



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Aprovechamiento de los Residuos de Pescado para la
Elaboración de Fertilizantes. Revisión Sistemática 2022.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS:

Bueno Vizcarra, Valery Yahaida (ORCID: 0000-0002-2893-9103)

García Aparicio, Yenifer Guadalupe (ORCID: 0000-0001-9468-472X)

ASESOR:

Mg. Honores Balcázar, Cesar Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de investigación es dedicado a mi mamá Irma Graciela Aparicio Rios y a mi abuelo Victoriano Aparicio Macutela, mi motivación, mi fortaleza, quienes me dan la fuerza y determinación por seguir adelante, quienes me guiaron paso a paso y confiaron que me seguirán guiando en todas las decisiones gracias y aunque hayan sido cortos los años el ejemplo de fe, lucha, determinación, dedicación y amor que siempre me dieron, me mantienen soñando por cumplir todo aquello que me proponga, me da la fuerza para poder enfrentar cualquier obstáculo y seguir adelante, gracias por todo, siempre juntos, en su memoria..

Yenifer Guadalupe Garcia Aparicio

A mis padres Alfonso Bueno Torres y Duberly Vizcarra Lazo, no hay nadie en este mundo que merezca este logro más que ustedes que se han esforzado día a día porque cumpla mis metas, son unos buenos padres y me han regalado a las dos personas por las que quiero ser una gran profesional y un ejemplo que seguir mis hermanos Sebastián y Sergio. Este trabajo es para ustedes, mi familia, gracias, por tanto.

Valery Yahaida Bueno Vizcarra

AGRADECIMIENTO

Dios, primero quiero agradecerte por darme fuerza cuando más las necesitaba por guiarme y enseñarme a vivir en tu fe, por mi familia y las bendiciones que nos brindas; gracias a mi familia por el apoyo incondicional por siempre guiarme y confiar en mi por permitir desarrollarme como persona y ayudarme a crecer. El camino ha sido muy duro, pero gracias por ser mis soportes, gracias por ser el motor de mis sueños y la compañía en la vida. A todas las personas que me han apoyado involucrándose en mi trabajo y han logrado que con su ayuda mi trabajo se realce, a todos aquellos que me han abierto las puertas y me han compartido su conocimiento mediante consejos y sugerencias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	23
3.1 Tipo y diseño de investigación	23
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización	24
3.3 Escenario de estudio	26
3.4 Participantes	26
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.6 Procedimientos	27
3.7 Rigor científico	30
3.8 Método de análisis de información	30
3.9 Aspectos éticos.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
V. CONCLUSIONES	87
VI. RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS	90
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Matriz de Categorización Apriorística	24
Tabla 2:Referencias de la Investigación.....	26
Tabla 3:Base de Datos.....	26
Tabla 4: Artículos de investigación seleccionados	33
Tabla 5:Residuos de pescado aprovechados para la elaboración de fertilizantes	42
Tabla 6:Métodos empleados para el aprovechamiento de residuos de pescado ..	48
Tabla 7:Método de fermentación aeróbica	50
Tabla 8:Método de fermentación anaeróbica	54
Tabla 9:Método de Hidrolizado	58
Tabla 10:Método de procesos físicos.....	62
Tabla 11:Formas de presentación de los fertilizantes elaborados con residuos de pescado	69
Tabla 12:Parámetros físico-químicos de fertilizantes orgánicos	77
Tabla 13:Composición de los fertilizantes	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:Gráfico de procedimiento	29
Gráfico 2: Región geográfica de los artículos seleccionados.....	40
Gráfico 3: Años de los artículos de investigación seleccionados	40
Gráfico 4: Residuos de pescado aprovechados	47
Gráfico 5:Métodos empleados para el aprovechamiento de residuos de pescad .	49
Gráfico 6:Formas de presentación de los fertilizantes	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Subproductos del pescado y su composición	7
Figura 2:Usos de los subproductos del pescado en la industria.	8
Figura 3: Formas de cabeza.	9
Figura 4:Tipos de escamas de pescado.....	11
Figura 5:Fertilizante orgánico	13
Figura 6: Reacción de la fermentación aeróbica:	15

RESUMEN

Esta investigación se ha enfocado en el aprovechamiento de los diferentes residuos empleados para la elaboración de fertilizantes, métodos de aprovechamiento aplicados a los subproductos de pescado como vísceras, cabeza, huesos, escamas, estiércol, aletas, agua de acuicultura, con problema de investigación ¿De qué manera se aprovecha los residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes?, mediante una revisión sistemática el objetivo de este proyecto fue encontrar los métodos de aprovechamiento para los residuos de pescado. Hemos considerado 51 artículos de las bases de datos como Ebsco, ProQuest, Science Direct, Scopus utilizando un criterio de cinco años de antigüedad. Los resultados nos demuestran que la elaboración de fertilizante a base de residuos de pescado se generan con mayor realce en el continente asiático, los residuos más empleados son las vísceras con 19%, el método más óptimo se dan mediante los procesos físicos destacando la sedimentación y filtración, la elaboración de fertilizantes líquidos constituye un 49% al rendimiento de los cultivos; los nutrientes encontrados en los artículos indexados cumplen los parámetros establecidos para la elaboración de fertilizantes orgánicos en un 85%, destacando el aprovechamiento de residuos sólidos y la nutrición óptima de los cultivos y como enmienda de suelo.

Palabras Clave: Residuo de pescado, aprovechamiento, fertilizante.

ABSTRACT

This research has focused on the use of the different residues used for the production of fertilizers, methods of use applied to fish by-products such as viscera, head, bones, scales, manure, fins, aquaculture water, with a research problem ¿ In what way is fish waste used for the production of fertilizers? Through a systematic review, the objective of this project was to find the methods of use for fish waste. We have considered 51 articles from databases such as Ebsco, ProQuest, Science Direct, Scopus using a criterion of five years old. The results show us that the elaboration of fertilizer based on fish residues is generated with greater prominence in the Asian continent, the most used residues are the viscera with 19%, the most optimal method is given by physical processes, highlighting sedimentation and filtration, the elaboration of liquid fertilizers constitutes 49% of the crop yield; the nutrients found in the indexed articles meet the parameters established for the production of organic fertilizers by 85%, highlighting the use of solid waste and the optimal nutrition of crops and as a soil amendment.

Keywords: Fish residue, use, fertilizer.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los productos que consume el ser humano cuando de fuente de proteínas se trata es el pescado, así da a conocer el consumo mundial de 179 millones de toneladas de pescado en el 2018; esto genera varios tipos de tecnologías y acuicultura pesqueras innovadoras, no solo para la parte del pescado que es para consumo humano sino también del tratamiento y reutilización de los desechos que representan un porcentaje de contaminación tanto en suelo como agua (Young Kim, et al, 2021).

La gestión de los desechos de pescado se ha convertido en un problema global para el medio ambiente, la ausencia de un procedimiento para la disposición final de estos es causante de la contaminación ambiental, para lidiar con este problema se derivó estos desechos a diferentes procesos, como medida alternativa para el reaprovechamiento; cuando hablamos de desechos nos referimos a productos no deseados para consumo humano, como son la cabeza, huesos, piel y vísceras de pescado, que pueden convertirse por sus nutrientes en fertilizantes (Afreen y Uçak, 2020).

Los subproductos de pescado son obtenidos por los diferentes procesos a nivel industrial refiriéndonos principalmente a la pesca o la acuicultura. El subproducto equivale al 60% de la masa total del pescado, aunque varía en función a las especies, a partir del subproducto de pescado se pueden generar compuestos de alta calidad (fósforo, potasio, nitrógeno) que provocó gran interés para la elaboración de diferentes estudios e investigaciones de fertilizantes (Marti Quijal, et al, 2020).

La industria pesquera es importante en la economía de países como Canadá, EE.UU., China, España y Noruega (FAO, 2020). Durante el 2017 a 2018, se incrementó anualmente la producción del pescado en 81.2 millones de toneladas a 84.4 millones de toneladas en pesca y acuicultura (Aster, 2018), la cría, captura y el procesamiento del pescado son generadores de grandes cantidades de desechos, los cuáles no son manejados (Choe, et al 2020), por el consumo de una tonelada de pescado se genera aproximadamente la misma cantidad de residuos de pescado estos son vertidos a los océanos o dispuestos en el suelo sin ningún tratamiento, los cuales representan del 30% al 70% del peso original del pescado

dependiendo del procesamiento y la no utilización (Choe, et al, 2020). El procesamiento posterior de los residuos de pescado depende de las condiciones y las estructuras que las industria cuenten, pueden ser piensos, fines técnicos y farmacéuticos, proteínas, aminoácidos, péptidos, colágeno, aceite, minerales, enzimas, sabores y otros compuestos; sin embargo, estos deben de cumplir con rigurosos estándares (Ahuja, et al, 2020).

El último siglo se generó un incremento de la productividad agrícola a consecuencia de las prácticas recomendadas por la Revolución Verde, generando el incremento de suministros de alimentos, de la misma forma estos son generadores de problemas ambientales y sociales; para garantizar la seguridad alimentaria es necesario validar tecnologías con menos impactos negativos; y la elaboración de fertilizantes con residuos orgánicos como materia prima es una estrategia clave (Galba Busato, et al, 2018).

Se considera que los fertilizantes orgánicos se necesitan actualmente y en el futuro para los insumos agrícolas, ya que se considera una alternativa eficaz para reducir el uso de fertilizantes químicos o sintéticos en la actividad agrícola (Winarso, et al, 2021).

Ante el acelerado crecimiento de la población humana, los sistemas se encuentran ante presión para satisfacer la demanda de alimentos y aumentar la productividad, esto depende de grandes cantidades de fertilizantes y se necesita un manejo adecuado del suelo para generar más alimento, pero a su vez evitar la degradación de la tierra y tener una producción sostenible(Choe, et al 2020), la producción acuícola aporta proteínas en grandes cantidades y ha ido aumentando exponencialmente a nivel mundial(Afreen y Uçak, 2020), este crecimiento está relacionado a los volúmenes de desechos orgánicos que se genera en la acuicultura dando paso a diferentes empresas que se encargan de procedimientos con cabezas, pieles y vísceras de pescado , que han ayudado a disminuir los problemas sociales económicos y cuestiones ambientales que genera los desechos no tratados y eliminados incorrectamente (Guidini Lopesa, et al, 2020).

El consumo de fertilizantes en las últimas décadas, ha ido en constante crecimiento afectando a los macronutrientes, es por eso que es muy importante para el control ambiental y la gestión agroindustrial; existe una alta necesidad de reciclar el fósforo para su reutilización ya que las rocas de fosfato son materia prima para fertilizantes

y son recursos no renovables; es por eso la importancia de aprovechar los recursos renovables para la obtención de fósforo incluyendo los desechos de pescado como son, espinas, cabeza, huesos y vísceras de pescado (Rolewicz et al., 2017).

Los fertilizantes generados a partir de residuos de pescados promueven el reciclaje de los nutrientes y cultivan una economía circular incorporando los residuos al medio ambiente (Ahuja, et al., 2020). La composición de estos fertilizantes posee proporciones significativas de nitrógeno, fósforo y potasio que satisfacen las demandas requeridas por las plantas (Fahlivi, 2018).

La producción mundial de pescado ha aumentado en los últimos 70 años de acuerdo al informe de la FAO de 2020; el pescado garantiza la correcta nutrición de millones de personas alrededor del planeta, se estima que la producción de pescado alcanzó los ciento setenta y nueve millones de toneladas en 2018 (Carella, et al., 2020).

Los macronutrientes que produce los suministros de pescado son fundamentales ya que garantiza la salud pública de muchas personas de bajos recursos a largo plazo y sobre todo de países con déficit de alimentos muchos países menos adelantados como África y Asia lo más importante es que los macronutrientes ayuda al desarrollo infantil, para satisfacer la demanda interna de alimentos la mayor parte del pescado necesario proviene de la pesca artesanal de comunidades como por ejemplo : Senegal en el 2014, el pescado capturado fue por artesanos tradicionales los barcos representaron más de 65% es decir alrededor 332.000 toneladas; el cambio climático tiene amenazadas a comunidades por el calentamiento de océanos provocando la variación brusca en la dinámica de las poblaciones de peces y ecosistemas marinos (Carella et al., 2020).

Justificación ambiental, económica, social, uno de los desechos orgánicos que contribuye significativamente en la industria son los desechos de pescado, debido a sus limitaciones legales para su eliminación y los factores molestos como el olor, estos desechos son reconocidos como problema; para mantener la producción y población de peces se agregan continuamente a los sistemas de acuicultura grandes cantidades de aditivos químicos, antibióticos y alimentos (Ahmed, et al., 2021).

Los desechos líquidos son arrojados al entorno circulante cercano y los desechos sólidos se transportan a otras áreas donde contaminan canales, agua subterránea

dulce, ríos, vías fluviales, canales, flora y fauna aledañas y comunidades autóctonas humanas (Thendral Hepsibha y Geetha, 2021).

La cantidad de desechos generados por la acuicultura han causado problemas de salud y ambientales, debido a las malas prácticas de almacenamiento, utilización inadecuada, manipulación e iluminación; algunos de los problemas incluyen playas sucias, olores desagradables, contaminación de agua, infestaciones de roedores e insectos (Ahmed, et al., 2021).

