



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación del nivel óptimo del uso de lodos secos de la industria pesquera para la producción de compost, Chicama, 2023”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Honorio Zavaleta, Barbara Pamela (orcid.org/0000-0001-6889-2808)

Palacios Correa, Gisela Thalia (orcid.org/0000-0002-4152-0497)

ASESOR:

MSc. Huerta Chombo, Germán Luis (orcid.org/0000-0002-6211-4578)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios, por guiarnos en el camino de la sabiduría para así poder lograr nuestras metas, sueños y aspiraciones, por la paciencia, serenidad y tolerancia para la elaboración de nuestro proyecto de tesis y así superar las dificultades que se nos presentó, a nuestros padres, por ser nuestros motores que nos impulsan a seguir adelante día a día con su incondicional amor, apoyo y confianza, quienes siempre están a nuestro lado en todo momento sea bueno o malo, por darnos la oportunidad de estudiar una carrera profesional, la cual es la herencia eterna que nos pueden dejar a nuestros hermanos, por darnos el ánimo y el apoyo para lograr en la vida nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecerle a Dios, por siempre brindarnos vida, salud y seguridad, siendo de esta manera nuestro guía en el día a día para continuar en el camino del bien y poder lograr nuestros sueños y metas que nos hemos propuesto alcanzar. A nuestros padres, por su constante apoyo y por estar siempre presentes en este largo camino y por su amor infinito, y son quienes nos han motivado mediante palabras de aliento o motivacionales para seguir nuestros estudios universitarios quienes nos han brindado sus esfuerzos diarios para una buena educación y formación profesional.

Agradecer a nuestro asesor el Ingeniero German Huerta Combo por compartirnos sus conocimientos, su buena voluntad y disponibilidad para apoyarnos, y darnos la oportunidad de realizar nuestro trabajo de investigación. A nuestros compañeros de estudio, por los buenos momentos vividos en su compañía, diversión, crecimiento y desarrollo mutuo en el trayecto de nuestra formación universitaria.

DECLARATORÍA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación del nivel óptimo del uso de lodos secos de la industria pesquera para la producción de compost, Chicama, 2023"

", cuyos autores son PALACIOS CORREA GISELA THALIA, HONORIO ZAVALETA BARBARA PAMELA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 04 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS DNI: 04206862 ORCID: 0000-0002-6211-4578	Firmado electrónicamente por: GEHUERTA el 21-07- 2023 09:58:26

Código documento Trilce: TRI - 0570553



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, HONORIO ZA VALETA BARBARA PAMELA, PALACIOS CORREA GISELA THALIA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Evaluación del nivel óptimo del uso de lodos secos de la industria pesquera para la producción de compost, Chicama, 2023"

", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
PALACIOS CORREA GISELA THALIA DNI: 74474456 ORCID: 0000-0002-4152-0497	Firmado electrónicamente por: GPALACIOSC22 el 27-07-2023 20:56:38
HONORIO ZA VALETA BARBARA PAMELA DNI: 70382337 ORCID: 0000-0001-6889-2808	Firmado electrónicamente por: BHONORIO el 27-07-2023 20:53:25

Código documento Trilce: INV - 1514738



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORÍA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO TEÓRICO	14
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2 Variables y Operacionalización.....	11
3.3 Población, muestra y muestreo, unidad de análisis.....	11
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5 Procedimiento.....	12
3.6 Método de análisis de datos.....	13
3.7 Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN	24
VI. CONCLUSIONES.....	27
VII. RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS.....	29
ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Valores óptimos para parámetros físicos y fisicoquímicos del compost, según las normas de calidad en USA, México y Chile (García, 2017, p.62).	18
Tabla 02. Composición de cada unidad experimental a partir de estiércol de vacuno (Kg), aserrín (Kg), lodo seco (Kg).	20
Tabla 03. Composición fisicoquímica y microbiológica de los lodos secos de la industria pesquera.	14
Tabla 04. Calidad de macro y micronutrientes del compost maduro obtenido para cada proporción (P1=1:1:0; P2=1:1.1; P3=1:1:2; P4=1:1:3;) de estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera respectivamente.	18
Tabla 05. Análisis de varianza aplicado a las variables de calidad de compost para cuatro tipos de compost obtenidos a proporciones (1:1.1; 1:1:2; 1:1:3; 1:1:0), empleando estiércol de ganado vacuno, aserrín y lodo seco industrial pesquero respectivamente.	19
Tabla 06. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro contenido de nitrógeno para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.	20
Tabla 07. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro Relación C/N final para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.	21
Tabla 08. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro fósforo para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.	21
Tabla 09. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro potasio para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.	22
Tabla 10. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro calcio para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.	22
Tabla 11. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro magnesio para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.	23
Tabla 12. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro sodio para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.	23
Tabla 13. Matriz de Operacionalización de variables.	38
Tabla 14. Guía de control del proceso de elaboración de compost.	39
Tabla 15. Guía de observación de laboratorio.	39
Tabla 16. Métodos de análisis para determinar la calidad de compost.	41
Tabla 17. Resultados de parámetros analizados por triplicado de la calidad de compost maduro obtenido para cada proporción (1:1.1; 1:1:2; 1:1:3; 1:1:0) de estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera respectivamente.	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<i>Figura 01.</i> Esquema experimental.....	11
<i>Figura 02.</i> Control de pH durante proceso de compostaje observando cuatro pilas composteras a proporciones (1:1:1; 1:1:2; 1:1:3; 1:1:0).....	15
<i>Figura 03.</i> Control de Temperatura durante proceso de compostaje observando cuatro pilas composteras a proporciones (1:1:1; 1:1:2; 1:1:3; 1:1:0).....	16
<i>Figura 04.</i> Control de Humedad durante proceso de compostaje observando cuatro pilas composteras a proporciones (1:1:1; 1:1:2; 1:1:3; 1:1:0).....	17

RESUMEN

Esta investigación se propuso evaluar la calidad del compost obtenido a partir del aprovechamiento de lodos industriales pesqueros. Para ello se recolectó lodos secos depositados en las instalaciones de una EORS de Trujillo, los lodos fueron caracterizados química y microbiológicamente, luego fueron estabilizados e incorporados junto con aserrín y estiércol vacuno al proceso de compostaje en pilas en 4 proporciones diferentes (P1=1:1:0; P2=1:1.1; P3=1:1:2; P4=1:1:3; estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera respectivamente). Durante tres meses se monitoreó el pH, temperatura y humedad, el aireo se realizó mediante volteo semanal, lográndose registrar las cuatro fases del proceso de compostaje. Al finalizar se cosechó el producto y se llevó a analizar los parámetros de calidad del compost, los cuales se compararon con la normativa nacional e internacional existente para este producto, determinándose que el compost de los cuatro ensayos cumple con estos criterios; además el compost obtenido con la proporción P4 fue el que presentó las mejores características en disponibilidad de NPK (1,79; 1,08 y 1,17); y relación C/N final (25,33); mientras que en contenido de micronutrientes la P2 consiguió valores más altos (Ca: 3,13; Mg:1,54).

Palabras clave: Biosólidos, industria pesquera, lodos, compost.

ABSTRACT

This investigation was proposed to evaluate the quality of the compost obtained from the use of industrial fishing sludge. For this, dry sludge deposited in the facilities of an EORS in Trujillo was collected, the sludge was chemically and microbiologically characterized, then it was stabilized and incorporated together with sawdust and cow manure to the composting process in piles in 4 different proportions (P1=1: 1:0; P2=1:1.1; P3=1:1:2; P4=1:1:3; cow dung, sawdust and dried mud from the fishing industry respectively). During three months the pH, temperature and humidity were monitored, the aeration was carried out by weekly turning, managing to register the four phases of the composting process. At the end, the product was harvested and the compost quality parameters were analyzed, which were compared with the existing national and international regulations for this product, determining that the compost of the four trials meets these criteria; In addition, the compost obtained with the P4 proportion was the one that presented the best characteristics in terms of NPK availability (1.79; 1.08 and 1.17); and final C/N ratio (25.33); while in micronutrient content P2 achieved higher values (Ca: 3.13; Mg: 1.54).

Keywords: Biosolids, fishing industry, sludge, compost.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es apremiante la necesidad de minimizar la generación de residuos, así como de asegurar su disposición adecuada mediante alternativas tecnológicas que permitan una disposición segura de estos o su reaprovechamiento (Brown, 2022, p.14). Una industria que genera gran cantidad de residuos es la pesquera debido al procesamiento del pescado (Quevedo, 2016, p.1), donde estos residuos son principalmente aguas residuales, las cuales son recolectadas al interior de la fábrica de procesamiento en tanques que contienen en promedio 20m³ a 30m³, posteriormente estas aguas reciben un tratamiento primario generando lodos residuales, los cuales son retirados de la planta para ser llevados a vertederos o rellenos sanitarios; en caso de ser dispuestos en un vertedero representarían una gran amenaza para el medio ambiente (proliferación de vectores como moscas, ratas, entre otros, generación de malos olores, afectación del suelo, contaminación de fuentes hídricas y enfermedades), mientras que su disposición en un relleno sanitario implica un alto costo económico (Kurt, 2019, p.1).

En Perú, el tratamiento del vertidos de la industria pesquera se realiza según disposiciones del sector pesquería PRODUCE que, el Decreto Ley N° 25977, Ley General de Pesca, artículo 6, establece en el Perú, dentro del marco regulador de la actividad pesquera, fomenta la preservación y protección del medio ambiente, exigiendo adoptar las medidas para prevenir, reducir y controlar los daños o riesgos de contaminación del agua, suelo y aire (Resolución ministerial 00271-2020, PRODUCE) (Vásquez, 2021, p.43). En general, estos desechos sólidos son una fuente rica de compuestos nitrogenados como proteínas, aminoácidos y aceite, siendo el compostaje de desechos de pescado un método válido para convertir los residuos en enmiendas orgánicas valiosas para el suelo para su utilización en la agricultura (Aranganathan *et al.*, 2019, p.2).

Por lo que, la utilización óptima de los nutrientes en los recursos de desecho será crucial en la futura economía circular que contempla la sustitución de fertilizantes minerales por recursos obtenidos de los desechos para contribuir a

cerrar los ciclos de nutrientes y hacer frente a los desafíos relacionados con el agotamiento de los recursos finitos. Por otro lado, en países como Noruega, alrededor de 27 000 Mg de nitrógeno (N) y 9000 Mg de fósforo (P) se pierden en el mar como residuos de alimentos y heces (lodos de pescado) donde las pérdidas de nutrientes con los lodos de pescado son del mismo orden de magnitud que los nutrientes en el estiércol animal (Brod *et al.*, 2017, p.3).

Además, durante la producción acuícola, los lodos de pescado se eliminan del sistema como residuos sólidos o se recuperan como fertilizante sólido para su aplicación en tierras de cultivo (Gao, 2021, p.5). Por lo que, la implementación de técnicas para aprovechamiento de lodos residuales como el compostaje o la producción de humus se presentan como una opción para el sector agrícola, ya que se reduciría la contaminación ambiental ocasionado por el uso masivo de los fertilizantes químicos al agua, al aire, suelo, mejorando al mismo tiempo la fertilidad de los suelos (Balkhande, 2020, p.3). Sin embargo, a la fecha la información sobre los efectos de fertilización de los lodos de pescado es escasa, causando cuellos de botella para cerrar los ciclos de nutrientes (Brod y Falk, 2021, p.3).

