Maldonado Poma Gabriel y Salazar Vargas Wally Rosalie

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización logica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



Sra: Cabello Torres Rita Jaqueline

Lima, 15 noviembre del 2021

FICHA 01: Ficha de síntesis, recolección y selección del estudio

		Título		Revisión Sistemática: Tratamiento en excretas humanas para su uso como fertilizante natural para la agricultura		
		Línea de investigación		Calidad y Gestión de Recursos Naturales		
		Responsable		- Maldonado Poma, Gabriel, Herminio - Salazar Vargas, Wally Rosalie		
		Asesor		- Rubén Víctor Munive Cerrón		
Nº Numero	Referencia	País	Objetivos	Tipos de excretas humanas	Tratamiento	Resultados

Dr. RUBEN MUNIVE CERRON
CIP N° 38103

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

Ing.: Cabello Torres Rita Jaqueline
D.N.I: 08947396

Ficha 2: Características de los nutrientes presentes en excretas humanas

	Título	Revisión Sistemática: Tratamiento en excretas humanas para su uso como fertilizante natural para la agricultura
	Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales
	Responsable	- Maldonado Poma, Gabriel, Herminio - Salazar Vargas, Wally Rosalie
	Asesor	-Rubén Víctor Munive Cerrón
Referencias	Tipos de excretas humanas	Contenido de nutrientes

Dr. RUBEN MUNIVE CERRON
CIP N° 38103

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ing.: Cabello Torres Rita Jaqueline
D.N.I: 08947396

Ficha 3: Principales características de los tratamientos en excretas humanas

	Título	Revisión Sistemática: Tratamiento en excretas humanas para su uso como fertilizante natural para la agricultura							
	Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales							
	Responsable	- Maldonado Poma, Gabriel, Herminio - Salazar Vargas, Wally Rosalie							
	Asesor	-Rubén Víctor Munive Cerrón							
Tipos de excretas	Tratamiento	Aditivo usados	Temperatura promedio	Tiempo	Reducción y/o eliminación de patógenos	Calidad organoléptica: olores desagradables	Eliminación de humedad	pH	Referencias

Dr. RUBEN MUNIVE CERRON
CIP N° 38103

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

Ing.: Cabello Torres Rita Jaqueline
|D.N.I: 08947396

FICHA 04: Principales características de fertilizantes naturales derivados de excretas humanas

	Título	Revisión Sistemática: Tratamiento en excretas humanas para su uso como fertilizante natural para la agricultura		
	Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales		
	Responsable	- Maldonado Poma, Gabriel, Herminio - Salazar Vargas, Wally Rosalie		
	Asesor	- Rubén Víctor Munive Cerrón		
Consistencia del fertilizante natural	Contenido de nutrientes	Liberación de nutrientes	Referencia	

Dr. RUBEN MUNIVE CERRON
CIP N° 38103

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

Ing.: Cabello Torres Rita Jaqueline
D.N.I: 08947396

FICHA 05: Uso de fertilizantes naturales que provienen de tratamientos en excretas humanas

	Título	Revisión Sistemática: Tratamiento en excretas humanas para su uso como fertilizante natural para la agricultura		
	Línea de investigación	Calidad y Gestión de Recursos Naturales		
	Responsable	- Maldonado Poma, Gabriel, Herminio - Salazar Vargas, Wally Rosalie		
	Asesor	- Rubén Víctor Munive Cerrón		
Referencia	Vegetales y cereales	Aplicación	Limitaciones	

Dr. RUBEN MUNIVE CERRON
CIP N° 38103

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

Ing.: Cabello Torres Rita Jaqueline
|D.N.I: 08947396



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

N°01

Título:

- Evaluación de la eficacia de los fertilizantes derivados de las excretas humanas en la agricultura y su percepción en Antananarivo, Madagascar

AUTOR (ES) :	Año de publicación:
B. Moya, A. Parker, R. Sakrabani	2017
TIPO DE INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL	PARTICIPANTES: SCOOPUS
Doi:	https://doi.org/10.1007/s12649-017-0113-9.
Palabras claves:	Excretas humanas, Fertilizantes, Compost, Lombricomposta, Digestato, Cultivos
Tipo de excretas humanas	Heces humanas
Tipo de tratamiento	Digestato anaeróbico, compost y vermicompostaje cada uno derivado de lo anterior
Técnica usada en el tratamiento	Digestato se compostó con paja de arroz 0.45 kg de paja / kg de Digestato) Lombricomposta a 35 °C y 65 °C Vermicompostaje 11 g/kg
Producto obtenido	Nitrógeno aumento de 0.88 g/L a 23 g/kg en Digestato Nitrógeno aumento de 109 mg/kg a 217 mg/kg Concentración de fósforo 10 veces mayor en Vermicompostaje que compostaje