Son evidentes los impactos de salud causados a los pobladores aledaños a vertederos de desechos de pescado, que han liberado compuestos potencialmente peligrosos en lodos y aguas residuales; durante años la población local se quejaba ante los líderes comunitarios, de síntomas inexplicables e inusuales como erupciones en la piel, ardor de los ojos, dolor de garganta, lamentablemente no se ha podido descifrar la causa exacta y la relación de estos síntomas con los desechos de pescados, debido que no hay estudios disponibles (Florez Jalixto, et al., 2020). Los grandes peligros que plantea la degradación ambiental han despertado el interés por los métodos de mitigación y prevención de actividades que ponen en peligro la salud humana y el medio ambiente (Winarso, et al., 2021). Cuestiones Ambientales Técnicas, en cada etapa del ciclo de la vida de los desechos de pescado aparecen impactos ambientales, desde su recolección hasta el procesamiento y eliminación, los vertederos, contaminación visual y lixiviados contaminados son los problemas ambientales claves relacionados con cuestiones operativas (Dewilda, et al., 2021). Los desechos de pescado afectan directamente los niveles de ecosistema del área circundante como la densidad, reducción de biomasa, la modificación de las redes alimenticias naturales, diversidad de bentos, plancton y necton en los cuerpos de agua circundantes (Ahmed, et al., 2021).

El procesamiento del pescado tiene una demanda química y biológica de oxígeno muy alta, micro flora, sólidos suspendidos totales, nutrientes y materia orgánica, por lo tanto, son altas las posibilidades de crear efectos adversos en entornos receptores; los problemas ambientales se relacionan a la eliminación de desechos de pescado en vertederos ilegales que incluyen 1) Uso de la tierra: se utiliza mucho espacio para el secado de desechos de pescado al sol, donde se alberga roedores e insectos 2) Contaminación del aire: el pescado emite olores que se mantienen al aire libre 3) Insectos, plagas y roedores, contaminación visual (Ahmed, et al. ,2021).

Las cargas orgánicas encontradas contienen generación de efluentes y alto consumo de agua el cuál es uno de los problemas más reiterados en las industrias procesadoras de pescado lo cual hace que se considere la reutilización como una alternativa para el desarrollo sostenible de la industria (Ferraciolli, et al., 2017).

Ante esta situación surge el problema general:

PG: ¿De qué manera se aprovecha los residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes?.

Problemas Específicos:

PE1: ¿Cuáles son los residuos de pescado eficientes que pueden ser aprovechados para la elaboración de fertilizantes?

PE2: ¿Cuáles son los métodos aplicados para el aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes?

PE3: ¿Cuáles son los estados físicos de los fertilizantes elaborados a partir de los residuos de pescado?

PE4: ¿Cuál es la composición de los fertilizantes obtenidos del aprovechamiento de residuos de pescado?

Para tal efecto se ha planteado los siguientes objetivos:

OG: Evaluar el aprovechamiento los residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes.

Objetivos Específicos:

OE1: Examinar los residuos de pescado eficientes que pueden ser aprovechados para la elaboración de fertilizantes.

OE2: Evaluar los métodos aplicados para el aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes.

OE3: Examinar los estados físicos de los fertilizantes elaborados a partir de los residuos de pescado.

OE4: Evaluar la composición de los fertilizantes obtenidos del aprovechamiento de residuos de pescado.

En la siguiente revisión sistemática se presenta una descripción de conocimientos que serán útiles para el aprovechamiento de residuos de pescado FW, como fertilizantes, en la acuicultura y pesca, la revisión está enfocada en reaprovechar los residuos de pescado y aplicarlos en la elaboración de fertilizantes para una agricultura orgánica.

II. MARCO TEÓRICO

Residuos de pescado; Los residuos son una fuente de trabajo que ayuda de forma considerada al medio ambiente, debido que los residuos son una materia prima y son elementos que se pueden reducir, reciclar y reutilizar en nuestro día a día (Ahmed et al., 2021). Mediante el procedimiento de la eliminación o valorización pasan a ser tratados los objetos o sustancias que llegan al final de su vida útil y tienen q ser desechados (Afreeen y Ucak, 2020). Las características químicas, microbiológicas, físicas de residuos líquidos o sólidos de procesos industriales que no se pueden asemejar a residuos domésticos (Winarso, et al., 2021).

Los residuos son objetos, sustancias y elementos, que el generador elimina ya sea que esté obligado hacerlo o porque se lo propone (Atfaoui, et al., 2021).

Queda claro que hoy en día la definición de residuos sólidos debe incluir: Valorización, Disposición y Eliminación; la Valorización mediante el reúso y el reciclaje, Disposición mediante relleno sanitario y Eliminación mediante la incineración (Aida Ndiaye, et al., 2019).

La fuente de trabajo de un sector que aporta al medio ambiente son los residuos que vienen a ser una materia prima, nos podemos referir a los recolectores que son una fuente de energía, si hay algo que podemos reutilizar, reducir y reciclar en nuestra vida diaria son los residuos (Afreeen y Uçak, 2020).

Los residuos inorgánicos son los que se manejan principalmente en la acuicultura, tienen gran potencial de ser reciclados o reutilizados; de igual manera se consideran estos residuos en la acuicultura: Orgánicos, Inorgánicos, Mixtos y Peligrosos (Aida Ndiaye, et al., 2019).

Los Residuos de pescado hoy en día son aprovechados por técnicas de procedimiento distintas como la producción de ensilados, harina de pescado y fertilizantes (Coelho, et al., 2019).

Los fertilizantes Orgánicos generan sobre el suelo efectos para renovar su fertilidad y lograr un adecuado resultado vegetal, quiere decir que tienen mayor productividad en suelos con propiedades físicas y químicas (Aster, 2018).

En la gran industria de los mercados, los desechos de pescado son uno de los más conocidos que encontramos donde contienen vísceras, colas, sangre, cabezas,

alas del pescado, todos ellos son ricos en nitrógeno, potasio, ácido fosfórico que ayudan a crear un fertilizante rico para el suelo (Ahmed, et al., 2021).

Los productos pesqueros son empleados para lograr la mejora de la agricultura los cuáles pueden clasificarse en formas secas, líquidas, frescas o congeladas; estos se emplean también para la elaboración de piensos para mascotas o trampas (Afreen y Ucak, 2020).

Es el resultado de diferentes productos no deseados los cuales representan un alto valor de mercado, éstas no son empleadas para el consumo, como la cabeza, la piel, las aletas y las vísceras, estos representan más del 50% de la composición total de los peces (Ramadhani, et al., 2018).

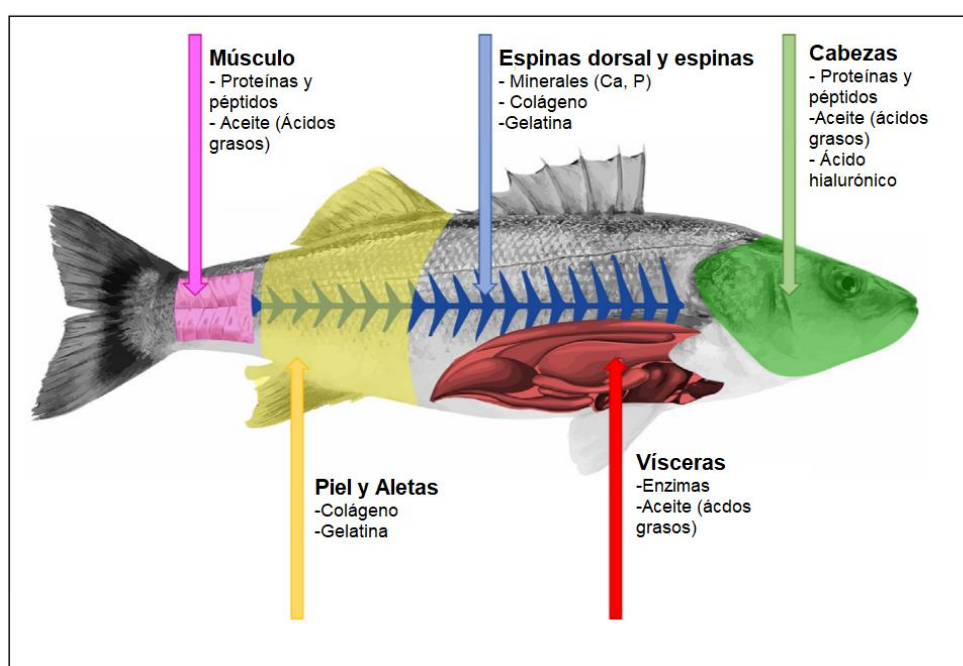


Figura 1: Subproductos del pescado y su composición
Fuente: Adaptado de (Iñarra, et al., 2018).

La producción de nuevos productos no solo contribuye a aliviar las precauciones ambientales, sino también a aumentar los ingresos; según la FAO hay tres métodos que son utilizados comúnmente para procedimientos de los residuos de pescado como son la producción de aceite, harina y el uso de desechos en la fabricación de fertilizantes orgánicos este último es el procedimiento que trae más beneficios tanto ambiental como económicamente (Islam et al. ,2021).

En la figura 2 se muestran los productos potenciales para los desechos de pescado, los subproductos del pescado son utilizados para la producción de alimentos para animales; el pescado es una fuente rica en proteínas, siendo el hígado el órgano

principal en el cual se acumulan los lípidos, pero también se puede encontrar subproductos como la piel o la cabeza; la fermentación de vísceras permite una recuperación de lípidos hasta el 85% del contenido total (Marti Quijal, et al., 2020).

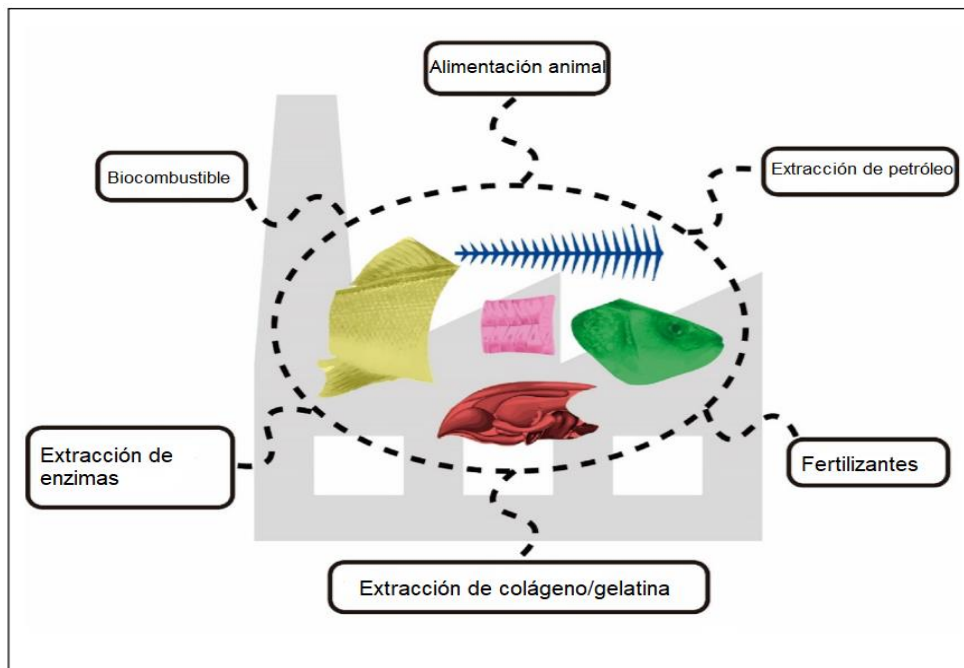


Figura 2: Usos de los subproductos del pescado en la industria.

Fuente: Adaptado de (Marti Quijal, et al., 2020).

Las cabezas de pescado de atún de aleta amarilla son ricas en ácidos grasos poliinsaturados PUFA n-3, especialmente ácido docosahexaenoico DHA (Chao Zhang, et al., 2021).

La forma y posición de la boca depende del tipo de alimento que ingieren y del hábitat, La cabeza de los peces usualmente es de forma piramidal y pueden tener barbas, espinas o antenas (Thendral Hepsibha y Geetha, 2021).

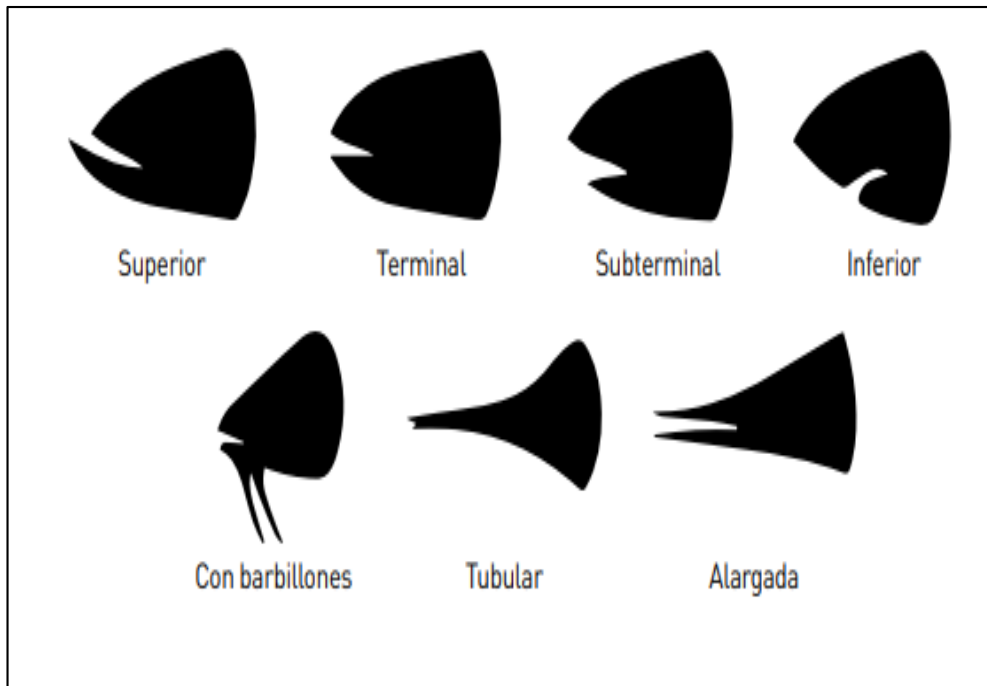


Figura 3: Formas de cabeza.