Es así, que en el sector la Soledad, provincia de Chicama se identificó la presencia de lodos proveniente de la industria pesquera, los cuales vienen siendo recepcionados por la EORS Alto Chicama, la cual realiza el servicio ambiental de las empresas pesqueras ubicadas en el puerto de Malabrigo brindando el servicio de recojo y disposición final de acuerdo a la normativa ambiental vigente; por lo que estos lodos se acopian en las instalaciones de la EORS, los cuales son apilados en gran cantidad en una plataforma para su secado y neutralización para su posterior disposición final.

Por tanto, este proyecto de investigación planteó evaluar el uso de lodos secos de origen industrial pesquero para la producción de compost, ya que a la fecha no se viene realizando ningún tipo de aprovechamiento de este residuo de gran valor para la agricultura.

Es así, que a raíz de la problemática mencionada anteriormente surgió la interrogante de investigación ¿Cuál es el nivel óptimo del uso de lodos secos

proveniente de la industria pesquera para la producción de compost, Chicama, 2023?

De manera que, esta investigación tiene como justificación teórica el estudiar las propiedades que presentan los lodos industriales pesqueros, ya que existe poca información acerca del contenido de macro-micro nutrientes, sanitización y toxicidad, para evidenciar la factibilidad que estos presentan para ser reutilizados en la producción de abonos orgánicos. En cuanto a la justificación práctica se considera como una solución para la reutilizar este tipo de residuos, mediante la transformación y aprovechamiento de estos en corto tiempo con prácticas amigables con el medio ambiente. Mientras que su justificación metodológica reside en el hecho de la aplicación y adaptación de metodologías recopiladas de guías y manuales para la producción de compost a partir de este residuo poco estudiado.

De allí, que se propuso como objetivo general de investigación: Evaluar el nivel óptimo del uso de lodos secos de la industria pesquera para la producción de compost, Chicama, 2023. A su vez, como objetivos específicos se planteó determinar la composición fisicoquímica y microbiológica de los lodos secos de la industria pesquera. También, elaborar compost mediante cuatro proporciones empleando estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera. Finalmente, evaluar la calidad del compost maduro obtenido para cada proporción de estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera.

Es así, que la hipótesis formulada en esta investigación fue que la proporción de estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera (1:1:3) sería la óptima en la producción de compost de calidad.

II. MARCO TEÓRICO

Aranganathan *et al.* (2019), en su estudio demostró la bioconversión de desechos de pescado en fertilizante orgánico a través de la tecnología de compostaje utilizando bagazo de caña de azúcar y sustratos de estiércol de vaca. Los compost de pescado maduros fueron evaluados para determinar su contenido físico-químico y propiedades espectroscópicas y ensayos de germinación de semillas para confirmar la no toxicidad del abono. El análisis químico reveló altos niveles de macronutrientes (NPK) en compost de bagazo de caña de azúcar y pescado. Los compost de pescado desarrollados con sustratos de bagazo de caña de azúcar y estiércol de vaca mostraron acciones en los constituyentes químicos. Se encontró que el nivel de macronutrientes (N,P,K) era ligeramente mayor en el compost de bagazo de caña de azúcar y pescado al igual que el carbono orgánico. Se evidenció que el nivel de nutrientes orgánicos era satisfactorio para su aplicación económica para el suelo agrícola. (p.3).

Balkhande (2020), abordó el problema que generan los desechos de pescado, elaborando compostaje, debido a que estos desechos son ricos en NPK que es un factor de crecimiento esenciales para las plantas. Dicho contenido de Nitrógeno (N) Fósforo (P) y Potasio (K) se expresan en el %, y son 1,18%, 0,48% y 0,58% respectivamente. Esta técnica no es conocida por muchas personas, por lo tanto, la popularización de esta técnica entre los vendedores de pescado, los investigadores y la gente común es sumamente necesaria. Esto también será útil para la eliminación adecuada de los desechos de pescado y para la fabricación del biofertilizante como oportunidad de empleo sin ningún costo (p.2).

Lanno, *et al.* (2021), buscó mediante el compostaje un método sostenible para recuperar nutrientes de varios desechos orgánicos, incluidos los desechos de alimentos, es así que investigó el contenido y la participación relativa de las formas de P en compost elaborados a partir de desechos de pescado, lodos de

depuradora, desechos verdes y estiércol de caballo. Los resultados indicaron que el compost de desechos de pescado tenía una proporción relativamente alta de fósforo en comparación, con el compost de lodos de depuradora que contenía la mayor concentración general de P por unidad de peso seco. Los resultados indican que la evaluación de las compostas como fuentes alternativas de P en la agricultura debe basarse en la relativa distribución de formas de P en el compost además del valor típicamente reconocido del P total (p.3).

Busato *et al.* (2018), aprovechó los residuos del beneficio de pescado los cuales fueron compostados con pasto triturado con el objetivo de caracterizar su composición química e investigar la posibilidad del uso del compost final como fuente de ácidos húmicos (HA) capaces de estimular el crecimiento de la lechuga. La composta presentó valores de pH, relación C/N y conductividad eléctrica que permiten su uso como fertilizante orgánico. El contenido del elemento en orden de abundancia en la composta fue: $P > Ca > N > Mg > K > Fe > Zn > Mn > Mo > Cu$, y la composición del humus fue similar a la observada en otros tipos de residuos orgánicos compostados. Concluyendo que la reutilización de residuos de la actividad de beneficio de peces mediante compostaje puede representar una herramienta segura para aumentar el valor de los residuos orgánicos reciclados (p.3).

Kusuma (2019), motivado por la problemática de contaminación ambiental que representan los desechos de pescado y su acumulación tuvo a bien investigar sobre cómo tratar los desechos de pescado para su utilización como materia prima para el compost. El proceso de compostaje utiliza desechos de pescado como iniciador en el proceso de compostaje donde las condiciones de temperatura se mantienen invirtiendo el compost y se observa los cambios del color y el olor. Los resultados mostraron que los niveles de C-Orgánico; 51,7%, Nitrógeno; 8,3%, fósforo; 4,8%, y Potasio; 1,6%. A partir de los resultados de las pruebas C-Orgánico, Nitrógeno, Fósforo y Potasio, los niveles fueron bastante altos en comparación con la calidad de otros compost, por lo que el compost de restos de pescado se puede emplear como fertilizante (p.5).

Radziemska *et al.* (2019), realizó la evaluación del compost a partir de desechos de pescado (FW) como fertilizante para uso agrícola, mediante experimento en maceta para cotejar las consecuencias del compost de FW en el aprovechamiento y la combinación de macro y microelementos de la lechuga de hielo (*Lactuca sativa* L.). El compost utilizado se formuló con FW y cascara de pino. Los resultados permiten determinar que el compost de FW no es fitotóxico, maduro, estable e idóneo para uso en agricultura, mientras que su adición al suelo provocó un alza en la producción de material fresco y seco de hojas de lechuga. La fertilización tuvo un efecto positivo al aumentar el contenido de calcio fósforo, potasio, nitrógeno, sodio y magnesio en las hojas de la planta de prueba y la acumulación promedio de microelementos en la lechuga siguió el orden descendente $Fe > Cu > Ni > Zn > Mn$, correlativamente.

Radziemska y Mazur (2015), compararon los efectos del compost a partir de restos de pescado con fertilización mineral y excremento sobre el aprovechamiento y elaboración química de las partes externas del maíz (*Zea mays* L.) mediante un experimento en macetas para. El estudio comprendía de dos series: I– composta a la dosis de 1 g de compost por maceta, y II – composta con 0,5 g de urea. Los métodos para tratar se hicieron con diferentes tipos de compost: compost 1: aserrín (20% dm), restos de pescado (80% dm); compost 2: paja(20% ms), desechos de pescado (80% ms); compost 3: corteza (20% dm); desperdicios de pescado (80% dm); compost 4: desechos de pescado(79,3% dm), lignito (1% dm), aserrín (19,7% dm); compost 5: residuos de pescado (79,3%dm), lignito (1% dm), paja (19,7% dm); compost 6: restos de pescado (79,3% dm), lignito (1% dm), corteza (19,7% dm),. Se encontró que el mayor rendimiento de los cultivos ocurrió en el compost que contiene desechos de pescado y paja con adición de corteza y lignito (p.4).

Vera (2018), elaboro compost a partir de restos orgánicos y desperdicios vegetales, originados en las distintas líneas de proceso de una planta de harina de pescado. Se monitoreo la temperatura, humedad, entre otras variables, de igual manera se optó por perfeccionar la calidad del fertilizante, por medio del empleo de otros elementos orgánicos como la pajilla de arroz, también el control de pH y temperatura. Mediante la aplicación del compost al suelo, se pudo evaluar su efectividad como fertilizante, Finalmente, se logró una

sustentable en la empresa COPEINCA, con la gestión apropiada y oportuna de todos los restos generados dentro de sus instalaciones (p.12).

Ortiz (2020), desarrolló el proceso de compostaje con la finalidad de determinar cómo afecta la clase de estiércol y la frecuencia de aireación(volteo) en el proceso de compostaje y calidad del compost. Para los tratamientos, se utilizó una cantidad de 40% de estiércol y 60% de elemento vegetal. Se analizó cuatro tratamientos con dos tipos de estiércol (vacuno o gallina) y dos frecuencias de volteos (1 ó 6 volteos cada 2 semanas). Se obtuvo que el tratamiento cuatro (estiércol de gallina y 6 volteos cada 2 semanas) fue mejor para la actividad respiratoria, indicando una mayor estabilidad frente a los demás tratamientos, con respecto al porcentaje de materia orgánica, el mejor valor se alcanzó con el tratamiento 2 (estiércol vacuno y 6 volteos cada 2 semanas). Concluyendo que, al usar estiércol de gallinas ponedoras, con una frecuencia de 6 volteos cada dos semanas se obtiene una mayor calidad de compost (p.7).

Mancha (2018), evaluó el desempeño diferentes fuentes y proporciones en la producción de compost de calidad con características físico – químicas deseables. Se instalaron cinco pilas de compostaje, además se evaluó el efecto de la aplicación de 2 tipos de estiércol de animales vacunos y cuyes sobre la calidad Físico - química final. El proceso de compostaje utilizada, se basó en un proceso aeróbico de tres meses de duración mediante volteos manuales cada semana, se mantuvo la humedad óptima mediante riego interdiario, se midió la temperatura de manera diaria. Finalmente se pudo comprobar que el tratamiento 2 con composición de estiércol de ganado vacuno en una relación de 33%-67% alcanzo un mejor desempeño en la obtención de un compost de calidad (p.8).

Guzmán (2021), evaluó el grado de estabilidad del compost de estiércol equino mediante 3 tratamientos en diferentes proporciones de estiércol equino y residuos vegetales de jardín. El método de compostaje utilizado fue un sistema abierto de pilas con aireación mediante volteo manual durante 90 días, los volteos y tomando muestras se realizaron cada dos semanas. Finalmente, la acumulación de nitrógeno total y el resultado de la relación C/N estuvo cercana a 11 para el día 90, esto fue indicativo del cumplimiento de las normas técnicas

observadas. Concluyendo que las proporciones evaluadas para compostaje de estiércol de equino son factibles (p.3).