Fuente: (Melchorita, s.f.).

Huesos; Están compuestos por la espina dorsal y el cartílago, estos son fuente principal de calcio, minerales, fosfato y un promedio de 30% de proteínas. (Afreen y Ucak, 2020).

La espina de pescado es considerada un elemento rico en fósforo y alimento abundante, siendo un subproducto rico en procesamiento de pescado, en forma de fosfato de calcio contiene el 18% de peso en fósforo (Carella, et al., 2020).

Vísceras; Las vísceras de pescado tienen un peso corporal entre el 5 y 11%; la composición química promedio es 20,4% proteína, 76,6% agua y 3% de minerales (Rolewicz, et al., 2018).

En las principales cavidades de los peces las vísceras son órganos dentro de ellos se encuentra el riñón, hígado, corazón, estómago, bazo (Ahmed, et al., 2021).

El ensilaje de vísceras de pescado es una alternativa de conservación de los subproductos de pescado, a pesar q las vísceras de pescados son residuos complejos, se puede tratar mediante una combinación de procesos biológicos y fisicoquímicos (Afreen y Uçak, 2020).

El ensilaje químico es una alternativa ambiental y económicamente viable en el aprovechamiento de vísceras producidas en las industrias piscícolas (Camaño, et al., 2021).

El riñón se desarrolla en dos etapas el pronefros y mesonefros, la función exocrina es producir orina y hormonas, en el bazo, los peces albergan melanomacrófagos que, dependiendo de la especie, pueden organizarse en grupos o dispersarse más libremente dentro de la pulpa blanca, se sirven como “vertederos” para material desechado de diferente naturaleza, lo que ha sido respaldado por varios estudios que abordan la retención de antígenos (Bjørger y Erling Olaf, 2021).

Así como genera problemas de contaminación los residuos de vísceras de pescado también son favorables para la elaboración de ensilados biológicos de pescado ya que las vísceras son ricas en fósforo, nitrógeno, minerales, omegas y otros nutrientes favorables para fertilizantes agrícolas (Ahmed, et al., 2021).

Las vísceras de pescado no solo son un componente rico para fertilizantes agrícolas, sino que son fuentes de proteínas de alto valor biológico que a su vez aportan minerales y vitaminas como hierro, magnesio, yodo, potasio, fósforo y el cloro (Camaño, et al., 2021).

Se están realizando estudios tecnológicos para el aprovechamiento de los residuos tanto líquidos como sólidos, una de estas actividades estas actividades es utilizar fertilizante natural mediante el método de descomposición anaeróbica por medio de biodigestores (Camaño, et al., 2021).

Estiércol; Según (Ekinci, et al., 2019) Se considera estiércol a Residuos semisólidos que son generados en aguas servidas de una planta de tratamiento, donde se encuentran los siguientes tipos: i) Lodo clase A: son aquellos lodos que para la aplicación al suelo no tienen prohibiciones sanitarias; ii) Lodo clase B: Tiene restricciones sanitarias para la aplicación del suelo y cultivos según su localización o su tipo, no obstante, es un lodo apto para la aplicación al suelo. iii) Lodo crudo. - Proviene de la etapa de decantación primaria, iiiii) Lodo estabilizado: tiene potencial de sanitarios en reducción.

Escamas; Su mayor función es proteger a los peces contra heridas, se ponen unas sobre otras excepto en los peces cartilaginosos que las escamas se ubican unas al lado de otras; las escamas C y D de la figura 5 son las más comunes; existen tipos de escamas tanto para los peces óseo y cartilaginosos, i) Placoideas: Parecidas a los dientes de tiburón son pequeñas y tienen forma cónica, ii) Ganoidea: Posee una capa semejante a un esmalte y tiene forma de rombo, iii) Ctenoideas: Parecidas a

un peine ya que poseen los bordes cerrados y son redondeadas ,iii)Cicloideas: Tienen bordes lisos con una apariencia redondeada (Bhaskoro, et al., 2020).



Figura 4: Tipos de escamas de pescado.
Fuente: (Patel, y otros, 2021).

Aletas; Los peces encuentran su equilibrio al nadar mediante las aletas, los peces que no cuentan con aletas hacen sus movimientos mediante músculos (Hepsibha Balraj y Geetha, 2021).

El ordenamiento, tipos y tamaños de las aletas depende de las actividades que despliega la especie de pez; todas las aletas excepto la adiposa por medio de finos radios están sujetas al cuerpo a modo de varillas (Tiwow, et al., 2020).

Las aletas se manifiestan de forma rígida en los peces cartilagosos que vendrían a ser tiburones y rayas, en cambio en los peces óseos son ramificadas, segmentadas y flexibles. Se manifiestan en dos formas las pares e impares; las pares se encuentran en la zona pectoral y el vientre y está situada a los lados son consideradas como los timones que controlan la dirección de los peces, las aletas impares son usadas para obtener estabilidad y están ubicadas en el vientre y el lomo (Bhaskoro, et al., 2020).

Agua de pescado (agua de cola); las aguas residuales tienen altas cargas de nutrientes orgánicos que se originan a partir de compuestos carbonados y nitrogenados, además el efluente puede contener sólidos suspendidos y disueltos, pH variable y microbios, otro aspecto importante de estas aguas residuales industriales es su alta salinidad, la presencia

de una alta demanda química de oxígeno (DQO) y concentraciones de nitrógeno orgánico caracteriza a las aguas residuales en el procesamiento de pescado (Yun y Redzwan, 2017).

La necesidad de nuevos recursos hídricos es inevitable, la reutilización de aguas residuales tratadas es uno de los recursos hídricos que puede tener numerosas aplicaciones, su tratamiento es importante para la protección del medio ambiente y de la salud, mediante la producción de fertilizantes naturales, reducción de residuos, energía entre otras ventajas (Fazzino, et al., 2021).

Marti Quijal, et al, (2020) realizó la fermentación en el procesamiento de pescado y subproductos, la fermentación puede brindar una segunda vida a los subproductos de pescado procedentes de la pesca o la acuicultura para obtener péptidos bioactivos, biocidas, conservantes, antioxidantes u otros productos.

Darwish, et al, (2020), elaboró la extracción de fosfato a partir de huesos de desechos de pescado Ceniza por método de lixiviación ácida, el 97 % del P se extrae utilizando H_2SO_4 2 M y una relación ácido-ceniza de 1,5 kg H_2SO_4 /kg de ceniza, se encontró que un período de reacción de 90 min es suficiente para lograr la disolución completa de las cenizas de desechos de pescado.

Vásquez, et al., (2022), desarrollo Antioxidantes y péptidos inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (ACE) de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) hidrolizados de vísceras sometidos a digestión gastrointestinal simulada y absorción intestinal, el 2,5% de las vísceras y su hidrolizado se sometieron a digestión gastrointestinal simulada (SGID) y absorción intestinal a través de monocapas de células Caco.

Fertilizante; los fertilizantes son sustancias tanto orgánicas como el abono verde, turba, estiércol como minerales fosfatos, yeso, salitre que son utilizados para tener favorables rendimientos agrícolas y mejorar la fertilidad del suelo (Ekinci, et al., 2019).

Las características de los fertilizantes; i) los fertilizantes aumentan la concentración de iones del agua debido que son sustancias ionizables, ii) los fertilizantes tienen que ser solubles al agua por ello pueden presentarse en forma líquida o sólida, iii) en las propiedades químicas de los fertilizantes exclusivamente en el pH presenta una distinta solución al combinar con el agua, lo que nos dice que si el fertilizante

aumenta su pH se obtendrán riesgos de precipitados en cambio sí lo baja reduce el riesgo de precipitados en los emisores (Thendral Hepsibha y Geetha, 2021)

Los fertilizantes poseen las propiedades de aportar de manera natural todos los nutrientes que las plantas necesitan, de la misma forma mejoran la fertilidad del suelo; las elaboraciones de abonos orgánicos contribuyen al reciclaje de los residuos ricos en materia orgánica, nutrientes minerales y una gran biomasa y el costo se reduce y no afecta el equilibrio del suelo (Atfaoui, et al., 2021).



Figura 5: Fertilizante orgánico

Fuente: Adaptado de (Kelova, et al., 2021)

Forma física de los fertilizantes; a) Fertilizante líquido, una vez que las plantas hayan echado raíz se puede aplicar debido a su liberación rápida (Ratnayake, et al., 2021), b). Fertilizante Sólido, su proceso de liberar nutrientes es más lento que el líquido lo que nos da por conclusión que los fertilizantes líquidos son más eficientes para revivir una planta enferma (Sikora, et al., 2019), c). Fertilizantes de Liberación Prolongada, este fertilizante disminuye la cantidad que debe ser aplicado ya que aporta los nutrientes de manera lenta, las plantas absorben los nutrientes que necesitan a medida que estos se injertan al suelo a un ritmo constante (Carella, et al., 2020), d) Fertilizantes en Gránulos, estos se disuelven lentamente filtrándose en el suelo, mediante la raíz se encargan de nutrir a las plantas, una de las desventajas de este fertilizante es que ante una intensa lluvia los gránulos pueden lavarse a medida que se van disolviendo rápidamente y los animales al excavar en sus siembras pueden desenterrar los gránulos y así el fertilizante ya no llega a la planta (Noorjahan, 2021), e). Fertilizantes de liberación rápida, ya que tiene una

rápida liberación de nutrientes este fertilizante tiene que ser empleado constantemente debido que se agota rápidamente, es un fertilizante que tiene sus nutrientes disponibles para las plantas y así éstas puedan aprovecharlos para un eficiente desarrollo, hay que tener en cuenta que si se aplica el fertilizante de forma excesiva en vez de ayudar puede quemar la planta (Rolewicz, et al., 2017), f). Fertilizante Sintético, cada bolsa contiene un porcentaje de materiales junto a un relleno que puede ser aserrín, tierra, arena, hablamos de aproximadamente 5% de fósforo, 10% de potasio, 15% de nitrógeno que acompañan al relleno antes de ser empleado al cultivo (Hepsibha Balraj y Geetha, 2021), g). Fertilizante Químico, es una sal inerte sin carga que deja nutrientes de manera iónica al tener contacto con el agua (Rolewicz, et al., 2017), h). Fertilizante Orgánico, son la mezcla de elementos naturales tanto de vegetales como animales que al tener contacto con la tierra generan nutrientes (Winarso, et al., 2020), i). Fertilizante con fósforo, este fertilizante permite obtener raíces fuertes, promueve la floración y ayuda al crecimiento de vegetales, el fósforo ayuda adquirir una cosecha abundante, una de las características de este fertilizante es que tenga olor a tierra ya que eso indica que es un buen compost para que siga transfiriendo energía a las variedades que rodean a la planta (Bhaskoro, et al., 2020).

Los residuos de pescado son empleados como generadores del crecimiento de plantas, los productos de escamas de pescado enzimáticamente solubilizados, tienen en su poder un efecto favorable sobre la longitud de la raíz y la germinación de semillas (Rolewicz, et al., 2017).

Tipos de fertilizantes; i). Fertilizantes químicos, al ser un producto químico inorgánico contribuye elementos nutritivos fundamentales para un buen desarrollo de las plantas, así como producto químico es una sal inerte sin carga que al tener contacto con el agua ya sea del suelo o de una solución se desintegra dejando los nutrientes de forma iónica quiere decir que deja elementos de carga positiva que vendrían hacer los cationes y con carga negativa los aniones (Winarso, et al., 2020); ii) Fertilizantes orgánicos, son una mezcla de elementos naturales, se encuentran en una serie de insumos animales como vegetales por ejemplo harina de huesos, harina de pescado, harina de sangre y el guano son los elementos que se utiliza usualmente en estos fertilizantes, también se pueden utilizar ciertas sobras de

alimentos que ayuda a preparar un fertilizante orgánico ya que todos al mezclarse con la tierra contribuyen nutrientes (Rolewicz, et al., 2017).

Métodos para la elaboración de fertilizantes; i) Fermentación; la fermentación es el cambio químico de la materia orgánica en compuestos más simples por el acto de las enzimas, la fermentación degrada anaeróticamente el compuesto orgánico realizado por las enzimas de ciertos microorganismos llamados levaduras, logra producir el cambio de una molécula de azúcar en dos de etanol y dos moléculas de dióxido de carbono (Radziemska, et al., 2018).

La fermentación se puede lograr mediante el proceso de agregar melaza como fuente de carbono para los microorganismos responsables de la fermentación, los microorganismos en condiciones anaeróbicas son capaces de degradar la materia orgánica en compuestos minerales y otros elementos traza de gran interés agronómico (Atfaoui, et al., 2021).

Fermentación Anaeróbica; el origen de la fermentación Anaeróbica inicia cuando en un proceso microbiano que ocurre en la biomasa hay ausencia de oxígeno y en este proceso empieza a generar gases como dióxido de carbono y el metano, la fermentación anaeróbica se produce en etapas donde se descompone la biomasa y se convierte en moléculas más pequeñas donde se obtiene biol y biogás de forma natural (Drózdź, et al., 2020).

Fermentación Aeróbica; la fermentación aeróbica es la asimilación de la materia orgánica por parte de microorganismos en presencia de oxígeno y nutrientes, de acuerdo a la siguiente reacción: (Bhaskoro, et al., 2020).

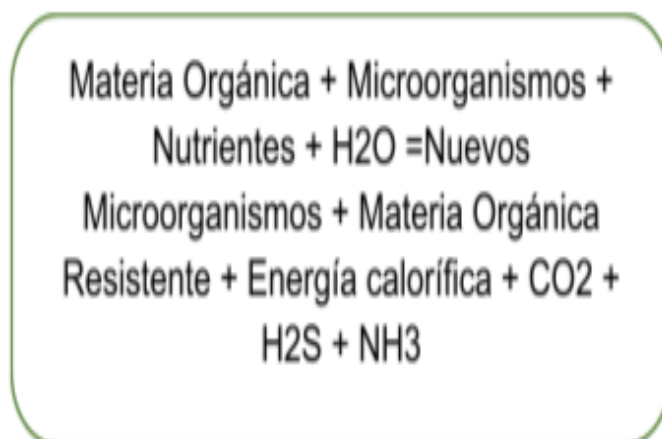


Figura 6: Reacción de la fermentación aeróbica
Fuente: Elaboración Propia.

El proceso de fermentación aeróbica de la materia orgánica sucede en tres fases secuenciales desde las primeras descomposiciones microbianas de la materia hasta la estabilidad del producto con la elaboración de H₂O y CO₂, estas son las tres fases: fase mesófila (asimilación), fase termófila (autooxidación), fase de enfriamiento y maduración (estabilización) (Lobanov, et al, 2021).

Procesos Físicos ; conversión térmica, destacan dos tecnologías de conversión térmica; la pirólisis convencional para fracciones sólidas y o, la carbonización hidrotermal para fracciones líquidas, la elección entre las dos técnicas depende de la calidad deseada y las características fisicoquímicas de los productos carbonizados; la pirólisis lenta, crea un producto carbonoso estable con superficie alta pero bajo contenido de nutrientes, estos realizan el secuestro del carbono cuando son empleados como enmiendas del suelo; la carbonización hidrotermal se realiza con bajas temperaturas entre 140 a 350°C los rendimientos finales son más grandes, conserva más masa en comparación a la pirólisis y produce licor en fase líquida que puede ser empleada como fertilizante; los materiales carbonosos resultantes tienen un alto contenido de minerales que son valiosos en la agricultura debido a su lenta mineralización de carbono (Marks, et al., 2020).

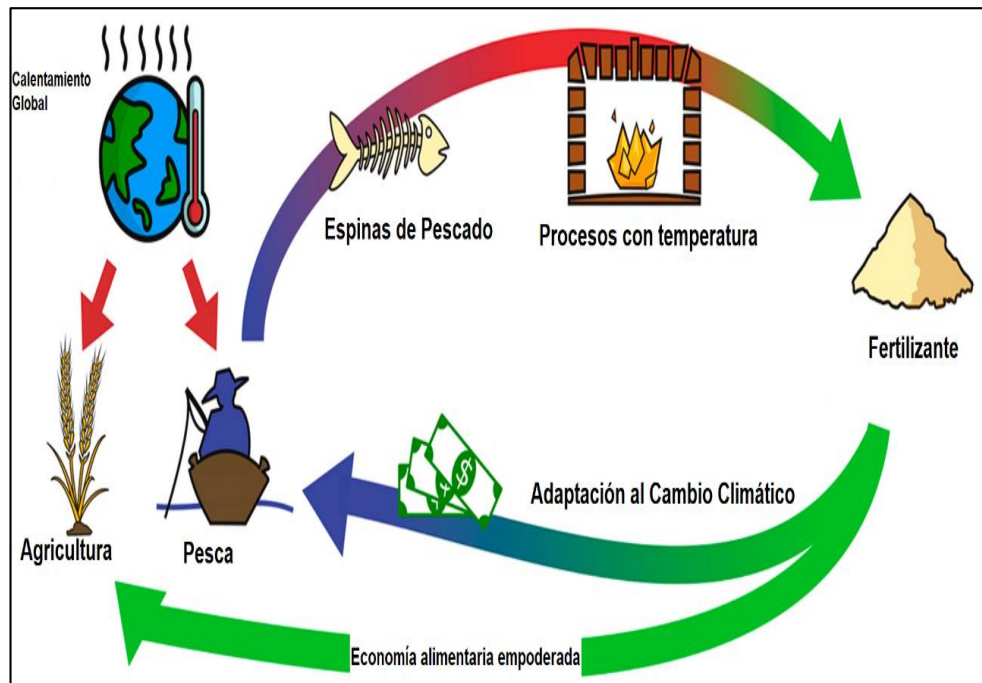


Figura 7: Adaptación de las comunidades pesqueras al cambio climático. Fuente: Adaptado de (Carella, et al, 2020).

Hidrolización; i): Hidrólisis ácida; es el tratamiento empleando soluciones altamente ácidas y temperaturas elevadas, éstas pueden estar acompañadas de presiones

altas en un tiempo determinado; presenta ventajas como el empleo de tiempos cortos, costos bajos y puede ser réplica a escala industrial (Khan, et al. ,2020);
ii).Hidrólisis alcalina; es un proceso simple, empleando soluciones alcalinas las cuáles se calientan a temperaturas determinadas (Estiasih, et al. ,2021);
iii).Hidrólisis bioquímica; involucra enzimas digestivas endógenas disponibles en los peces, es de bajo costo y simple dentro de las limitaciones que presentan son la presencia de enzimas digestivas específicas difíciles de controlar las enzimas proteolíticas, emplea condiciones suaves y son fáciles de controlar, las enzimas, los enlaces peptídicos de forma más precisa, para incrementar la recuperación de proteínas y simplifica la purificación de péptidos, es de aplicación industrial debido a que los productos son más consistentes y definidos con propiedades nutricionales, biológicas y funcionales específicas (Estiasih, et al. ,2021).

Ensilado, Se puede definir al ensilado como un producto pastoso o semilíquido que hace de los desechos de pescado que no son aptos para consumo humano algo nutritivo. Observando desde el punto económico y ambiental se considera una tecnología de fácil aplicación que da un uso positivo a los residuos orgánicos (Guidini Lopesa, et al., 2020), mediante la fermentación controlada con bacterias ácido-lácticas (BAL) sobre carbohidratos se obtiene un producto con buenas cualidades nutritivas, estable y defensor contra bacterias de putrefacción y patógenas (Elshahat Abdallah, et al., 2018).

Hepsibha Balraj y Geetha (2021), desarrollaron la investigación enfocada en los efectos de los biofertilizantes generados por los residuos de pescados fermentando Gunapaselam sobre la estructura y la biología de la *Vigna radiata* hojas y confirmación de la mejora de los componentes bioquímicos y las características estructurales de las hojas, por lo tanto, este tipo de fertilizante orgánico mejorará la eficiencia fotosintética de *Vigna radiata* y rendimiento.

Carella, et al, (2020); desarrollo la investigación enfocada en la conversión térmica de espinas de pescado en fertilizantes y bioestimulantes para el crecimiento vegetal, lograron la conversión de las espinas de pescado en materiales con un alto valor potencial para la agricultura mediante un proceso térmico escalable.

Ranasinghe, Ratnayake, y Kannangara, (2021), realizaron el análisis de los efectos de los fertilizantes orgánicos líquidos de aplicación foliar y al suelo sobre el crecimiento de *Basella alba* L.y *Centella asiática* L., el fertilizante formulado con

plantas descompuestas + desechos de pescado hidrolizados con Papaya registró significativamente la mayor cantidad de N (0,57 %), P (0,06 %) y el mayor crecimiento de *C. asiática*.

Composición de fertilizantes, los fertilizantes están compuestos por nutrientes que cumplen funciones específicas en el crecimiento de las plantas, y algunos afectan directamente los mecanismos de defensa. (Esteves, et al., 2021).

Componentes de fertilizantes ;Nitrógeno (N); el nitrógeno es considerado un macronutriente que las plantas requieren para alcanzar el crecimiento, desarrollo y producción de la planta, la optimización de la aplicación de nitrógeno es la manera más óptima de incrementar el rendimiento de los cultivos y lograr la seguridad alimentaria y el ambiente; el fertilizante nitrogenado garantiza el aumento del peso de los frutos y el rendimiento del número de frutos, el uso excesivo de un fertilizante nitrogenado puede generar el riesgo de lixiviación de nitratos y contaminación del agua (Guo, et al. , 2019).

El nitrógeno contribuye a las respuestas de defensa de las plantas mediante la regulación del metabolismo primario de las plantas durante las interacciones planta-patógeno (Wang, et al., 2018).

La síntesis de proteínas es la producción de proteínas necesarias para el crecimiento de la planta, el nitrógeno es indispensable para que las plantas realicen las síntesis de proteínas, sin embargo, si los niveles de potasio son bajos la síntesis de proteínas es bajo; debido a que el potasio contribuye a la absorción del nitrógeno del suelo y la conversión de nitrógeno en aminoácidos y proteínas; es importante mantener los niveles de potasio adecuados para maximizar el uso de nitrógeno dentro de la planta. (Pandey y Mahiwal, 2020).

El nitrógeno tiene influencia en el crecimiento de los tejidos, la producción de frutos y la calidad de los frutos (Esteves, et al., 2021).

El nitrógeno forma parte de la formación vegetal aportando clorofila, alcaloides, proteínas y enzimas que son responsables del crecimiento de la planta, la presencia de nitrógeno en exceso disminuye la resistencia de las enfermedades y las plagas (Wang, et al., 2018).

El nitrógeno compone algunos aminoácidos que forman proteínas las cuáles cumplen un papel importante en todos los órganos de las plantas ya que promueve su crecimiento y desarrollo (Guo, et al., 2019).

Fósforo (P); la aplicación de fósforo logra incrementar la resistencia de las plantas y promueve el crecimiento de las plantas en metales pesados, síntesis de clorofila y la fotosíntesis (Huang, et al., 2020).

El fósforo es otro macronutriente que desempeña una labor importante en los procesos metabólicos celulares ya que forma muchos componentes funcionales y estructurales esenciales para el desarrollo y crecimiento normal de las plantas.

El contenido de clorofila suele disminuir mientras que los carbohidratos aumentan en células procariotas y eucariotas, lo que nos indica que los síntomas de depleción del fósforo son parecidos a los cultivos deficientes de nitrógeno (Carella, et al., 2020).

El uso del fósforo por las plantas contribuye al rendimiento final de una cosecha; la nutrición de las plantas con fósforo se controla mediante la dinámica del fósforo en el suelo, rizosfera para las plantas (Ikhajiagbe, et al., 2020).

Los fosfatos de calcio para aplicaciones agrícolas gracias a su biocompatibilidad intrínseca y biodegradabilidad han ganado recientemente atención ya que son ampliamente reconocidos, siendo contribuyentes de tejidos duros inorgánicos y biológicos como huesos y dientes por lo que su uso no causa ningún problema de seguridad (Kristin Løes, et al., 2022).

Los fosfatos de calcio contienen fósforo, que es un elemento clave de fertilización de cultivos y nutriente primario para las plantas, debido a su extracción extensiva de depósitos de minerales finitos su disponibilidad en el planeta está disminuyendo y está impidiendo que entre al mundo de fertilizantes, es de suma importancia ampliar sus recursos alternativos y renovables como los subproductos alimentarios y desarrollar la economía de este elemento (Carella, et al., 2020).

Actualmente, la prioridad de muchos estudios se encuentra en recuperar de diferentes materiales de desecho el fósforo como en las cenizas de lodos de depuradora y aguas residuales lodos de depuradora (Bhaskoro, et al., 2020).

Una buena manera de reciclar el fósforo es en la aplicación de fertilizantes a partir de cenizas de lodos depurados directo a las tierras agrícolas ya que generalmente contienen grandes cantidades de PAGS_2O_5 , el fosforo que se encuentra en las cenizas de lodos depurados existe en forma insoluble en el agua, principalmente el calcio, aluminio, Hierros, por lo que se convierte en forma disponible para las plantas (Rolewicz, et al., 2017).

Los procesos metabólicos como el desarrollo de las plantas y la fotosíntesis, se deben a la energía que obtiene la planta mediante el sol que se almacena en fósforo para luego ser utilizada, este macronutriente sirve para sintetizar otros minerales y la respiración de la planta mediante las acciones bioquímicas, se puede encontrar en estado mineral obteniendo complejos orgánicos fosforados los cuáles ayudan a las plantas desde su germinación hasta la cosecha (Carella, et al., 2020).

Potasio (K); el potasio es esencial para lograr el crecimiento y desarrollo de las plantas, la escasez o el nivel excesivo conduce a la distorsión de numerosas funciones en las plantas (Johnson, et al., 2022).