Los abonos orgánicos son sustancias constituidas por residuos de origen animal, vegetal o mezclas, que se añaden al suelo con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, estos abonos pueden ser, ya sea residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha, restos orgánicos del procesamiento agrícola, desechos domésticos o compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados (Ortiz, 2020, p.15). Es así, que el compostaje es una de las técnicas más antiguas para tratamiento de residuos, la cual actualmente cobra mayor relevancia como una solución frente a la problemática ambiental y escasez de fertilizantes, lo cual ha permitido acelerar los procesos de obtención del producto final que podía durar de 6 meses a 2 años, a un máximo de 4 meses, de acuerdo al tipo de técnica empleada (Guzmán, 2021, p.19). El resultado es producto de la descomposición aeróbica de la materia orgánica por microorganismos que sirve como factor nutritivo para el suelo, representando un mayor valor que los estiércoles u otros residuos orgánicos, este también es llamado “tierra vegetal” o “mantillo”, materia orgánica que ha sido descompuesto bajo condiciones controladas, a partir de una mezcla inicial en “montones o pilas” (Ortiz, 2020, p.17; Mancha, 2018, p.13). Las características de calidad en el compost según las normas de calidad en 3 países, se presentan en la tabla 01.

Tabla 01. *Valores óptimos para parámetros físicos y fisicoquímicos del compost, según las normas de calidad en USA, México y Chile (García, 2017, p.62).*

PARÁMETRO	(U.S.A.) EPA 40 CFR 503 (1994)	(México) NTEA-006- SMA-2006	(Chile) NCh 2880 (2004)	NTC (Bailón y Florida, 2021, p.6)	Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP)- Iquitos (Castillo, 2019, p.36).
pH	6,0 a 8,0	6,5 a 8,0	5,0 a 8,5	4-9	7,0-8,3
Materia Orgánica	Mayor al 20 %	Mayor al 15 %	≥ a 20 %	Min. 15%	--
Relación C/N	15:1 a 20:1	Menor a 12	25:1 a 30:1		--
Humedad	--	30 a 40 %	30 a 45 %	20-35 %	--
Conductividad Eléctrica (C.E.)	--	--	3 a 8 dS/m	--	2-4
Tamaño de partículas	Granulado fino	--	≤ a 16 mm	--	--

Temperatura	32 ° a 60 °C	45 a 70 °C	--	--	--
Nitrógeno Total*	2,4 a 5,0 %	--	≥ a 0,5 %	> 1%	0,8-1,5
Fósforo, P ₂ O ₅	--	> a 1000 ppm	--	> 1%	--
Potasio, K ₂ O	--	> a 2500 ppm	--	> 1%	--
CaO					2-6%
MgO					0,2-0,7%

* Expresado en base a materia seca.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los parámetros más importantes a tener en cuenta para la elaboración de compost de calidad se encuentra la relación Carbono/Nitrógeno(C:N), siendo estos elementos fundamentales que aportan nutrientes para los organismos involucrados en el proceso de compostaje, por lo que esta proporción debe mantener un balance adecuado. Una relación C:N apropiada sería entre 30:1 o 40:1 en la mezcla inicial de materiales compostables (Ortiz, 2020, p.17; Mancha, 2018, p.13).

Por otro lado, los lodos industriales pesqueros surgen de la acumulación de sólidos orgánicos sedimentables, producto de distintos procesos de tratamiento de las aguas residuales producto del beneficio del pescado, los cuales presentan características clave que los hacen atractivos para su valorización como fertilizante, entre ellas el contenido de nitrógeno (47 g/kg); fósforo (24 g/kg); contenido energético medio (20 MJ/kg); grasa (3,5%) (Cristiano *et al.*, 2022, p.7; Zhang *et al.*, 2020, p.3). También se informa sobre las características químicas de los lodos de depuradora en una planta de procesamiento de productos pesqueros, los cuales presentan un alto contenido en materia orgánica y una importante proporción de grasa, a su vez es un residuo rico en energía y biodegradable contienen 47,67% de humedad; 96,68 sólidos volátiles (% peso seco); 64,65 de carbono total (% ps); 3,54 de nitrógeno total (% ps); pH 5,91 (Alves, Villar y Mato, 2019, p.4).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada por el fin que persigue, ya que al aplicar tecnologías para la transformación de los lodos de la industria de pesquera se puede brindar un uso seguro y provechoso de estos residuos contribuyendo al cuidado del medio ambiente. A su vez, en esta investigación se realizó la manipulación de una variable independiente, por lo que se empleó un diseño de tipo cuasi experimental. Se establecieron tres tratamientos y un testigo, donde cada unidad experimental tuvo como dimensiones: 2 metros de largo 1,5 metros de ancho y 1 metro de altura; con una separación de un metro. Teniendo los siguientes arreglos: Proporción de (estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera, 1:1:0); Proporción de (estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera, 1:1:1); Proporción de (estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera, 1:1:2) y la proporción de (estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera, 1:1:3). Las cantidades que se emplearon de los tres insumos para realizar cada una de las proporciones propuestas se presentan en la tabla 02; mientras que el esquema experimental que siguió esta investigación se encuentra en la figura 01.

Tabla 02. *Composición de cada unidad experimental a partir de estiércol de vacuno (Kg), aserrín (Kg), lodo seco (Kg).*

Insumos	Proporción 1:1:0	Proporción 1:1:1	Proporción 1:1:2	Proporción 1:1:3	Total
Estiércol de vacuno (Kg)	150	100	75	60	385
aserrín (Kg)	150	100	75	60	385
lodo seco (Kg)	0	100	150	180	430
Base (Kg)	300	300	300	300	1200

Fuente: Elaboración propia.

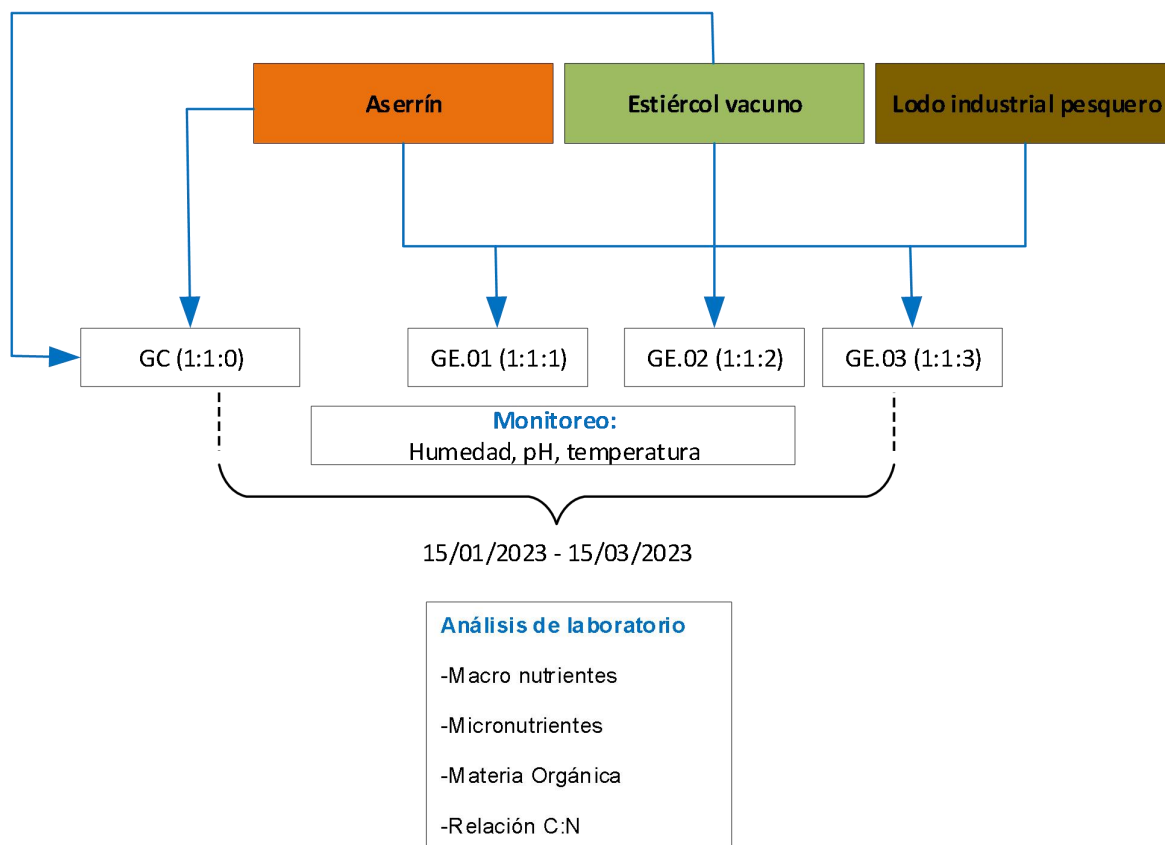


Figura 01. *Esquema experimental.*

3.2 Variables y Operacionalización

En esta investigación se estudió 2 variables, donde la variable independiente proporción de lodo seco industrial pesquero se trabajó en 4 niveles (1:1:0; 1:1:1; 1:1:2; 1:1:3) con la finalidad de evaluar el efecto que este tendrá sobre la variable dependiente producción de compost, la cual tuvo como indicadores de calidad el % de NPK, micronutrientes (Na, Ca, Mg), % MO. y relación de C/N (Ver anexo 01, matriz de operacionalización de variables).

3.3 Población, muestra y muestreo, unidad de análisis

Son todo el volumen de lodos secos provenientes de la industria pesquera que se depositan en las instalaciones de la EORS Alto Chicama ubicada en el sector La Soledad, Chicama, siendo aproximadamente 10 toneladas.

Para elaborar compost a partir del lodo industrial pesquero se empleó como muestra la cantidad de 430 Kg, los cuales se distribuyeron proporcionalmente en las 4 formulaciones propuestas de la Tabla 02.

El muestreo aplicado en esta investigación fue de tipo no probabilístico por conveniencia, ya que no se basa en el azar, sino en el criterio del investigador para elegir a los elementos que incluirá en el estudio, debido a que el investigador puede decidir de manera arbitraria qué elementos del universo seleccionará (Otzen y Manterola, 2017, p.65).

Se consideró como unidad de análisis a cada una de las 4 pilas armadas para la producción de compost con cuatro diferentes proporciones de fuente de N (estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera) evaluando la calidad del producto final obtenido por triplicado.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó fue la observación de laboratorio que se realiza con 3 grupos experimentales previamente determinados, en condiciones de laboratorio, donde se recopilará los datos que se vayan produciendo como resultado de la experimentación. A su vez, se tuvo como instrumento la Guía de control del proceso de elaboración de compost, donde se recolectó los datos experimentales (Ver anexos 04 y 05), la cual fue validada previamente por expertos.

3.5 Procedimiento

Se inició con la obtención de los 3 insumos, de los cuales se tomó una muestra para la determinación de humedad. Luego estos fueron pesados de acuerdo a las cantidades descritas en la tabla 02, y se procedió al armado de las pilas composteras, se inició colocando cada insumo extendiendo en el área destinada capas de 15 cm de espesor, por cada insumo hasta incorporar todos los insumos en su totalidad, se humectó el medio con riego manual y se cubrió con malla fina. Cada semana se realizó volteos mecánicos, así como el riego para mantener la humedad (30 a 60%) monitoreando la humedad, el pH y la temperatura (ver anexo 06), durante las cuatro etapas del proceso de

elaboración de compost, en un tiempo aproximado de 12 semanas, registrando los parámetros mencionados en la ficha de control de compost (ver anexo 04).

Al finalizar el proceso, se procedió a la cosecha del compost, se realizó el tamizaje con malla fina y se ensacó en sacos de 30 Kg, se tomó muestras de 1 Kg. En bolsas siploc de alta densidad de cada grupo experimental y del grupo control, para ser llevadas a laboratorio fisicoquímico para determinar el contenido de macronutrientes (NPK) y micronutrientes (Na, Mg, Ca) (los métodos empleados para el análisis de cada parámetro se describen en el anexo 07). Finalmente, se realizó la comparación de las medias obtenidas de cada grupo experimental con los valores de calidad de compost presentes en las normas de calidad en USA, México, Colombia y Chile (Tabla 01), determinando así la mejor proporción de uso de lodo seco industrial pesquero en la producción de compost.