Está presente en las plantas como catión K^+ el cuál es fundamental para equilibrar la nutrición y la calidad de los cultivos; a través de la activación de enzimas necesarias para las reacciones químicas, que influyen en la síntesis de proteínas y azúcares necesarios para el crecimiento de la planta, los cultivos absorben potasio en grandes cantidades durante el crecimiento en primavera y principios de verano máximo de hasta 10 kg/ha/día (Bhaskoro, et al., 2020), contribuye al equilibrio hídrico y la tolerancia a la sequía debido a que es responsable de la regulación de la apertura y cierre de los estomas estos se localizan en la parte inferior de las hojas son aberturas diminutas rodeadas de células protectoras que se abren y cierran, estos permiten el movimiento de dióxido de carbono hacia la planta y la liberación de oxígeno y pérdida de vapor de agua (Brod y Falk Ogaard, 2021), el potasio se mueve dentro o fuera de las células protectoras; permite la tolerancia a las heladas, porque promueve la concentración de azúcares en las células para reducir el punto de congelación de la savia (Aida Ndiaye, et al., 2019), la presión de turgencia de las células tiene un impacto en la fotosíntesis, las plantas convierten la energía de sol en energía química en forma de azúcares, necesarios para el crecimiento, los azúcares contienen carbono derivado del dióxido de carbono el cuál ingresa por los estomas (Zhang y Sun, 2017), el potasio controla el movimiento de dióxido de carbono hacia la hoja; la producción de ATP, fuente de energía de la planta, es necesario que los azúcares se transporten en el floema mediante la ósmosis que contribuye al movimiento del agua en el xilema y el transporte de los azúcares y proteínas necesarias para el crecimiento la resistencia a enfermedades y plagas, debido que es regulador de la actividad enzimática y participa en las funciones celulares que influye en la gravedad de la enfermedad, el potasio es necesario para

la síntesis de proteínas, almidón y celulosa, la celulosa posee el poder permeante de la planta y barrera mecánica contra la invasión y la infección (Pandey y Mahiwal, 2020).

Una alternativa para reducir el efecto negativo del cadmio puede ser la suplementación con Potasio al promover la síntesis de la clorofila y mejorar la fotosíntesis. Una buena estrategia para disminuir el impacto del cadmio en la fisiología de las plantas y en el crecimiento (Naciri, et al., 2021).

En la mitigación de los efectos negativos del cadmio sobre los parámetros fisiológicos de las plantas cultivadas en condiciones hidropónicas, el potasio juega un papel importante esto se refleja en los resultados prometedores que ofrece la optimización de la nutrición con Potasio (Noorjahan, 2021), la absorción reducida del cadmio puede estar involucrada a la adición de Potasio. No obstante, es necesario realizar más estudios sobre interacciones de nutrientes y el Cd que son importantes para entender el comportamiento de la absorción de Cd por parte de plantas a medida de los nutrientes esenciales. Analizar cada interacción nos ayudara a disminuir considerablemente la bioacumulación en diversas partes de la planta (Naciri, et al., 2021).

El estrés hídrico y la interacción de Potasio influye en la distribución tridimensional de las raíces. Lo cual es beneficioso para indagar recursos subterráneos con la finalidad de promover el crecimiento de plantas sobre el suelo considerando la presencia de Potasio (Patel, et al., 2021).

El uso incorrecto del potasio pone en riesgo la planta ocasionando el rompimiento de tallo, enfermedades, susceptibilidad a otras condiciones de estrés, provocando que la planta disminuya en su crecimiento y poniendo al cultivo en condiciones indeseables (Pandey y Mahiwal, 2020).

La adecuada presencia del potasio en el suelo crea resistencia ante condiciones de sequías, reduce el riesgo de enfermedades debido a las plagas, su activación de enzimas es clave para diversas funciones bioquímicas que ayuda en el proceso de la fotosíntesis y ayuda en el mejoramiento de la nodulación de las leguminosas entre otras funciones positivas que genera en la planta (Pandey y Mahiwal, 2020).

La ausencia de este macronutriente tiende a influenciar negativamente en la calidad de los productos que se cosecha y en el rendimiento de estos cultivos (Patel, et al., 2021).

Tiwow, et al., (2019), desarrollaron la aplicación de fertilizantes orgánicos líquidos y sólidos a partir de desechos de pescado Tilapia para alcanzar la conservación de la planta superior Jackfruit de Sulawesi Central de Tulo y Beka, la acumulación de requerida de N, P y K en la biomasa de la planta para 1 t de rendimiento de grano fue de 23,1, 3,5 y 28,5 kg, respectivamente.

Ahmed, et al., (2021), realizaron la evaluación del sistema hidropónico de lechuga con una solución derivada de desechos de pescado comparada con una solución inorgánica, lechugas cultivadas con NS orgánico derivado de desechos de pescado tenían menor altura de planta, número y área de hojas, biomasa fresca y densidad de estomas en comparación con plantas cultivadas orgánicamente.

Winarso, et al., (2021), desarrollaron la efectividad de biopellet en combinación de Biochar, pollo, estiércol y residuos de pescado para lograr la mejora de productos químicos propiedades del suelo arenoso y crecimiento vegetal de soja, se demostró las mejoras de las propiedades químicas y la disponibilidad de NPK del suelo arenoso.

Guidini Lopesa, et al., (2020), realizaron la valorización de los residuos de animales con origen en la acuicultura mediante el compostaje, para la recuperación de nutrientes y mineralización de nitrógeno, el compostaje presenta 33 g/kg de N, 13.5 g/kg de P, 8.4 g/kg de K y 22.5 g/kg de Ca, entre otros macronutrientes.

Pickens, et al., (2020), realizaron la integración de la producción de Tomate Cherry con la producción de Tilapia Biofloc, los sistemas hidropónicos basados en sustrato tienen el potencial de integrarse con los sistemas de producción de biofloc.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación aplicada, es el planteamiento de ideas en relación a los métodos para la recolección de datos, la optimización el entendimiento de los antecedentes y las interpretaciones, orientada a la generación de conocimientos; cuantitativo debido al análisis de valores numéricos (Hernández Sampieri, et al., 2014).

Se desarrolló de manera aplicada, como consecuencia de la búsqueda de propuestas para lograr el aprovechamiento de los residuos orgánicos de pescados; fue cualitativa debido a que se detectó conceptos claves, para identificar las cualidades de los residuos de pescado y cómo podría contribuir con sus nutrientes en la elaboración de fertilizantes.

Diseño de investigación, narrativo tópico realizando el análisis de los sucesos de manera perspectiva buscando conocer los experimentos, empleando la recolección de datos para la elaboración de tablas, identificando las metodologías aplicadas (Hernández Sampieri, et al., 2014).

Se realizó el análisis de sucesos del tratamiento de los residuos, las características y los fertilizantes obtenidos tras el proceso de valoración de los residuos orgánicos de pescado.

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización

A continuación, se presenta la tabla de la matriz de categorización:

Tabla 1: Matriz de Categorización Apriorística

N°	Objetivos	Problemas	Categorías	Subcategorías	Unidad de análisis
1	Examinar los residuos de pescado eficientes que pueden ser aprovechados para la elaboración de fertilizantes	¿Cuáles son los residuos de pescado eficientes que pueden ser aprovechados para la elaboración de fertilizantes?	Residuos	Cabeza	Marti Quijal, et al, (2020)
				Huesos	Darwish, et al, (2020)
				Vísceras	Vásquez, et al, (2022)
				Estiércol	(Drózdź, y otros, 2020)
				Escamas	(Tiwow, Adrianton, Abram, & Simatupang, 2020)
				Aletas	(Hepsibha Balraj & Geetha, 2021)
				Agua de Pescado	(R. E., El Sayed, A. Alaraidh, Alsahli, & El Zaidy, 2020)

Evaluar los métodos aplicados para el aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes	¿Cuáles son los métodos aplicados para el aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes?	Métodos	Fermentación	Hepsibha Balraj y Geetha, (2021)
			Conversión térmica	Carella, et al, (2020)
			Hidrolizado	Ranasinghe, et al, (2021)
			Ensilado	(Elshahat Abdallah, et al. , 2018)
Examinar los estados físicos de los fertilizantes elaborados a partir de los residuos de pescado	¿Cuáles son los estados físicos de los fertilizantes elaborados a partir de los residuos de pescado?	Formas de presentación	Sólidos	(Rolewicz, et al. ,2017)
			Líquidos	Tiwow, et al, (2020)
Evaluar la composición de los fertilizantes obtenidos del aprovechamiento de residuos de pescado	¿Cuál es la composición de los fertilizantes obtenidos del aprovechamiento de residuos de pescado?	Composición de fertilizantes	Nitrógeno	Winarso, et al, (2021)
			Fósforo	Ratnayake, et al, (2021)
			Potasio	Ahmed, et al, (2021)

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

Se empleó un escenario de estudio virtual manejando artículos científicos de medio Internacional, donde analizamos los diferentes métodos de aprovechamientos con vísceras de pescado. Los artículos son extraídos de la biblioteca virtual de la Universidad Cesar Vallejo, en el cuál encontramos revistas indexadas de alto impacto como SCOPUS, SCIEDIRECT, EBSCO y PROQUEST.

A continuación, se muestra tabla de referencia

Tabla 2: Referencias de la Investigación

BASE DE DATOS	Nº DE ARTÍCULOS	PORCENTAJE
EBSCO	33	64.71%
ProQuest	14	27.45%
SCOPUS	2	3.92%
Science Direct	2	3.92%

Fuente: Elaboración propia

3.4 Participantes

Los contribuyentes del trabajo de investigación fueron los diferentes artículos científicos localizados en las siguientes bases de datos:

A continuación, se presenta tabla de bases de datos:

Tabla 3: Base de Datos

BASE DE DATOS	DIRECCIÓN
● SCOPUS	https://www.scopus.com
● SCIENCEDIRECT	https://www.sciencedirect.com/
● EBSCO	https://www.ebsco.com
● PROQUEST	https://www.proquest.com/

Fuente: Elaboración Propia

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se ha realizado mediante el análisis de documentos procedentes de medios internacionales estructurando subcategorías para lograr la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos mediante la observación, elaboración de tablas comparativas, análisis conveniente de los objetivos de investigación, problema, metodología, resultados y conclusiones; las técnicas empleadas permitieron recolectar datos para alcanzar la comprensión de los procedimientos y las actividades orientadas a lograr la recopilación de la información requerida para responder las preguntas de la investigación de manera confiable, objetiva y con validez. (Hernández Mendoza y Duana Avila, 2020)

3.6 Procedimientos

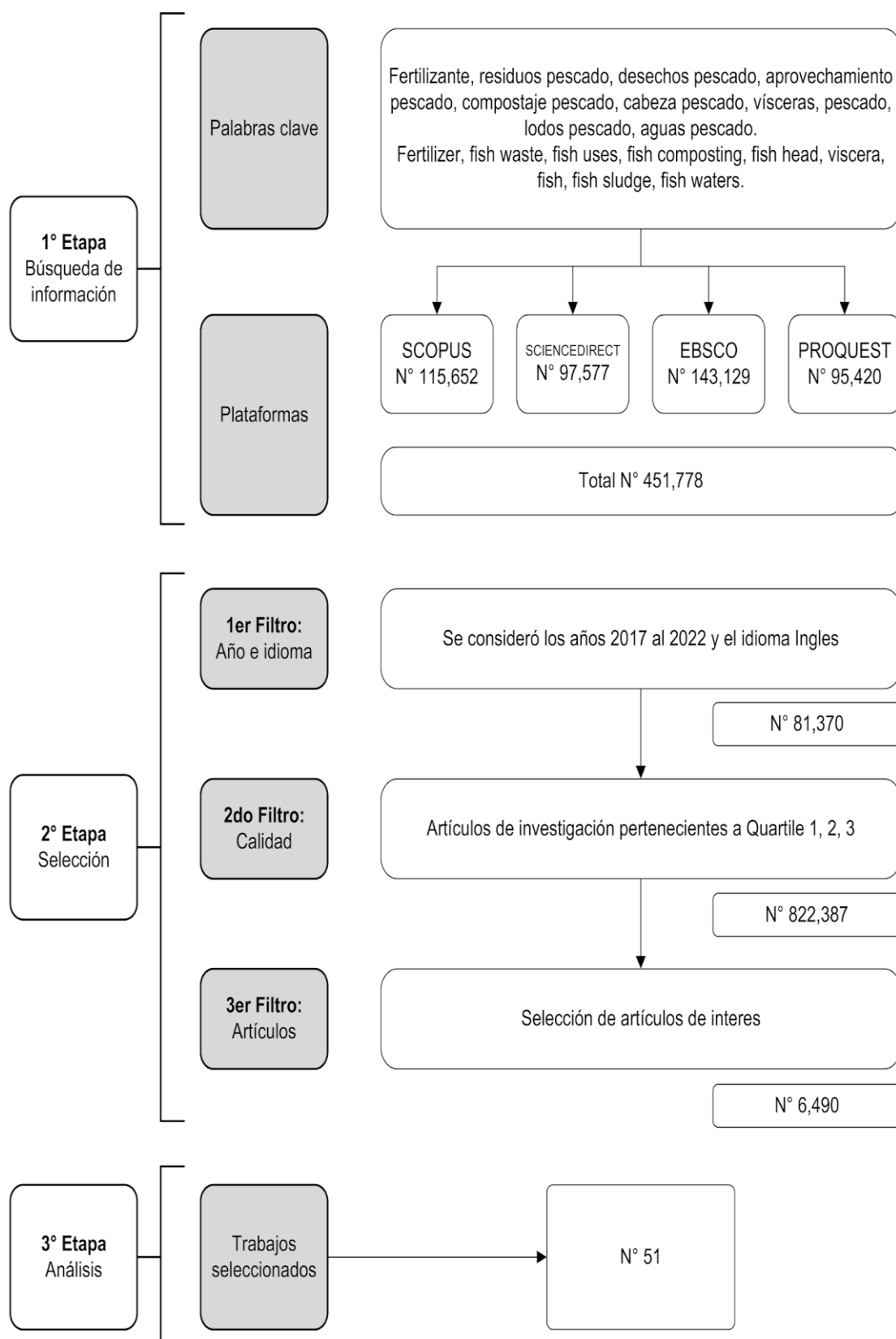
En el procedimiento hallamos la secuencia de pasos específicos que ayudaron con el análisis para la Investigación, reduciendo los errores y aumentando la eficacia y productividad de esta investigación científica. El procedimiento lo dividimos en 3 etapas.