3.6 Método de análisis de datos

Los datos de los parámetros fisicoquímicos que se recogieron por triplicado de cada compost obtenido por grupo experimental y grupo control, se presentaron como valores promedio, se realizó un análisis de ANOVA de una vía mediante el software de IBM SPSS Statistics 22.0, y la prueba de Duncan para comparaciones múltiples donde el valor de prueba que se utilizó para la validación estadística fue del 5% significancia.

3.7 Aspectos éticos

La información recolectada tras la realización del proyecto se manejó con mucha discreción y transparencia, garantizando el respeto, la veracidad y confiabilidad de la información recogida, que se manejó con discernimiento y sensatez, se hizo una tabulación objetiva de los mismos y la presentación de la información fue de manera clara y objetiva. Así como también en esta investigación se consideró los 2 principios éticos como son: El principio de autonomía que tiene el investigador para usar su criterio en la toma de decisiones con libertad y autonomía. También, se respetó el principio de beneficencia, debido a que esta investigación busco una obligación moral que beneficie a la comunidad universitaria y la sociedad en general (Espinoza y Calva, 2020, p. 11; López y Zuleta, 2020, p.32).

IV. RESULTADOS

Para la determinación de la calidad de los lodos se realizó un estudio de caracterización en el que se evaluaron los parámetros que se observan en la tabla 03.

Tabla 03. Composición fisicoquímica y microbiológica de los lodos secos de la industria pesquera.

Parámetros	Unidad	Muestra lodo industrial pesquero
Macro y micronutrientes:		
Materia orgánica	%	37,23
Nitrógeno total	%	3,78
Relación C/N	-	5,71
Fósforo, P ₂ O ₅	%	8,7(*3,85)
Potasio, K ₂ O	%	8,24(*6,83)
Calcio, CaO	%	1,29(*0,92)
Magnesio, MgO	%	0,6(*0,35)
Sodio, Na	%	1,07
Fisicoquímicos:		
pH	-	8,5
Temperatura	°C	20
Humedad	%	< al 10%
Microbiológicos:		
Coliformes Fecales	NMP/g	0,60
<i>Salmonella spp</i>	NMP/g	<25
Huevos de helmintos (Viabiles)	HE/g	60

Nota: *Valores convertidos del contenido porcentual del compuesto al elemento fundamental.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 03 se muestran los resultados de la caracterización de los lodos residuales en los cuales se avaluó parámetros de toxicidad, higienización, fisicoquímicos y contenido de macro y micronutrientes. Es así, que tras la caracterización de los lodos industriales pesqueros en su contenido de macronutrientes se encontró un contenido importante de nitrógeno (>3%), el cual comparado con las normas de U.S.A.EPA 40 CFR 503 (1994) indican que el compost de calidad debe contener entre 2,4 a 5,0 % de N. demostrado así el gran potencial que presentan los lodos como materiales ricos en nitrógeno para la elaboración de abonos orgánicos. Además, tras la caracterización microbiológica en los parámetros de higienización se encontró la presencia de

huevo de helmintos no viables, baja presencia de coliformes y de salmonella; por lo que estos valores se encuentran por debajo a lo establecido para poder ser aplicables al suelo sin restricciones sanitarias.

Además, tras la caracterización de los lodos se procedió a formular pilas composteras para las cuales se varió el contenido de los insumos en cuatro proporciones (1:1.1; 1:1.2; 1:1.3; 1:1.0, empleando estiércol de ganado vacuno, aserrín y lodo seco industrial pesquero respectivamente). Los parámetros monitoreados durante el proceso de compostaje tuvieron una duración aproximada de 12 semanas, los cuales se presentan en las figuras 02, 03, 04.

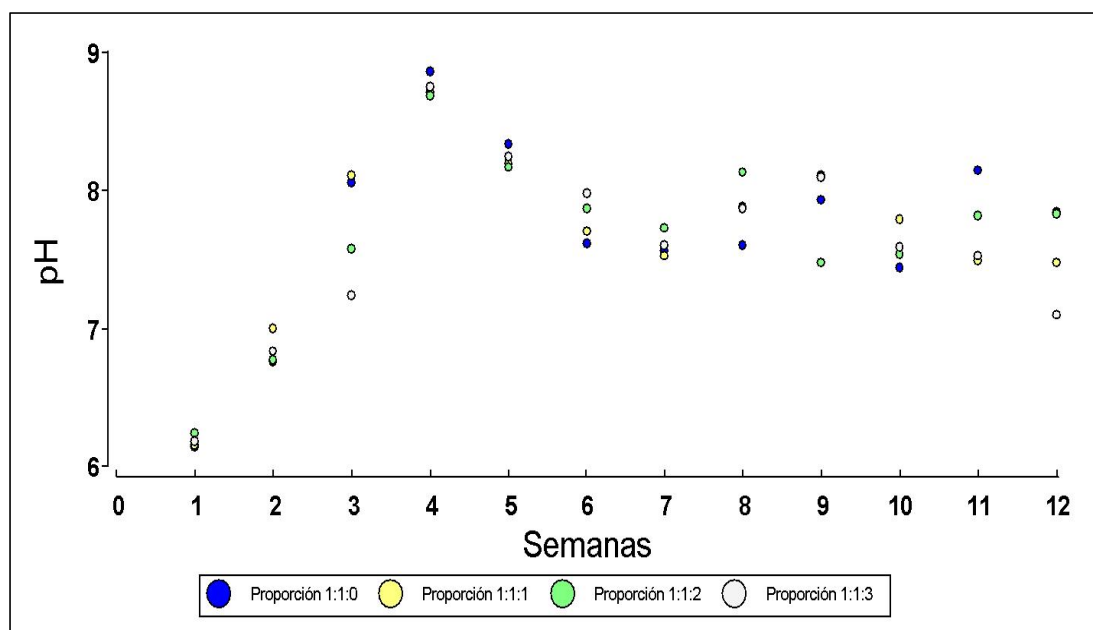


Figura 02. Control de pH durante proceso de compostaje observando cuatro pilas composteras a proporciones (1:1.1; 1:1.2; 1:1.3; 1:1.0), empleando estiércol de ganado vacuno, aserrín y lodo seco industrial pesquero respectivamente, durante 12 semanas.

En la figura 02 se tiene el registro del comportamiento del pH a lo largo de 12 semanas, en el cual se puede apreciar que hacia la tercera semana se produce un incremento de los valores de pH en las pilas por la producción de amoníaco, lo cual da un indicador del inicio de la fase termofílica, luego en la semana 7 el pH baja producto de la reactivación de los organismos mesófilos que dentro de sus productos se encuentran ácidos orgánicos que descienden el pH del medio, indicando así el inicio de la fase mesofílica II.

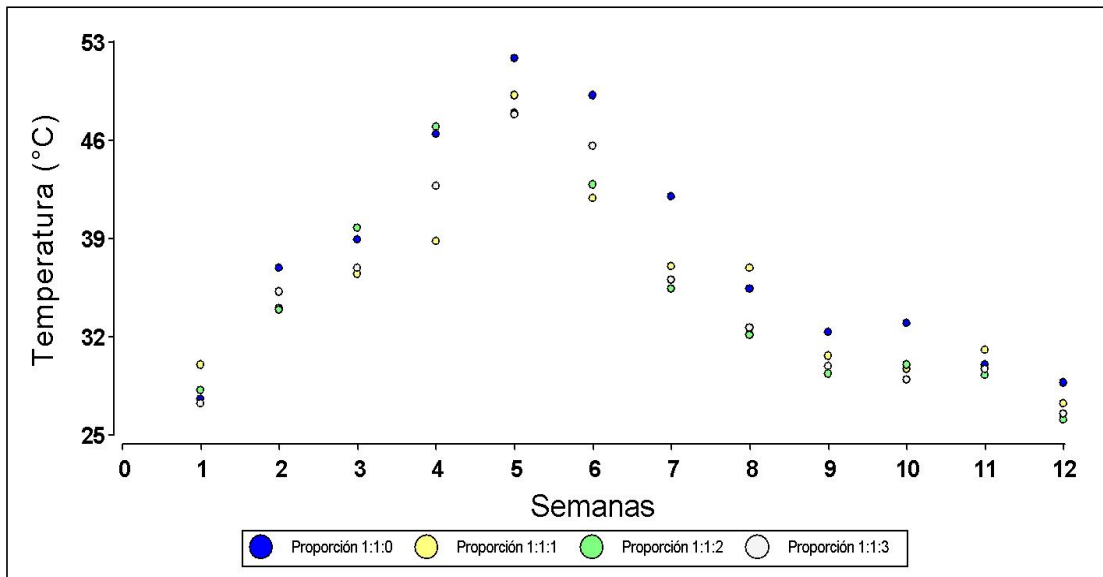


Figura 03. Control de Temperatura durante proceso de compostaje observando cuatro pilas composteras a proporciones (1:1:1; 1:1:2; 1:1:3; 1:1:0), empleando estiércol de ganado vacuno, aserrín y lodo seco industrial pesquero respectivamente, durante 12 semanas.

En la figura 03 se muestra la variación de la temperatura a lo largo del proceso de compostaje durante un tiempo de 12 semanas en las cuales se puede identificar la fase I o mesofílica donde la temperatura del medio comenzó a elevarse durante la semana 1 y 3 alcanzando temperaturas aprox. de 45°C en las cuatro pilas; durante esta fase ocurre una descomposición del C, el N y la materia orgánica presentes en sus formas más sencillas, por acción de los microorganismos desprendiendo calor. No obstante, a partir de la semana 4 se empezó a registrar temperaturas mayores a 45°C, indicando el inicio de la fase termofílica en el proceso que duro aproximadamente hasta la semana 6, siendo importante llegar a estas temperaturas porque es durante esta etapa que se produce la higienización del compost y una descomposición de las fuentes de C más complejas como la celulosa y la lignina ($T > 55^{\circ}\text{C}$). En esta etapa se produce también un incremento del pH debido a la producción de amoníaco. A la semana 7 se registró un descenso de la temperatura ($T < 45^{\circ}\text{C}$), lo que indica el paso a la fase de enfriamiento o mesofílica II. Finalmente, en la semana 9 se registró una caída de temperatura, la cual fue progresiva hasta la semana 12, donde la temperatura se mantuvo entre 35 y 28°C.

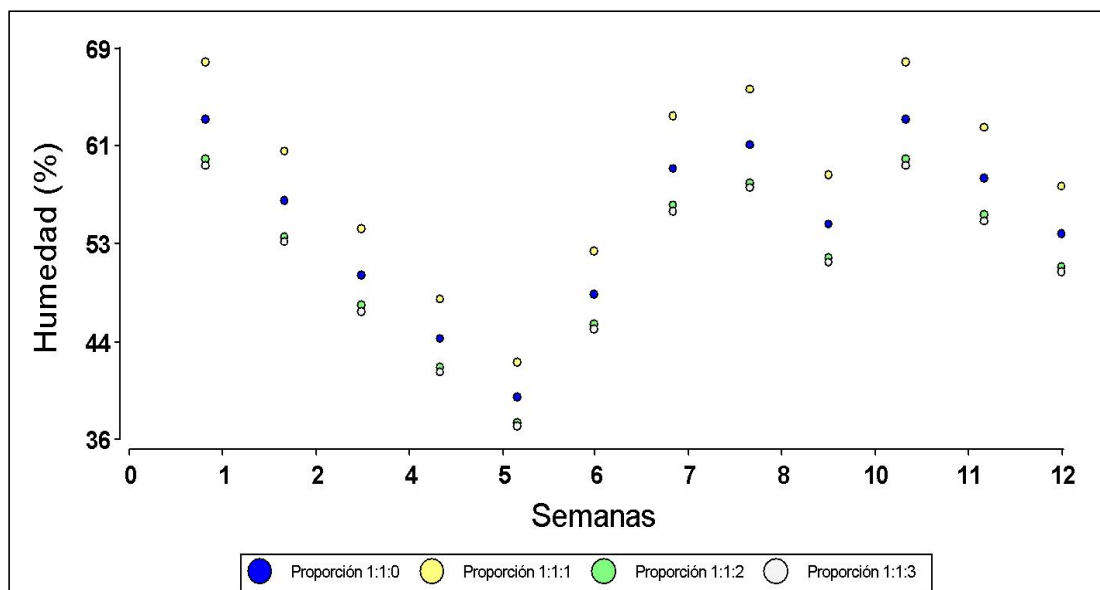


Figura 04. Control de Humedad durante proceso de compostaje observando cuatro pilas composteras a proporciones (1:1:1; 1:1:2; 1:1:3; 1:1:0), empleando estiércol de ganado vacuno, aserrín y lodo seco industrial pesquero respectivamente, durante 12 semanas.

En la figura 04 se tiene el registro del seguimiento de la humedad de las cuatro pilas composteras a lo largo del proceso, la cual se buscó mantener entre valores de 40 a 60% para favorecer la descomposición de los materiales. Sin embargo, se aprecia que en la semana 5 se tuvo valores bajos de humedad debido a la excesiva evaporación de agua por fuertes olas de calor que se experimentaron la ciudad. Así mismo, se puede notar también que existieron valores de humedad superiores al 60%, los cuales fueron originados por la presencia de lluvias anómalas registradas durante el tiempo de ejecución del experimento.

Así mismo, se realizó un control de la aireación en las pilas mediante volteo manual para evitar que el material se compacte o se encharque. La frecuencia de volteo fue mayor durante la fase termofílica (aprox. 1 volteo semanal), debido a que durante esta etapa se tiene un mayor consumo de oxígeno; para lo cual se consideró tomar como referencia la temperatura del medio; ya que, si esta se incrementaba excesivamente, se realizaba el volteo con una mayor frecuencia.

Al finalizar el proceso de compostaje, se procedió a la cosecha del compost maduro mediante tamizaje manual y ensacado de los 4 compost producidos; se tomó muestras de 1Kg en bolsas de polietileno de alta densidad con cierre hermético y se llevó a analizar estas a laboratorio químico para determinar los parámetros de calidad del compost. En la tabla 04 se presentan los resultados obtenidos para cada proporción de estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera empleada en la producción de compost.

Tabla 04. Calidad de macro y micronutrientes del compost maduro obtenido para cada proporción (P1=1:1:0; P2=1:1.1; P3=1:1:2; P4=1:1:3;) de estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera respectivamente.

Parámetros	Unidad	Muestras			
		P1	P2	P3	P4
Materia orgánica	%	77,91	78,78	78,52	78,16
Nitrógeno total	%	1,26	1,44	1,65	1,79
Relación C/N	-	35,87	31,73	27,60	25,33
Fósforo, P ₂ O ₅	%	0,52(0,226*)	0,69(0,30*)	1,26(0,55*)	1,08(0,47*)
Potasio, K ₂ O	%	1,46(1,21*)	1,13(0,93*)	0,81(0,67*)	1,17(0,97*)
Calcio, CaO	%	2,17(1,55*)	3,13(2,23*)	2,77(1,97)	1,61(1,15)
Magnesio, MgO	%	2,03(1,19*)	1,54(0,90)	1,23(0,72)	0,96(0,56)
Sodio, Na	%	0,87	0,86	0,58	0,72

Nota: *Valor convertido a porcentaje del elemento.

En la tabla 04 se presentan los resultados obtenidos tras la cosecha del compost maduro; se aprecia que se tiene alto contenido de materia orgánica en las cuatro proporciones, además, el porcentaje de nitrógeno fue mayor en las proporciones 3 y 4 (1,65 y 1,79% respectivamente). En cuanto a la relación C/N final se aprecia que las cuatro proporciones mantienen una relación de carbono y nitrógeno equilibrada. En el contenido de fósforo(P₂O₅) el experimento P3 y P4 presentaron un mayor porcentaje (1,26%, 1,08% respectivamente). En el contenido de potasio (K₂O) se apreció una mayor presencia en el experimento P1 y P4 (1,46%; 1,17% respectivamente). Para contenido de calcio (CaO) se encontró mayor concentración en el experimento P2 y P3 (3,13%; 2,77%). En el contenido de magnesio (MgO) se encontró mayor presencia en el

experimento P1 y P2 (2,03%; 1,54%). Finalmente, para el contenido de sodio se tuvo valores bajos en las 4 proporciones, siendo la más baja encontrada en el experimento P3 (0,58%).

A partir de los resultados obtenidos se procedió a realizar el análisis de varianza ANOVA para determinar si existe diferencia significativa en la calidad de macro y micronutrientes obtenida en cada una de las cuatro proporciones ensayadas de empleo de lodo industrial pesquero para la producción de compost, dichos resultados se presentan en la tabla 05.

Tabla 05. Análisis de varianza aplicado a las variables de calidad de compost para cuatro tipos de compost obtenidos a proporciones (1:1.1; 1:1:2; 1:1:3; 1:1:0), empleando estiércol de ganado vacuno, aserrín y lodo seco industrial pesquero respectivamente.

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Materia orgánica	Entre grupos	1,33	3	,443	,119	,946
	Dentro de grupos	29,79	8	3,725		
	Total	31,12	11			
Nitrógeno total	Entre grupos	,48	3	,163	110,44	,000
	Dentro de grupos	,01	8	,001		
	Total	,50	11			
Relación C/N	Entre grupos	194,84	3	64,948	122,93	,000
	Dentro de grupos	4,22	8	,528		
	Total	199,07	11			
Fósforo (P ₂ O ₅)	Entre grupos	1,05	3	,350	518,33	,000
	Dentro de grupos	,005	8	,001		
	Total	1,05	11			
Potasio (K ₂ O)	Entre grupos	,63	3	,212	273,90	,000
	Dentro de grupos	,006	8	,001		
	Total	,64	11			
Calcio (CaO)	Entre grupos	4,03	3	1,345	340,55	,000

	Dentro de grupos	,03	8	,004		
	Total	4,06	11			
Magnesio (MgO)	Entre grupos	1,89	3	,633	562,31	,000
	Dentro de grupos	,009	8	,001		
	Total	1,90	11			
Sodio (Na)	Entre grupos	,16	3	,056	140,18	,000
	Dentro de grupos	,003	8	,000		
	Total	,17	11			

En la tabla 05 se observa los resultados de la prueba de ANOVA, el valor de probabilidad obtenida al comparar las medias de los parámetros de calidad de compost de las cuatro proporciones ensayadas, resulto ser menor al valor de alfa (0.05) fijado para el contraste; por lo que se puede afirmar que en al menos una de las proporciones ensayadas la media difiere significativamente de las obtenidas por el resto de las proporciones. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa en las medias del contenido de materia orgánica de las cuatro proporciones ensayadas ($\bar{X}_{P1} = \bar{X}_{P2} = \bar{X}_{P3} = \bar{X}_{P4}$); el p-valor $>0,05$. Es así que se procedió a realizar el análisis de comparaciones múltiples por pares mediante el test de Duncan para identificar cuáles son las proporciones que difieren en los parámetros de calidad de compost.

Tabla 06. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro contenido de nitrógeno para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.

Proporciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
(1:1:0)	3	1,2600			
(1:1:1)	3		1,4400		
(1:1:2)	3			1,6500	
(1:1:3)	3				1,7900
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

En la tabla 06 se puede identificar que el contenido de nitrógeno fue mayor en el compost obtenido con la proporción (1:1:3); y que a su vez este contenido fue diferente del obtenido por el resto de las proporciones empleadas, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 07. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro Relación C/N final para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.

Proporciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
(1:1:3)	3	25,3300			
(1:1:2)	3		27,6000		
(1:1:1)	3			31,7300	
(1:1:0)	3				35,8700
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

En la tabla 07 se puede identificar que la relación final de C/N fue mayor en el compost obtenido con la proporción (1:1:0); y que a su vez este contenido fue diferente del obtenido por el resto de las proporciones empleadas, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 08. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro fósforo para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.

Proporciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
(1:1:0)	3	,5200			
(1:1:1)	3		,6900		
(1:1:3)	3			1,0800	
(1:1:2)	3				1,2600
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

En la tabla 08 se puede identificar que el contenido de fósforo fue mayor en el compost obtenido con la proporción (1:1:2); y que a su vez este contenido fue diferente del obtenido por el resto de las proporciones empleadas, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 09. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro potasio para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.

Proporciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
(1:1:2)	3	,8100		
(1:1:1)	3		1,1300	
(1:1:3)	3		1,1700	
(1:1:0)	3			1,4600
Sig.		1,000	,116	1,000

En la tabla 09 se puede identificar que el contenido de potasio fue mayor en el compost obtenido con la proporción (1:1:0); y que a su vez este contenido fue diferente del obtenido por el resto de las proporciones empleadas, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 10. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro calcio para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.

Proporciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
(1:1:3)	3	1,6100			
(1:1:0)	3		2,1700		
(1:1:2)	3			2,7700	
(1:1:1)	3				3,1300
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

En la tabla 10 se puede identificar que el contenido de calcio fue mayor en el compost obtenido con la proporción (1:1:1); y que a su vez este contenido fue diferente del obtenido por el resto de las proporciones empleadas, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 11. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro magnesio para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.

Proporciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
(1:1:3)	3	,9600			
(1:1:2)	3		1,2300		
(1:1:1)	3			1,5400	
(1:1:0)	3				2,0300
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

En la tabla 11 se puede identificar que el contenido de magnesio fue mayor en el compost obtenido con la proporción (1:1:0); y que a su vez este contenido fue diferente del obtenido por el resto de las proporciones empleadas, con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 12. Comparaciones múltiples de Duncan evaluando el parámetro sodio para las cuatro proporciones ensayadas para la producción de compost.

Proporciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
(1:1:2)	3	,5800		
(1:1:3)	3		,7200	
(1:1:1)	3			,8600
(1:1:0)	3			,8700
Sig.		1,000	1,000	,557

En la tabla 12 se puede identificar que el contenido de sodio fue mayor en el compost obtenido con las proporciones (1:1:1 y 1:1:0); los cuales no difieren significativamente ($p\text{-valor} > 0,05$); y a su vez este contenido fue diferente del obtenido por el resto de las proporciones empleadas, con un nivel de confianza del 95%.