En la Primera etapa se hace la Búsqueda de Información mediante: Palabras clave ("fertilizante", "residuos pescado", "desechos pescado", "aprovechamiento pescado", "compostaje pescado", "cabeza pescado", "vísceras pescado", "lodos pescado", "aguas pescado", "Fertilizer", "fish waste", "fish waste", "fish use", "fish composting", "fish head", "fish entrails", "fish sludge", "fish wáter") todos los términos mencionados se utilizaron en las diferentes plataformas de artículos científicos tales como (Scopus, Ebsco, ScienceDirect y ProQuest) obteniendo un total de 451,778 artículos.

La segunda etapa es el proceso de selección de todos los artículos en las diferentes plataformas utilizando Filtros tales como, Año de artículo entre 2017 y 2022 siguiendo con el idioma "inglés", llegando a obtener 81,370 artículos seleccionados, el segundo filtro fue la calidad donde solo se consideró "quartile" 1;2 y 3. Donde 58,983 artículos quedaron excluidos y sólo se consideraron 822,387 que cumplieran con este filtro. El tercer filtro se consideró a los artículos de interés donde mediante la revisión del texto se descartó 15,897 artículos que no tenían relación con los objetivos del proyecto de investigación (aprovechamiento de residuos de pescado para elaboración de fertilizantes) quedando en el tercer filtro 6,490 Artículos.

La tercera y última etapa analizamos los artículos seleccionados con una revisión temática dando por resultado 51 artículos, utilizando el análisis cualitativo. Los artículos seleccionados nos dan a conocer: A) Los Métodos empleados para el aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes, B) Examinar los residuos de pescado, C) Evaluar la composición de los fertilizantes. A continuación, presentamos el siguiente gráfico de procedimientos.

Gráfico 1: Gráfico de procedimiento



Fuente: Elaboración propia

3.7 Rigor científico

El rigor científico se encuentra establecido por criterios para alcanzar la confiabilidad los cuáles son:

1. Credibilidad
2. Transferibilidad
3. Dependencia
4. Conformabilidad

Credibilidad; está enfocado en el reaprovechamiento de residuos de pescado y la problemática que genera la falta de tratamiento, la información fue extraída de revistas científicas indexadas en bases de datos como SCOPUS, SCIENCE DIRECT, EBSCO, etc. (Rojas Bravo y Osorio A., 2019).

Transferibilidad, se brindó la posibilidad de extender los resultados y contextos similares, y ser transferidos como consecuencia de la elaboración de un análisis minucioso de las investigaciones (Rojas Bravo y Osorio A., 2019).

Dependencia; se brindó la recolección de datos para lograr la comprensión de los métodos empleados para el reaprovechamiento de los residuos de pescado, para el cuál se identificó las características fisicoquímicas de las vísceras y la evaluación de resultados obtenidos para desarrollar un análisis reflexivo (Rojas Bravo y Osorio A., 2019).

Conformabilidad; brinda interés en los autores para que elaboren investigaciones enfocadas en el aprovechamiento de residuos de pescado, se aportó el registro de artículos analizados los cuáles contribuyen a comprobar la fiabilidad de nuestros resultados (Rojas Bravo & Osorio A., 2019).

3.8 Método de análisis de información

Para el análisis de los artículos científicos, primero se procedió a clasificar y reducir la información, por medio de las agrupaciones de orden y categorías de acuerdo con la matriz para enfocar el objetivo (aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes), posteriormente se empleó el método de análisis cualitativo, que obtiene como primera actividad encontrar relación con el objetivo mediante la búsqueda con palabras claves y los filtros para un mejor resultado específico. Cada artículo científico fue analizado, comparado y criticado en cuanto a sus semejanzas y diferencias, siendo el análisis crítico la mayor condición para desarrollar una correcta interpretación.

3.9 Aspectos éticos

El desarrollo de esta investigación consideró los códigos de ética y norma de referencias ISO 690 Y 690-2, respetando los derechos de autor y las fuentes de información, haciendo citas y registro de cada documento, referencias. Se empleó el software como una herramienta anti plagio (turniting) para el descubrimiento de plagio y originalidad. Así mismo se empleó los alineamientos de investigación de la Universidad Cesar Vallejo de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental, según los documentos nombrados a continuación:

- Reglamento de propiedad intelectual de la universidad Cesar Vallejo (UCV) aprobada mediante Anexo 01-RCU N°0168-2020-UCV.
- Guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y tesis para la obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobada mediante RVI N°011-2020.
- RCUN°200-2018-UCV LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
- Código Nacional de la Integridad Científica (Concitec s/f)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, se realizó la síntesis de artículos elaborando la revisión sistemática enfocado en el reaprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes. Los contenidos analizados son; tipos de residuos de pescados aprovechados, métodos empleados para el aprovechamiento, estados físicos de los fertilizantes y la composición de los fertilizantes. Se analizaron sistemáticamente artículos de investigación indexados en revistas de alto impacto, extraídas de la biblioteca virtual de la Universidad César Vallejo, las cuales cuentan con 5 años de antigüedad.

OG. Aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes

La región geográfica que se enfocó más en la elaboración de estudios referidos al aprovechamiento de residuos de pescados fue el continente asiático con 47% de las investigaciones seleccionadas, en la india se encuentran cinco productores de pescado y mariscos estos deben de duplicar la producción para lograr satisfacer las necesidades alimentarias de 1800 millones de habitantes, el consumo mundial alcanza los 178 millones de toneladas, el incremento de esa producción es generador de grandes cantidades de desechos de pescado (Thendral Hepsibha y Geetha, 2021); seguido de Europa con 33%, América 12%, los estudios seleccionados presentan cinco años de antigüedad. La acuicultura brasileña presenta problemas con los costos elevados para lograr su producción (Pickens, Danaher, et al., 2020), el incentivar el aprovechamiento podría incrementar los ingresos y promover la sostenibilidad y África 8%, Egipto sufre una grave escasez de agua, incentivar nuevas técnicas como el empleo de agua de pescado como recirculación contribuiría para incrementar la productividad y calidad de los cultivos (R. E., et al., 2020).

Los sistemas de agricultura orgánica se basan en el reciclaje de nutrientes empleando insumos orgánicos, para preservar la fertilidad de los sistemas de suelo-planta y conservar el equilibrio de producción de alimentos y la preservación del medio ambiente (Ahuja y Loes, 2019).

Tabla 4: Artículos de investigación seleccionados

	ESTUDIO	AÑO	REGIÓN GEOGRÁFICA	CITAS
1	Estudio de campo y modelado sobre el ahorro de fertilizantes minerales, el aumento de los ingresos agrícolas y la mejora de la fertilidad del suelo mediante el uso de riego biológico con agua de drenaje de las piscifactorías.	2020	África	(R. E., et al., 2020)
2	Mejora de la eficiencia en la elaboración de ensilaje de desechos de pescado.	2018	África	(Elshahat Abdallah, et al., 2018)
3	Crecimiento y actividades metabólicas de plántulas de caupí expuestas a suelo tratado con aguas residuales de estanque artificial	2019	África	(Achuba y Oshiokpu, 2019)
4	El beneficio de utilizar el agua de drenaje de las granjas de peces para el riego: estudio de campo y modelado utilizando el modelo saltmed.	2017	África	(Abdelraouf y Ragab, 2017)
5	Valorización de residuos animales procedentes de la acuicultura mediante compostaje: Recuperación de nutrientes y mineralización de nitrógeno.	2021	América	(Guidini Lopesa, et al., 2020)
6	Integrando la Producción de Tomate Cherry en Invernadero con la Producción de Tilapia Biofloc.	2020	América	(Pickens, Danaher, et al., 2020)

7	Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).	2020	América	(Florez Jalixto, et al., 2020)
8	Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul.	2019	América	(Aida Ndiaye, et al., 2019)
9	Producción de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> , variedad Salanova) en sistemas acuapónicos desacoplados: Mismo rendimiento y calidad similar que en los sistemas hidropónicos convencionales, pero redujo drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero al ahorrar fertilizantes inorgánicos.	2019	América	(Monsees, et al., 2019)
10	Manejo de lodos de estanques piscícolas en el borde del Embalse de Itaparica (Brasil): una alternativa para mejorar la producción agrícola.	2018	América	(Araújo da Silva, et al., 2018)
11	Efecto del Biofertilizante (Residuos Fermentados de Pescado - Gunapaselam) sobre la estructura y componentes bioquímicos de hojas de <i>Vigna radiata</i> .	2021	Asia	(Thendral Hepsibha y Geetha, 2021)
12	Efectos de los fertilizantes orgánicos líquidos aplicados al suelo y al follaje sobre el crecimiento de <i>Basilea alba</i> Tierra Centella asiática.	2021	Asia	(Ranasinghe, et al., 2021)
13	Identificación y caracterización de un nuevo subproducto heptapéptido hidrolizado de caballa, y su potencial como componente fertilizante funcional.	2021	Asia	(Young Kim, et al., 2021)

14	Efectos de la conservación de espinas de pescado con ácido fórmico sobre la extractabilidad del calcio, fósforo, magnesio y potasio solubles en lactato de amonio-acetato.	2022	Asia	(Kristin Løes, et al., 2022)
15	Evaluación de la Producción de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bajo Sistema Hidropónico: Solución Nutriente Derivada de Desechos de Pescado vs. Solución Nutriente Inorgánica.	2021	Asia	(Ahmed, et al., 2021)
16	Efectividad de Biopelot Combinación de Biochar, Polvo Estiércol y Residuos de Pescado para Mejora de Productos Químicos Propiedades del suelo arenoso y crecimiento vegetal de soja.	2021	Asia	(Winarso, et al., 2021)
17	Hidrólisis de desechos de pescado utilizando desechos de frutas de Ananas comosus y carica papaya para la formulación de fertilizantes líquidos.	2021	Asia	(Ranasinghe, et al., 2021)
18	Recuperación de nutrientes de lodos de pescado como fertilizante líquido para mejorar la sostenibilidad de la acuaponía: una revisión.	2021	Asia	(Zhanga, et al., 2021)
19	Reciclaje de los residuos del beneficio del pescado mediante el compostaje: características químicas del compost y eficacia de sus ácidos húmicos para estimular el crecimiento de la lechuga.	2018	Asia	(Galba Busato, et al., 2018)
20	Extracción de fósforo a partir de huesos de desecho de pescado Ceniza por método de lixiviación ácida.	2020	Asia	(Darwish, et al., 2020)

21	La aplicación de fertilizante orgánico líquido y sólido a partir de peces Tilapia. residuos para la conservación de la planta superior Jackfruit de Central Sulawesi de Tulo y Beka.	2020	Asia	(Aida Ndiaye, et al., 2019)
22	Utilización del procesamiento de desechos de pescado como materia prima de compost en el mercado de Tambak Lorok.	2019	Asia	(Mega Kusuma, et al., 2019)
23	El efecto de la adición de harina de espinas de pescado sobre la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en fertilizante orgánico líquido de algas de Gracilaria sp.	2020	Asia	(Bhaskoro, et al., 2020)
24	El hidrolizado de pescado derivado de los desechos de pescado aumentó el crecimiento de <i>Kappaphycus alvarezii</i> .	2017	Asia	(Casaclang, et al., 2017)
25	Eficacia de la combinación de biopellet, biocarbón, gallinaza y residuos de pescado para la mejora de las propiedades químicas del suelo arenoso y el crecimiento de plantas de soja.	2020	Asia	(Winarso, et al., 2020)
26	Aumento de la abundancia de microorganismos en un suelo de regosol usando fertilizante biopellet compuesto de biocarbón, estiércol de pollo y desechos de camarones para aumentar la fertilidad del suelo.	2021	Asia	(Winarso, et al., 2021)
27	Fermentación bakasang de residuos de tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i>) para la producción de fertilizante orgánico líquido (LOF).	2018	Asia	(Tiwow, et al., 2018)

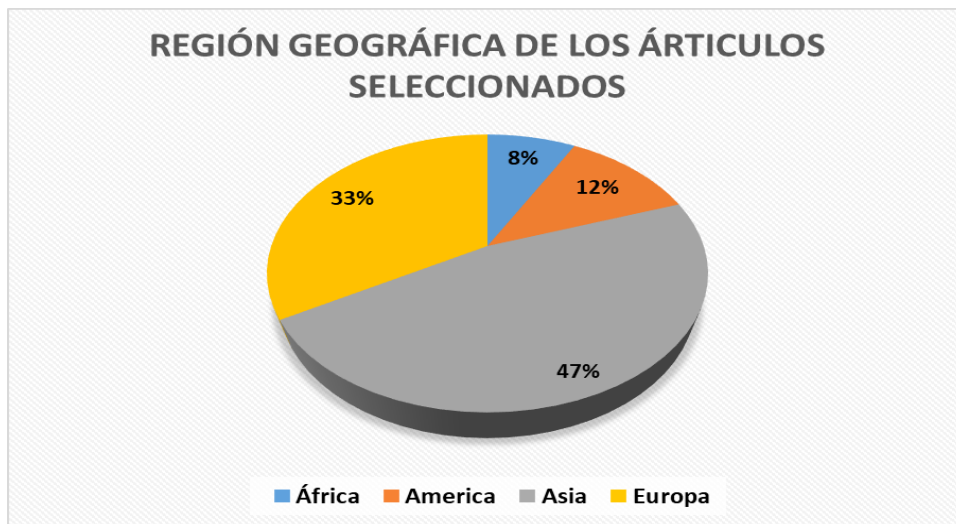
28	Sombra y compost de residuos de vegetales-pan-pescado efectos sobre el crecimiento y rendimiento del campo cultivado <i>andrographis paniculata</i> .	2018	Asia	(Gundadon, et al., 2018)
29	Síntesis de biofertilizante utilizando desechos de pescado y su utilización: un enfoque ecológico.	2021	Asia	(Noorjahan, 2021)
30	La adición de sedimentos de estanques de peces y fosfato de roca mejora el compostaje de desechos verdes desechos verdes.	2017	Asia	(Zhang y Sun, 2017)
31	Mejora de la productividad en sistemas integrados de cultivo de peces y hortalizas con sedimentos reciclados de estanques de peces.	2020	Asia	(Thi Da, et al., 2020)
32	Aplicación de microorganismos locales de desechos de atún y camarón como bioactivadores para el compostaje de desechos orgánicos domésticos por el método Takakura.	2021	Asia	(Dewilda, et al., 2021)
33	Aprovechamiento de residuos de espina de pescado de huachinango (<i>Lutjanus sp.</i>) para mejorar el contenido de fósforo en el compost.	2018	Asia	(Ramadhani, et al., 2018)
34	Tratamiento Biológico de Procesamiento de Pescado Salino Aguas Residuales para Reutilización como Fertilizante Líquido.	2017	Asia	(Chen Ching y Redzwan, 2017)
35	Conversión térmica de espinas de pescado en fertilizantes y bioestimulantes para el crecimiento vegetal: un proceso de valorización de baja tecnología para el desarrollo de la economía circular en los países menos adelantados.	2020	Europa	(Carella, et al., 2020)

36	Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul	2019	Europa	(Aida Ndiaye, et al., 2019)
37	Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia	2020	Europa	(Lanno, et al., 2020)
38	Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia	2020	Europa	
39	Cierre de ciclos globales de P: el efecto de los lodos de pescado deshidratados y los sólidos del estiércol como fertilizante de P	2021	Europa	(Brod y Falk Ogaard, 2021)
40	Uso Integrado de Fertilizante Nitrógeno y Estiércol de Pescado: Efectos en el Crecimiento y Composición Química de la Espinaca	2019	Europa	(Ekinci, et al., 2019)
41	Mejora de la salud de las plantas a través de la re mineralización de nutrientes en sistemas acuapónicos	2021	Europa	(Lobado, et al., 2021)
42	Valoración agronómica de un compost a base de algas y residuos de pescado como abono orgánico para cultivos de patata ecológica	2017	Europa	(Illera Vives, et al., 2017)
43	Efectos de la quema cero de residuos en la calidad del fertilizante líquido y vermicompost.	2017	Europa	(Brod, et al., 2017)
44	Valorización de Compost de Desechos de Pescado como Fertilizante para Uso Agrícola	2018	Europa	(Radziemska, et al., 2018)
45	Evaluación de las propiedades de los residuos del cultivo del bagre africano (<i>Clarias Gariepinus</i> B.) en el contexto de su uso con fines agrícolas	2019	Europa	(Sikora, et al., 2019)

46	Potencial de los compost de sedimentos de estanques de peces como fertilizantes orgánicos	2020	Europa	(Drózdź, et al., 2020)
47	Efecto de las espinas de pescado y fibra de algas como fertilizantes para raigrás En: Land, A., Serkistad, GL	2019	Europa	(Ahuja y Loes, 2019)
48	Un nuevo enfoque de biorrefinería para la valorización total de Residuos de Ancholeta: Aprovechamiento de los Lodos Generados durante la Extracción de aceite de pescado como suplemento de nitrógeno en Digestión anaeróbica	2021	Europa	(Fazzino, Paone, et al., 2021)
49	La Distribución de las Formas de Fósforo Depende del Compost	2021	Europa	(Lanno, et al., 2021)
50	Una evaluación ecológica y económica de Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) Cultivo en Amaranto integrado (<i>Amaranthus hybridus</i>) y Nilo Dar es Salam, Tanzania	2020	Europa	(Pius Mulokozi, et al., 2020)
51	Diseño de sistemas de producción de acuaponía para Integración en la agricultura de invernadero	2019	Europa	(Ingi Danner, et al., 2019)

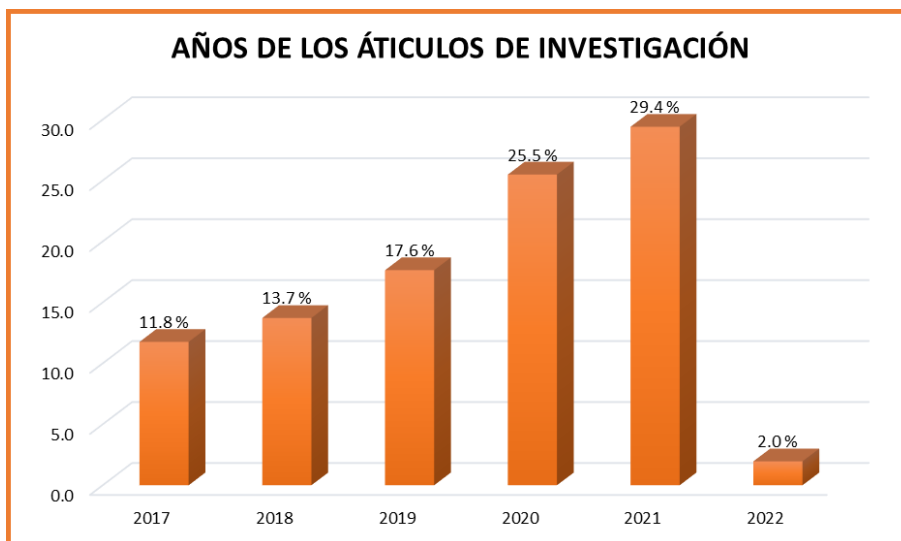
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Región geográfica de los artículos seleccionados



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Años de los artículos de investigación seleccionados



Fuente: Elaboración propia

OE 1: Residuos de pescado aprovechados para la elaboración de fertilizantes:

Según el plan del trabajo de investigación se elaboró la búsqueda de investigaciones enfocadas en el aprovechamiento de residuos orgánicos para la elaboración de fertilizantes, se identificaron 51 artículos, estos muestran los residuos más empleados para la elaboración de fertilizante; siendo las vísceras las más empleadas con 18.52% (20 artículos), escamas 15.74% (17 artículos), aletas 14.81% (16 artículos), cabeza 14.81% (16 artículos), estiércol 13.89% (15 artículos), espinas 13.89% (15 artículos), agua de pescado 8.33% (9 artículos).

Según la tabla 5, los estudios realizados (15 artículos) emplean el uso de aletas, vísceras, cabeza y escamas en conjunto para la producción de fertilizantes, (Thendral Hepsibha y Geetha, 2021) obtiene como resultado que la aplicación de fertilizante orgánico a partir del empleo de vísceras, cabeza y escamas en conjunto tiene gran influencia sobre las hojas, las cuales son un determinante fisiológico de crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Según Carella, et al., (2020), el aprovechamiento de espinas de pescado contribuye a la reducción de la dependencia de fósforo, sin embargo, presenta ausencia de nutrientes como el potasio y nitrógeno, según la tabla 13.

Pickens, Danaher, et al., (2020), emplea el uso de agua de pescado, concluye que el fertilizante necesita un sistema de refinamiento para incrementar el rendimiento a nivel comercial del fertilizante.

Según Delgado Tamayo, (2018), las vísceras de pescado están compuestas de 14.24% de carbono, 31.83 de materia orgánica, 3% de nitrógeno y 0.5% de magnesio.

Los subproductos del pescado pueden representar hasta el 70 % en peso del pescado total y consisten en cabeza, piel, huesos, cola, aletas, vísceras y rechazos de pescado entero (Tan, et al., 2019). Esto no solo causa un enorme desperdicio de valiosa proteína animal, sino que también genera una carga ambiental.

Tabla 5: Residuos de pescado aprovechados para la elaboración de fertilizantes

	ARTÍCULO	ALETAS	VÍSCERAS	CABEZA	ESCAMAS	ESPINAS	ESTIERCOL	AGUA DE PESCADO	CITAS
1	Efecto del Biofertilizante (Residuos Fermentados de Pescado - Gunapaselam) sobre la estructura y componentes bioquímicos de hojas de <i>Vigna radiata</i>	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	(Thendral Hepsibha1 y Geetha, 2021)
2	Conversión térmica de espinas de pescado en fertilizantes y bioestimulantes para el crecimiento vegetal: un proceso de valorización de baja tecnología para el desarrollo de la economía circular en los países menos adelantados	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	(Carella, et al. , 2020)
3	Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Aida Ndiaye, et al. , 2019)
4	Efectos de los fertilizantes orgánicos líquidos aplicados al suelo y al follaje sobre el crecimiento de <i>Basilea alba</i> TierraCentella asiatica I	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Ranasinghe, Ratnayake, y Kannangara, 2021)
5	Identificación y caracterización de un nuevo subproducto heptapéptido hidrolizado de caballa, y su potencial como componente fertilizante funcional	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	(Young Kim, Yi Jung, y Kyun Kim, 2021)
6	Efectos de la conservación de espinas de pescado con ácido fórmico sobre la extractabilidad del calcio, fósforo, magnesio y potasio solubles en lactato de amonio-acetato	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	(Kristin Løes, et al., 2022)
7	Evaluación de la Producción de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bajo Sistema Hidropónico: Solución Nutriente Derivada de Desechos de Pescado vs. Solución Nutriente Inorgánica	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Ahmed, Alnuaimi, et al. , 2021)
8	Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Lanno, et al., 2020)
9	Efectividad de Biopelot Combinación de Biochar, Pollo Estiércol y Residuos de Pescado para Mejora de Productos Químicos	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Winarso, et al. , 2021)
10	Propiedades del suelo arenoso y crecimiento vegetal de soja	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Guidini Lopesa, et al. , 2020)
	Valorización de residuos animales procedentes de la acuicultura mediante compostaje: Recuperación de nutrientes y mineralización de nitrógeno	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Guidini Lopesa, et al. , 2020)

11	Integrando la Producción de Tomate Cherry en Invernadero con la Producción de Tilapia Biofloc	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	(Pickens, Danaher, et al.
12	Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Lanno, et al., 2020)
13	Estudio de campo y modelado sobre el ahorro de fertilizantes minerales, el aumento de los ingresos agrícolas y la mejora de la fertilidad del suelo mediante el uso de riego biológico con agua de drenaje de las piscifactorías	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	(R. E., et al., 2020)
14	Hidrólisis de desechos de pescado utilizando desechos de frutas de Ananas comosus y carica papaya para la formulación de fertilizantes líquidos	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Ranasinghe, et al., 202
15	Recuperación de nutrientes de lodos de pescado como fertilizante líquido para mejorar la sostenibilidad de la acuaponía: una revisión	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Zhanga, et al., 2021)
16	Reciclaje de los residuos del beneficio del pescado mediante el compostaje: características químicas del compost y eficacia de sus ácidos húmicos para estimular el crecimiento de la lechuga	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Galba Busato, et al., 20
17	Extracción de fósforo a partir de huesos de desecho de pescado Ceniza por método de lixiviación ácida	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	(Darwish, et al., 2020)
18	La aplicación de fertilizante orgánico líquido y sólido a partir de peces Tilapia. residuos para la conservación de la planta superior Jackfruit de Central Sulawesi de Tulo y Beka	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	(Aida Ndiaye, et al., 201
19	Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (Oncorhynchus mykiss)	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	(Florez Jalixto, et al., 20
20	Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Aida Ndiaye, et al., 201
21	Producción de lechuga (Lactuca sativa, variedad Salanova) en sistemas acuapónicos desacoplados: Mismo rendimiento y calidad similar que en los sistemas hidropónicos convencionales, pero redujo drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero al ahorrar fertilizantes inorgánicos	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	(Monsees, et al., 2019)