V. DISCUSIÓN

Según los resultados de la caracterización de lodos residuales industriales pesqueros contenida en la tabla 03 se pudo identificar que estos poseen propiedades químicas favorables para su aprovechamiento en la fertilización de suelos. En cuanto al contenido de macronutrientes se encontró valores altos de NPK (3,78%; 3,85%; 6,83%); concordando con lo mencionado por Aranganathan et al (2019, p.2) y Gao (2021, p.5) que afirman que estos residuos son fuente rica de compuestos nitrogenados como proteínas y aminoácidos, que mediante el compostaje se puede obtener enmiendas orgánicas valiosas para el suelo en aplicaciones agrícolas; además de ello se reduciría considerablemente la contaminación ambiental generada por la acumulación de estos residuos (Lanno et al., 2021, p.3). Así mismo, se encontró similares resultados por Zhang et al (2020, p.3) para N y P de 4,7%; 2,4%. Incluyendo el trabajo de Alves, Villar y Mato (2019, p.4) que reportan un contenido de nitrógeno en lodos pesqueros de 3,54%, al igual que Fuentes (2015, p.30) que caracterizó lodos de una empresa pesquera encontrando contenido de NPK de 3,36%; 2,5%; 0,06% respectivamente; calcio 10%; magnesio 0,58%. Sin embargo, se encontró autores que presentan valores inferiores de estos nutrientes como Balkhande (2020, p.2) quien reporto valores de NPK de 1,18%, 0,48% y 0,58% respectivamente. De la misma forma que Párraga (2016, p.23) al evaluar las características fisicoquímicas de biosólidos de una procesadora de pescado, encontrando contenidos de N menores a 1%. Entendiéndose que este insumo rico en nutrientes presenta un gran potencial como fuente segura de nutrientes para el campo, pero se deben de realizar más estudios de caracterización de estos para lograr un mayor interés por las empresas y sector agrícola por este recurso; ya que con la normativa vigente estos residuos son retirados de las plantas procesadoras de pescado y dispuestos en rellenos sanitario.

Por otro lado, se realizó el aprovechamiento de los lodos industriales pesqueros mediante la producción de compost basada en la formulación de cuatro proporciones diferentes empleando como insumos (estiércol de vaca,

aserrín y lodo seco de la industria pesquera). Para lo cual se empleó un sistema de pilas. Tras el monitoreo se pudo registrar parámetros importantes como la temperatura, pH y humedad; donde los autores refieren que es necesario realizar un control adecuado del proceso para lograr los objetivos buscados en la obtención de un producto final de calidad. Es así, que para asegurar una higienización adecuada Castillo (2019) menciona que se debe alcanzar la fase termófila durante el proceso, ya que se genera calor en un tiempo determinado lo suficiente para destruir bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Además, nos mencionan que se debe mantener la humedad adecuada (30 a 60%) para tener una descomposición uniforme a lo largo de la pila, donde el agua en el medio favorecerá la disponibilidad de los nutrientes para los microorganismos descomponedores; evitando sobresaturar esta, ya que propiciará la generación de lixiviados no deseados al suelo (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p.48). La aireación también es otro parámetro importante a controlar, el cual se puede realizar mediante aireación forzada o natural; ya que se debe garantizar una descomposición aerobia de las fuentes de carbono para evitar la generación de olores por entrar en una etapa de anaerobiosis (Suarez, 2020, p.35).

Finalmente, se evaluó la calidad del compost maduro obtenido para cada proporción de estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera, presentando contenidos altos de macro y micro nutrientes (Tabla 04). Dichos resultados se compararon entre el compost obtenido en cada proporción, encontrándose diferencias significativas (p -valor $<0,05$) en los contenidos de nitrógeno total (NT), donde el valor más alto se obtuvo con la P4 (1,79%); en la relación C/N final, el compost en la P4 y P3 presentaron una mejor relación (25,33; 27,6 respectivamente) además fueron diferentes (p -valor $<0,05$). En el contenido de fósforo la P3 presentó el valor más alto (1,26%) y diferente del resto (p -valor $<0,05$). En el contenido de potasio la P1 presentó el mayor porcentaje (1,46) siendo diferente del resto (p -valor $<0,05$). En cuanto al contenido de micronutrientes el mayor contenido de calcio se encontró en la P2 (3,13%) y fue diferente del resto (p -valor $<0,05$). En el contenido de magnesio la P1 presentó el mayor porcentaje (2,03) siendo diferente del resto (p -valor $<0,05$). Finalmente se tuvo los resultados del contenido de sodio,

siendo mayor en la P1 y P2 (0,87;0,86% respectivamente) no siendo estos diferentes (p -valor $>0,05$). Estos resultados se compararon con algunas normas internacionales de calidad de compost para determinar la calidad del producto obtenido al emplear los lodos industriales pesqueros en cuatro diferentes proporciones. Las normas de Chile NCh2880-2004 (citada de García, 2017, p.62) y NTC (citada de Bailón y Florida, 2021, p.6) indican que el contenido de nitrógeno debe ser \geq a 0,5 % y $>1\%$; el IIAP- Iquitos (citado por Castillo, 2019, p.36) considera un rango de 0,8%-1,5%; es así que todas las proporciones ensayada si cumple con este requisito. Dichas normas también consideran que la relación C/N final que se debería obtener estar entre 15 y 30; por lo que las P4 y P3 si cumplen dicho requerimiento (relación C/N de 25,33; 27,6 respectivamente). También establecen los valores para el contenido de fósforo ($> 0,1\%$; $>1\%$), encontrándose que si se cumple en este parámetro en las cuatro proporciones ensayadas. Para el contenido de potasio las normas consultadas indican que se debe encontrar en una concentración ($> 0,25\%$; $>1\%$), se verifico que también se cumple con este parámetro en las cuatro proporciones evaluadas. No obstante, el IIAP- Iquitos presenta valores para calcio y magnesio en el compost de (2-6% y 0,2-0,7% respectivamente); los valores encontrados de estos parámetros cumplieron también con este criterio. No obstante, el contenido de materia orgánica se indica que debe ser superior al 20%; en todas las muestras obtenidas se encontró valores altos ($>60\%$) en este parámetro, lo cual podría indicar la falta de madurez del producto. Además, se comparó los resultados obtenidos en los parámetros del compost con otros autores, como Gallardo (2021) al emplear estiércol de cuy obtuvo un compost con valores muy similares a los de este estudio, con valores de NPK de (1,93, 0,99 y 3,75% respectivamente). Se encontró también a Castillo (2020) que compostó residuos se aserrín y excretas humanas obteniendo concentraciones altas de P (0,6-0,73%); K (0,68-0,90%); materia orgánica (76,57-80,57%) C/N (16,54-21,5), N (2,06-2,58%); esto fue debido a que para el caso de excretas humanas se refiere que estas presentan altos contenidos de nutrientes y materia orgánica.

VI. CONCLUSIONES

Se realizó una caracterización química y microbiológica de los lodos secos de la industria pesquera encontrándose contenidos elevados de macro y micronutrientes; materia orgánica; a su vez se encontró presencia de contaminación microbiológica, por lo que se realizó un tratamiento de higienización.

Se realizó la elaboración de compost mediante pilas composteras empleando lodos industriales pesqueros estabilizados, aserrín y estiércol vacuno ensayando cuatro proporciones de estos, se monitoreo el proceso durante 3 meses controlando el pH, humedad y temperatura identificándose las cuatro fases del proceso de compostaje.

Al final del proceso de compostaje se tomó muestras de las 4 proporciones ensayadas y se analizó los parámetros de calidad del compost, los cuales se compararon con la normativa nacional e internacional existente para este producto, determinándose que el compost de los cuatro ensayos cumple con estos criterios; además el compost obtenido con la proporción P4 fue el que presento las mejores características en disponibilidad de NPK (1,79; 1,08 y 1,17); y relación C/N final (25,33); mientras que en contenido de micronutrientes la P2 consiguió valores más altos(Ca: 3,13; Mg:1,54).

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más estudios de caracterización de los lodos residuales de la industria pesquera ya que esto permitirá tener mejor información para su aprovechamiento seguro para la agricultura.

Realizar ensayos del compost obtenido de los lodos industriales pesqueros aplicándolo como enmiendas al suelo y su evaluación con el crecimiento de especies vegetales de ciclo corto.

REFERENCIAS

AHUJA, Ishita, et al. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming–with status in Norway: A review. *Waste Management*, [en línea]. 2020, vol. 115, p. 95-112. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.025>
ISSN 0956-053X

ALVES David, VILLAR Iria y MATO Salustiano. Thermophilic composting of hydrocarbon residue with sewage sludge and fish sludge as cosubstrates: Microbial changes and TPH reduction, *Journal of Environmental Management*, [en línea]. Volume 239, 2019, Pages 30-37. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.028>.
ISSN 0301-4797

ARANGANATHAN, L., et al. Evaluation of biomolecular characteristics and phytotoxic effects of organic fish co-composts developed from fish industrial processing wastes. En *Biotechnology and Biological Sciences*. [en línea]. CRC Press, 2019. p. 224-229. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003001614-37/evaluation-biomolecular-characteristics-phytotoxic-effects-organic-fish-co-composts-developed-fish-industrial-processing-wastes-aranganathan-radhika-rajasee-remya-suman-gayathri>
ISBN: 9781003001614.

BAILON Rojas, Marlon Ricardo y FLORIDA Rofner, Nelino. Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE* [online]. 2021, vol.12, n.1 [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422021000100001&lng=es&nrm=iso
ISSN 1390-6542.

BROD Eva y FALK Øgaard Anne, Closing global P cycles: The effect of dewatered fish sludge and manure solids as P fertiliser, *Waste Management*. [en línea]. Volume 135, 2021, Pages 190-198. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.08.041>.
ISSN 0956-053X

BROD, Eva, et al. Drying or anaerobic digestion of fish sludge: Nitrogen fertilisation effects and logistics. [en línea]. 852–864. 2017. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0927-5>

BROWN Steele, Anthony. Planteamiento de alternativas para el tratamiento de los residuos sólidos en san Andrés isla, estrategias de manejo, objetivos de desarrollo sostenible. 2022. Tesis (Ingeniería Ambiental). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/49701>.

BUSATO, Jader Galba, et al. Recycling of wastes from fish beneficiation by composting: chemical characteristics of the compost and efficiency of their humic acids in stimulating the growth of lettuce. Environmental Science and Pollution Research. [en línea]. 2018, vol. 25, no 36, p. 35811-35820. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0795-3>

ISSN 0944-1344

BALKHANDE, Jayvardhan V. Elaboración de fertilizantes orgánicos a partir de desechos de pescado y cangrejo: de los desechos a la mejor tecnología. Revista Internacional de Pesca y Estudios Acuáticos. [en línea]. 2020, vol. 8, nº 2, pág. 01-05. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Dr-Jayvardhan-Balkhande/publication/339749717_International_Journal_of_Fisheries_and_Aquatic_Studies_2020_82_01-](https://www.researchgate.net/profile/Dr-Jayvardhan-Balkhande/publication/339749717_International_Journal_of_Fisheries_and_Aquatic_Studies_2020_82_01-05_Devising_of_organic_fertilizer_from_fish_and_crab_wastes_Waste_to_best_technology/links/5e62848f4585153fb3c56fe7/International-Journal-of-Fisheries-and-Aquatic-Studies-2020-82-01-05-Devising-of-organic-fertilizer-from-fish-and-crab-wastes-Waste-to-best-technology.pdf)

[05_Devising_of_organic_fertilizer_from_fish_and_crab_wastes_Waste_to_best_technology/links/5e62848f4585153fb3c56fe7/International-Journal-of-Fisheries-and-Aquatic-Studies-2020-82-01-05-Devising-of-organic-fertilizer-from-fish-and-crab-wastes-Waste-to-best-technology.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dr-Jayvardhan-Balkhande/publication/339749717_International_Journal_of_Fisheries_and_Aquatic_Studies_2020_82_01-05_Devising_of_organic_fertilizer_from_fish_and_crab_wastes_Waste_to_best_technology/links/5e62848f4585153fb3c56fe7/International-Journal-of-Fisheries-and-Aquatic-Studies-2020-82-01-05-Devising-of-organic-fertilizer-from-fish-and-crab-wastes-Waste-to-best-technology.pdf)

ISSN: 2347-512

CASTILLO Huaman, Lady Cely. Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2020. Tesis (Ingeniero Ambiental), Huancayo: Universidad Continental. 2020.

Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf

CRISTIANO Silvio, et al. Innovative options for the reuse and valorisation of aquaculture sludge and fish mortalities: Sustainability evaluation through Life-Cycle Assessment, Journal of Cleaner Production. [en línea]. Volume 352, 2022, 131613, [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131613>.

ISSN 0959-6526

ESPINOZA Freire, Eudaldo Enrique; CALVA Nagua, Daniel Xavier. La ética en las investigaciones educativas. Revista Universidad y Sociedad. [en línea]. 2020, vol. 12, no 4, p. 333-340. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2218-36202020000400333

FUENTES Silva, Javier Esteban. Estudio de las propiedades de los lodos de una planta procesadora de harina y aceite de pescado: Tratamiento y Valorización. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Puerto Montt: Universidad Austral de Chile. 2015

Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/bpmfcif954e/doc/bpmfcif954e.pdf>

GALLARDO Minaya, Kelsy Pamela. Elaboración del compostaje a nivel sostenible de proyectos mineros en fase de exploración. 2021. Tesis (Ingeniero Ambiental), Huancayo: Universidad Continental. 2020.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10544>

GARCÍA Prado, Ximena. Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de microorganismos eficientes en un proceso de compostaje. Tesis (Magister en Ciencias Ambientales), Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2017.

Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2823>

GAO Yueshu, et al. Enhancing nutrient recovery from fish sludge using a modified biological aerated filter with sponge media with extended filtration in aquaponics, *Journal of Cleaner Production*. [en línea]. Volume 320, 2021, 128804. [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128804>.

ISSN 0959-65.

GONZÁLEZ Provost, Pablo José, et al. Calculadora de plantas de compostaje en pilas dinámicas. V Jornadas de la Red Española de Compostaje. [en línea]. 2017, p 34-38. [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/70313/calculadora.pdf?sequence=1>

GUZMÁN Anaya, José Miguel. Evaluación del compostaje de estiércol de caballo de un centro ecuestre en la región Lima. Tesis (Ingeniero Zootecnista), Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2021.

Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4921>

GUZMAN Dalbora, José Luis. La idea de proporción y sus implicaciones en la dogmática penal. *Polít. crim.* [en línea]. 2017, vol.12, n.24 [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2022].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33992017000201228>.

ISSN 0718-3399.

KONG Zhijian, et al. Evolution of various fractions during the windrow composting of chicken manure with rice chaff, *Journal of Environmental Management*. [en línea]. Volume 207, 2018, Pages 366-377, [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.023>.

ISSN 0301-4797

KURT Alexander. Empleo de microorganismos eficientes (biopreparado) en remoción del DBO5 y DQO de lodos residuales de industrias pesqueras, con base en compostaje. 2019. Tesis (Ingeniero en medio Ambiental). Calceta: ESPAM MFL.

Disponible en: <http://190.15.136.145/handle/42000/992>

KUSUMA, Ilga Mega, et al. Utilization of Fish Waste Processing as Compost Raw Material in Tambak Lorok Market. En E3S Web of Conferences. EDP Sciences. [en línea]. 2019. p. 07004. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912507004>

LANNO, Marge, et al. Distribution of Phosphorus Forms Depends on Compost Source Material. Resources. [en línea]. 2021, vol. 10, no 10, p. 102.

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/resources10100102>

LÓPEZ Vélez, Luis Emilio; ZULETA Salas, Guillermo León. El principio de beneficencia como articulador entre la teología moral, la bioética y las prácticas biomédicas. Franciscanum. Revista de las Ciencias del Espíritu. [en línea]. 2020, vol. 62, no 174, p. 7-7. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-14682020000200007

MARQUINEZ Moncayo, Julio Abigail; ZAMBRANO Rizo, Héctor Andrés. Aprovechamiento de lodos procedentes del procesamiento de harina de pescado de Tadel SA como alternativa en recuperar suelos para uso forestal. Tesis (Título profesional de Ingeniero en Medio Ambiente). Calceta: ESPAM MFL. 2021

Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1435/TTMA25D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MANCHA, M. Elaboración de compost con diferentes fuentes, proporciones y evaluación de la calidad en el distrito de San Jerónimo de Tunán. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental), Huancayo: Universidad Continental. 2018.

Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4693>

ORTIZ Dongo, Luis Felipe. Efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (Volteo) en el comportamiento del proceso de compostaje. Tesis (Ingeniero Zootecnista), Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2020.

Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4430>

OTZEN, Tamara; MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. International journal of morphology. [en línea]. 2017, vol. 35, no 1, p. 227-232. [Fecha de consulta:12 noviembre de 2022].

Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext

PÁRRAGA Cedeño, Anny. Biosólidos provenientes de aguas residuales de una procesadora de pescado aplicados al Cultivo de Maíz (*Zea mays* var. INIAP-528) en la Provincia de Manabí. Tesis (Maestro en ciencias), Guayaquil: Universidad de Guayaquil. 2016. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11870>

PILAR Román María M. y MARTÍNEZ Alberto Pantoja. Manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina. Revista del Compostaje [online], Santiago de Chile, 2013.
Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>.

QUEVEDO Gonzáles, Henry Norberto. Efecto de la aplicación de nuevas tecnologías en el tratamiento de las aguas de bombeo, sobre la calidad de los efluentes de la Empresa Pesquera Pelayo SAC de harina y aceite de pescado de puerto Supe. Tesis (Maestro en Gestión Ambiental), Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. 2016.
Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7811/Tesis%20Maestr%c3%adaX%20-%20Henry%20N.%20Quevedo%20Gonz%c3%a1les.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RADZIEMSKA, Maja, et al. Valorización del compost de desechos de pescado como fertilizante para uso agrícola. Valorización de Residuos y Biomasa. [en línea]. 2019, vol. 10, nº 9, pág. 2537-2545. [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0288-8>

RADZIEMSKA, Maja y MAZUR, Zbigniew. Efecto del compost a partir de subproductos de la industria pesquera sobre el rendimiento de los cultivos y el contenido de microelementos en el maíz. Revista de Ingeniería Ecológica. [online] 2015, vol. 16, nº 4. [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2022].
Disponible en: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-fe35532c-67c0-44c4-99f5-a9e2df1d15f1>

ROMÁN, Pilar; MARTÍNEZ, María M.; PANTOJA, Alberto. *Manual de compostaje del agricultorexperiencias en américa latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., 2013.
SUÁREZ Rivadeneira, Juan Eduardo. Elaboración de compost mejorado a partir de la valorización de los residuos orgánicos generados en el mercado y parada municipal de la ciudad de Bagua. Tesis (Ingeniero Ambiental), Chiclayo: Universidad Pedro Ruiz Gallo. 2020
Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8983>

VERA Rojas, Sheyla Pamela. Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa COPEINCA SAC. Tesis (Título de Ingeniero Ambienta y Seguridad Industrial). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2018.

Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1475>

VÁSQUEZ Chuquizuta, Miriam Isolina. Gestión del tratamiento de efluentes en la producción de harina de pescado en pesquera Hayduk SA. Tesis (Título profesional de Ingeniero Agroindustrial). Nuevo Chimbote: Universidad nacional de santa. 2021.

Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3840>

ZHANG Hong, et al. Recovery of nutrients from fish sludge in an aquaponic system using biological aerated filters with ceramsite plus lignocellulosic material media, *Journal of Cleaner Production*, [online] Volume 258, 2020, 120886, [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2022].

Disponile en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120886>.

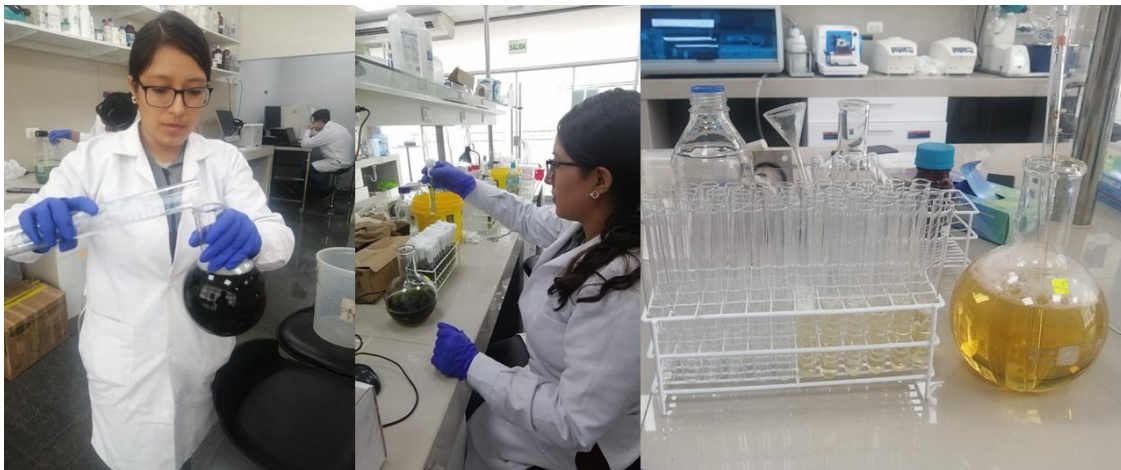
ISSN 0959-6526.

ANEXOS

Galería fotográfica



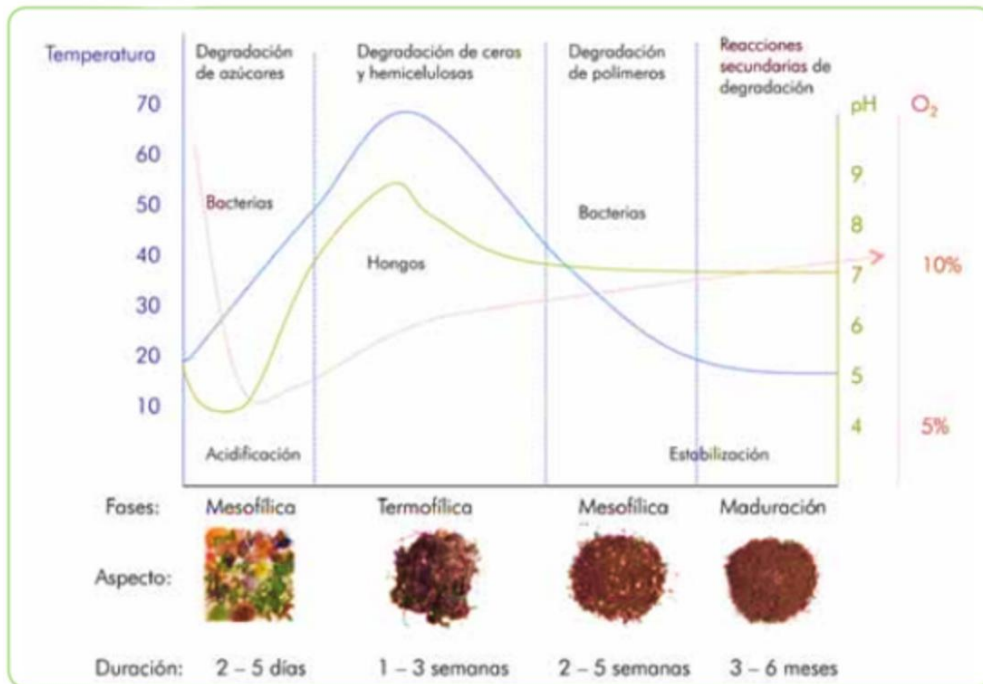
Determinación de humedad



Análisis microbiológicos

Fuente: Propia

Imagen N°1: Proceso de compostaje



Fuente: P. Roman, FAO

Anexo 01:

Tabla 13. Matriz de Operacionalización de variables.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VI. Proporción de lodo seco industrial pesquero.	La proporción es una relación de correspondencia entre la cantidad lodo seco industrial pesquero incorporado al proceso de compostaje. En tanto, el lodo industrial pesquero se define como: la acumulación de sólidos orgánicos sedimentables producto de distintos procesos de tratamiento de aguas residuales (Fuentes, 2015, p.27; Marquinez y Zambrano, 2021, p.20).	Se utilizarán proporciones de estiércol de vaca, aserrín y se variará las proporciones de lodo seco industrial pesquero (ver Anexo 03). Se controlarán así mismo la humedad, la temperatura, pH en el proceso de producción (ver Anexo 06).	Proporción de Estiércol de vaca, de aserrín y de Lodo seco.	(1:1:0) (1:1:1) (1:1:2) (1:1:3) %	Razón
			Humedad	°C	
VD. Producción de compost	El compost es el resultado final de la descomposición biológica de la materia orgánica realizada en condiciones controladas (Ortiz, 2020, p.17; Mancha, 2018, p.13). La calidad del compost viene determinada por las distintas propiedades y características que le dan la capacidad o aptitud del para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública	Se tomará muestras de cada una de las formulaciones de compost elaborado a partir de las proporciones establecidas del uso de la cantidad de lodo seco industrial pesquero incorporado, las cuales serán analizadas en laboratorio para determinar la composición de macro y micronutrientes, materia orgánica y la relación C:N inicial (ver Anexo 05).	Macro nutrientes	% (N, P, K)	Razón
			Micronutrientes	PPM (Na, Ca, Mg)	
			Materia Orgánica	% MO.	
			Relación C:N	C/N	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 02:

Fórmula 01. Cálculo de la relación carbono/nitrógeno

La fórmula empleada para realizar el cálculo de una adecuada relación de carbono nitrógeno en la mezcla de residuos al inicio del proceso es la siguiente (González, et al., 2017).

$$R = \frac{Q_1 \times C_1 \times (100 - M_1) + Q_2 \times C_2 \times (100 - M_2) + Q_3 \times C_3 \times (100 - M_3) + Q_4 \times C_4 \times (100 - M_4)}{Q_1 \times N_1 \times (100 - M_1) + Q_2 \times N_2 \times (100 - M_2) + Q_3 \times N_3 \times (100 - M_3) + Q_4 \times N_4 \times (100 - M_4)}$$

Dónde:

Q₁: Peso del ingrediente (Kg)





C₁: Contenido de carbono (% en peso)

M₁: Humedad del ingrediente (% en peso)

N₁: Contenido de nitrógeno (% en peso)

Anexo 03:

Tabla 14. Guía de control del proceso de elaboración de compost.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
Temperatura												
Ref temperatura	15°-40°		40°-65°			15°-40°			T°ambiente			
pH												
Ref pH	4-6		8-9			7-8			6-8			
Humedad												
Ref humedad	variable, dependiendo de la humedad de entrada, entre 30% - 60%.											
Aspecto												
Ref aspecto visual												

Fuente: FAO, 2013.

Anexo 04:

Tabla 15. Guía de observación de laboratorio.

FICHA TÉCNICA
TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"Evaluación del nivel óptimo del uso de lodos secos de la industria pesquera para la producción de compost, Chicama, 2023"														
DATOS GENERALES														
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL													
LUGAR DE EJECUCIÓN :	LABORATORIO DE QUÍMICA E-403 DEL CIT, FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA													
FECHA DE ANÁLISIS														
Muestras	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del compost													
	Fisicoquímicos			Macronutrientes			Materia orgánica	Relación C/N	Micronutrientes			Microbiológicos		
	pH	Humedad	Temperatura	N	P	K	MO.	C:N	Ca	Na	Mg	Coliformes Fecales (NMP/g)	<i>Salmonella spp</i> (NMP/g)	Huevos de helminthos (Viables) (HE/g)
Biosólido industrial pesquero														
P(1:1:0)														
P(1:1:1)														
P(1:1:2)														
P(1:1:3)														

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 05:

Procedimientos de análisis de laboratorio.

Temperatura

La temperatura se registrará semanalmente, para ver la elevación de la temperatura, el instrumento de lectura será un sensor digital de temperatura Marca Hanna Instruments, modelo HI8424N Portable, punta de metal, que se introducirá en el punto central de la pila y en diferentes lugares (superficie, 10–15 cm; centro, 25–30 cm; y capa más interna, 25 cm desde la base de la pila) (Kong et al., 2018, p.6).

Humedad

Se determinará por el método gravimétrico, por la diferencia de peso fresco y peso seco de la muestra, según el procedimiento descrito por la Norma Austriaca (Ö – NORM) S 2023. Se determinará por triplicado en materiales homogéneos.

- Se pesa en papel tarado (T) en una balanza de precisión (+/- 0,0001 g) la muestra húmeda (P0)

- Se seca la muestra en la estufa a 105 °C al menos 18 horas, hasta que su peso sea constante. Se sacó la muestra de la estufa y se dejó enfriar en el desecador y pesar (Pf)
- Se determina el porcentaje en humedad (%H) y el porcentaje de materia seca (%MS) según la ecuación siguiente:

$$\%H = \frac{(P_0 - P_f)}{(P_0 - T)} \times 100$$

Anexo 06:

Tabla 16. *Métodos de análisis para determinar la calidad de compost.*

Parámetro	Método
Nitrógeno Total	Kjeldahl
Potasio Disponible	Método de Acetato de Amonio
Fósforo Disponible	Olsen modificado
Micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn)	Absorción Atómica
CIC	Acetato de Amonio
Materia Orgánica	Walkley Black
Carbonatos	Método gaso – volumétrico
Humedad	Gravimétrico

Anexo 07:

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Trujillo, 19 de Noviembre del 2022

CARTA Nº 001 -2022-CAETO/GA

Señores:

Honorio Zavaleta, Bárbara y Palacios Correa, Thalia

Asunto : Autorización para uso de instalaciones de la planta de valorización de residuos sólidos

Referencia : Solicitud S/N

De mi consideración:

Es grato dirigirme a ustedes para saludarlas cordialmente y a la vez en atención a su solicitud, debemos informarles que procede la autorización de uso de instalaciones de la empresa y de cualquier información necesaria para la ejecución de su proyecto "Evaluación del nivel óptimo del uso de lodos secos de la industria pesquera para la producción de compost, Chicama, 2023" con fines exclusivamente académicos, caso contrario queda sujeto a responsabilidad civil por daños y perjuicios que cause, así como sanciones de carácter penal o legal

Aprovecho la oportunidad para expresarles las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



VILLALBA
Luis López Coloma
DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN
OFICINA DEL DIRECTOR
DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

Anexo 8: Resultado de laboratorio de huevos de helmintos



INFORME DE ENSAYO N° 1115 – 2023

Cliente : LABONOR
Dirección : Trujillo
Ensayo solicitado : Recuento de huevos de Helmintos
Muestra : Lodo seco de pescado
N° de muestras : 01
Procedencia : —
Solicitado por : Sra. Bárbara Honorio Zavaleta
Responsable de muestreo : Cliente *
Toma de muestra : 11 de mayo del 2023
Recepción de la muestra : 11 de mayo del 2023

RESULTADOS:

Muestra	Huevos /gr
M ₁	60

ENSAYO
Recuento de Helmintos

Referencia
Dwight D. Bowman, Ms, PHD. (2011). GeorGIS Parasitología para Veterinarios. GeorGIS. Novena Edición. Elsevier España. Pag. 295

* La toma de muestra y las condiciones de envío hasta la recepción en el laboratorio es responsabilidad del cliente.

Trujillo, 13 de mayo del 2023



D^{ca}. Liliana E. Niño Baturén
C.B.P. 1897

C.c. Archivo. –

Pag.1-1

REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME NO ESTA PERMITIDA SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA Y EXPRESA DE MICROCLIN SRL.

El resultado es válido sólo para la muestra y cantidades mencionadas

EL LABORATORIO DE LA REGION

Luis Albrecht N°345 Urb. Las Quintanas Telef.: 44 208302 Celular 948051687 - 949930323

Trujillo-Perú

Web: www.microclin.com

e-mail: microclin@microclin.com

Anexo 09: Resultado del laboratorio de la muestra de los lodos secos de



Análisis de aguas, alimentos, suelos, fertilizantes

INFORME DE ENSAYO N° 0164-2023

Cliente : Bárbara Pamela Honorio Zavaleta
Muestra – M1 : Lodo seco de pescado – Chicama
Nro. de muestras : 1
Procedencia : Empresa Operadora de Residuos Sólidos
Recepción de muestra* : En Laboratorio
Fecha recepción de muestra : 10 de mayo del 2023

RESULTADOS:


Ensayos	Unidad	M1
Materia orgánica	%	37.23
Nitrógeno total	%	3.78
Relación C/N	-	5.71
Fósforo, P ₂ O ₅	%	8.70
Potasio, K ₂ O	%	8.24
Calcio, CaO	%	1.29
Magnesio, MgO	%	0.60
Sodio, Na	%	1.07

(*) La toma de muestra y las condiciones de envío hasta la recepción en el laboratorio es responsabilidad del cliente

Metodología Aplicada:

Parámetros	Método
Materia Orgánica	Método de Walkley y Black
Nitrógeno total	NTP 311.011, Método Kjeldahl
Fósforo total	NTP 311.528, Método espectrofotométrico - fosfomolibdovanadato
Potasio	Espectroscopia de Absorción atómica
Calcio	Espectroscopia de Absorción atómica
Magnesio	Espectroscopia de Absorción atómica
Sodio	Espectroscopia de Absorción atómica

Trujillo, 15 de mayo del 2023.


Ing. JUAN C. SANCHEZ CARRASCO
Ingeniero Químico
Reg. CIP: 124131

C.c.archivo.-

PÁG. 1 - 1

pescado.

Anexo 10.

Tabla 17. Resultados de parámetros analizados por triplicado de la calidad de compost maduro obtenido para cada proporción (1:1:1; 1:1:2; 1:1:3; 1:1:0) de estiércol de vaca, aserrín y lodo seco de la industria pesquera respectivamente.

Parámetros	Unidad	P1			P2			P3			P4		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Materia orgánica	%	77,91	76,20	79,62	78,78	77,37	80,19	75,98	78,52	81,06	76,28	80,04	78,16
Nitrógeno total	%	1,26	1,23	1,29	1,44	1,41	1,47	1,60	1,65	1,70	1,75	1,83	1,79
Relación C/N	-	35,87	35,08	36,66	31,73	31,16	32,30	26,71	27,60	28,49	24,72	25,94	25,33
Fósforo, P ₂ O ₅	%	0,52	0,51	0,53	0,69	0,68	0,70	1,22	1,26	1,30	1,05	1,11	1,08
Potasio, K ₂ O	%	1,46	1,43	1,49	1,13	1,11	1,15	0,78	0,81	0,84	1,14	1,20	1,17
Calcio, CaO	%	2,17	2,12	2,22	3,13	3,07	3,19	2,68	2,77	2,86	1,57	1,65	1,61
Magnesio, MgO	%	2,03	1,99	2,07	1,54	1,51	1,57	1,19	1,23	1,27	0,94	0,98	0,96
Sodio, Na	%	0,87	0,85	0,89	0,86	0,84	0,88	0,56	0,58	0,60	0,70	0,74	0,72