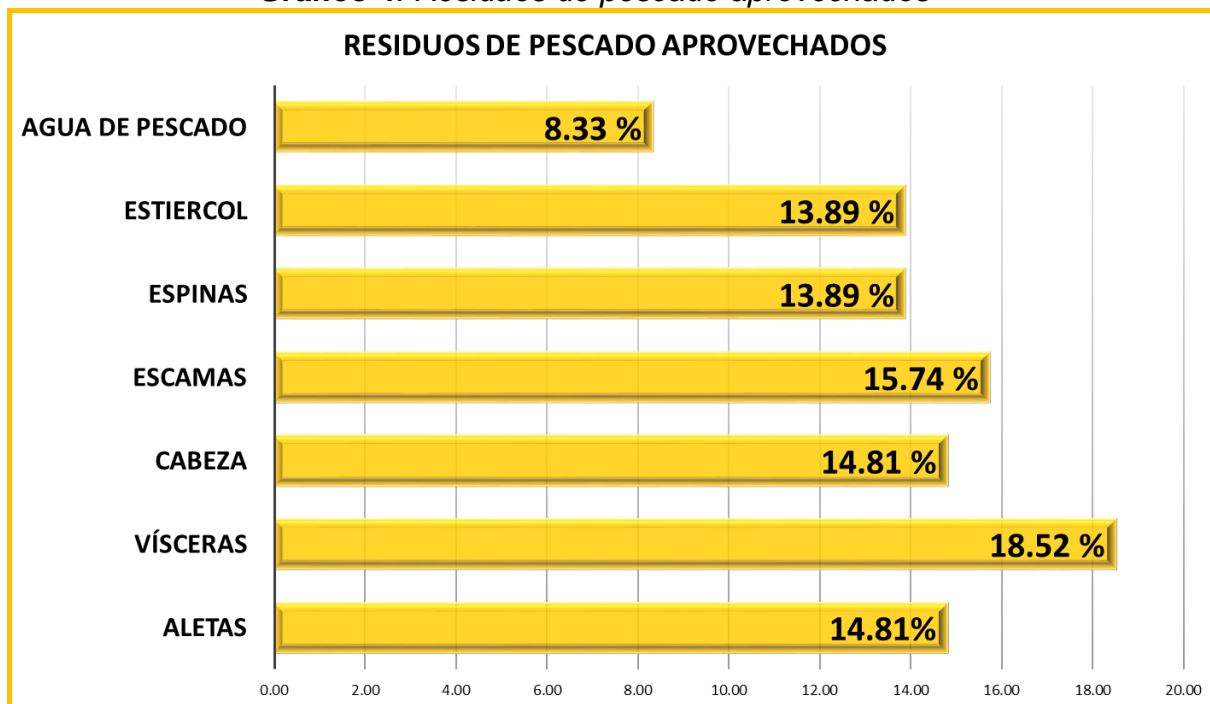
22	Mejora de la eficiencia en la elaboración de ensilaje de desechos de pescado	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Elishahat Abdallah, et al. , 2018)
23	Utilización del procesamiento de desechos de pescado como materia prima de compost en el mercado de Tambak Lorok	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Mega Kusuma, et al., 2019)
24	El efecto de la adición de harina de espinas de pescado sobre la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en fertilizante orgánico líquido de algas de Gracilaria sp.	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	(Bhaskoro, et al. , 2020)
25	Cierre de ciclos globales de P: el efecto de los lodos de pescado deshidratados y los sólidos del estiércol como fertilizante de P	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Brod y Falk Ogaard, 2021)
26	Uso Integrado de Fertilizante Nitrógeno y Estiércol de Pescado: Efectos en el Crecimiento y Composición Química de la Espinaca	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Ekinci, et al. , 2019)
27	Mejora de la salud de las plantas a través de la remineralización de nutrientes en sistemas acuapónicos	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Lobanov, et al. , 2021)
28	Valoración agronómica de un compost a base de algas y residuos de pescado como abono orgánico para cultivos de patata ecológica	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Illera Vives, et al. , 2017)
29	Efectos de la quema cero de residuos en la calidad del fertilizante líquido y vermicompost.	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Brod, et al. , 2017)
30	Valorización de Compost de Desechos de Pescado como Fertilizante para Uso Agrícola	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Radziemska, et al., 2018)
31	El hidrolizado de pescado derivado de los desechos de pescado aumentó el crecimiento de Kappaphycus alvarezii	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	(Casaclang, y otros, 2017)
32	Eficacia de la combinación de biopellet, biocarbón, gallinaza y residuos de pescado para la mejora de las propiedades químicas del suelo arenoso y el crecimiento de plantas de soja	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Winarso, et al. , 2020)
33	Aumento de la abundancia de microorganismos en un suelo de regosol usando fertilizante biopellet compuesto de biocarbón, estiércol de pollo y desechos de camarones para aumentar la fertilidad del suelo	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	(Winarso, et al. , 2021)

34	Evaluación de las propiedades de los residuos del cultivo del bagre africano (Clarias Gariepinus B.) en el contexto de su uso con fines agrícolas	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Sikora, et al. , 2019)
35	Fermentación bakasang de residuos de tilapia (Oreochromis mossambicus) para la producción de fertilizante orgánico líquido (LOF)	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	(Tiwow, et al., 2018)
36	Sombra y compost de residuos de vegetales-pan-pescado efectos sobre el crecimiento y rendimiento del campo cultivado andrographis paniculata (kesan teduhan dan kompos sisa sayuran-roti-ikan terhadap pertumbuhan dan hasil andrographis paniculata di ladang)	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	(Gundadon, et al., 2018)
37	Síntesis de biofertilizante utilizando desechos de pescado y su utilización: un enfoque ecológico	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Noorjahan, 2021)
38	Potencial de los compost de sedimentos de estanques de peces como fertilizantes orgánicos	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Drózdź, et al. , 2020)
39	Manejo de lodos de estanques piscícolas en el borde del Embalse de Itaparica (Brasil): una alternativa para mejorar la producción agrícola	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Araújo da Silva, et al. , 2018)
40	Efecto de las espinas de pescado y fibra de algas como fertilizantes para raigrás En: Land, A., Serkistad, GL	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	(Ahuja y Loes, 2019)
41	Un nuevo enfoque de biorrefinería para la valorización total de Residuos de Anchoqueta: Aprovechamiento de los Lodos Generados durante la Extracción de aceite de pescado como suplemento de nitrógeno en Digestión anaeróbica	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Fazzino, Paone, et al., 2021)
42	La Distribución de las Formas de Fósforo Depende del Compost	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Lanno, et al., 2021)
43	La adición de sedimentos de estanques de peces y fosfato de roca mejora el compostaje de desechos verdes desechos verdes	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Zhang y Sun, 2017)
44	Mejora de la productividad en sistemas integrados de cultivo de peces y hortalizas con sedimentos reciclados de estanques de peces	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	(Thi Da, et al., 2020)
45	Aplicación de microorganismos locales de desechos de atún y camarón como bioactivadores para el compostaje de desechos orgánicos domésticos por el método Takakura	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	(Dewilda, et al., 2021)

46	Aprovechamiento de residuos de espina de pescado de huachinango (<i>Lutjanus sp.</i>) para mejorar el contenido de fósforo en el compost	×	×	×	×	✓	×	×	(Ramadhani, et al., 2018)
47	Una evaluación ecológica y económica de Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) Cultivo en Amarantho integrado (<i>Amaranthus hybridus</i>) y Nilo Dar es Salam, Tanzania	×	×	×	×	×	×	✓	(Plus Mulokozi, et al., 2020)
48	Crecimiento y actividades metabólicas de plántulas de caupí expuestas a suelo tratado con aguas residuales de estanque artificial	×	×	×	×	×	×	✓	(Achuba y Oshiokpu, 2019)
49	Diseño de sistemas de producción de acuaponia para Integración en la agricultura de invernadero	×	×	×	×	×	×	✓	(Ingi Danner, et al., 2019)
50	El beneficio de utilizar el agua de drenaje de las granjas de peces para el riego: estudio de campo y modelado utilizando el modelo saltmed	×	×	×	×	×	×	✓	(Abdelraouf y Ragab, 2017)
51	Tratamiento Biológico de Procesamiento de Pescado Salino Aguas Residuales para Reutilización como Fertilizante Líquido	×	×	×	×	×	×	✓	(Chen Ching y Redzwan, 2017)

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Residuos de pescado aprovechados



Fuente: Elaboración propia

OE2: Métodos para el aprovechamiento de residuos de pescado en elaboración de fertilizantes

Según la búsqueda de información de las revistas indexadas, los métodos de aprovechamientos de subproductos de pescados fueron identificados 51 artículos los que se encuentran en la Tabla 4, estos muestran que el método más empleado son los procesos físicos con 35.29 % (18 artículos), este método emplea con mayor proporción el uso de agua de pescado (9 artículos), según la tabla 5, destacando los fertilizantes líquidos según la tabla 11.

(R. E., et al., 2020), utilizó el agua de pescado y empleó el método de sedimentación, este fertilizante incrementó la tasa de fertilización nitrogenada en relación al fósforo y potasio, mejoró los rendimientos y limitó el uso excesivo de fertilizantes químicos.

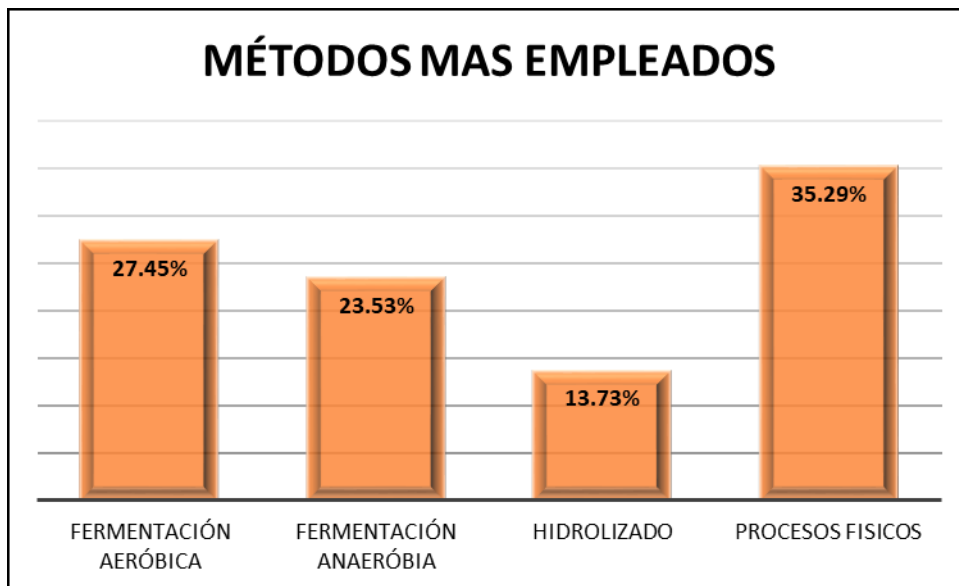
Según la tabla 6, el método de fermentación aeróbica fue desarrollado en un 27.45%, (14 artículos), fermentación anaeróbica 23.53% (12 artículos), Hidrolizado 13.73%, (7 artículos).

Tabla 6: *Métodos empleados para el aprovechamiento de residuos de pescado*

MÉTODOS	PORCENTAJE
Fermentación aeróbica	27.45 %
Fermentación anaerobia	23.53 %
Hidrolizado	13.73 %
Procesos físicos	35.29 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Métodos empleados para el aprovechamiento de residuos de pescado



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Método de fermentación aeróbica

ESTUDIO	CITAS	MÉTODO	CATALIZADOR	TIEMPO	T°	PH
Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia.	(Lanno, et al., 2020)	Fermentación aeróbica	Trigo triturado Estiércol de caballo Residuos verdes	8 días	70°C	
Valorización de residuos animales procedentes de la acuicultura mediante compostaje: Recuperación de nutrientes y mineralización de nitrógeno.	(Guidini Lopesa, et al., 2020)	Fermentación aeróbica	Virutas de madera Cáscaras de maní	210 días		6.3
Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia.	(Lanno, et al., 2020)	Fermentación aeróbica	Trigo triturado Estiércol de caballo Residuos verdes	8 días	70°C	
Reciclaje de los residuos del beneficio del pescado mediante el compostaje: características químicas del compost y eficacia de sus ácidos húmicos para estimular el crecimiento de la lechuga.	(Galba Busato, et al., 2018)	Fermentación aeróbica	Hierba triturada (Pennisetum purpureum)	120 días	65°C secado en estufa	7.6
Valoración agronómica de un compost a base de algas y residuos de pescado como abono orgánico para cultivos de patata ecológica.	(Illera Vives, et al., 2017)	Fermentación aeróbica	Algas Cortezas de pino			6.8

Valorización de Compost de Desechos de Pescado como Fertilizante para Uso Agrícola.	(Radziemska, et al., 2018)	Fermentación aeróbica	Corteza de pino Materia fresca y seca de hojas de lechuga	14 horas	22°C	5.7
Sombra y compost de residuos de vegetales-pan-pescado efectos sobre el crecimiento y rendimiento del campo cultivado <i>andropogon paniculata</i> .	(Gundadon, et al., 2018)	Fermentación aeróbica	Verduras del género Brassica tiradas Pan caducado o tirado Turba de coco		50°C	3.65
Potencial de los compost de sedimentos de estanques de peces como fertilizantes orgánicos.	(Drózdź, et al., 2020)	Fermentación aeróbica	Paja de trigo Pasto húmedo (de cortar el césped)	28 días		7.6
La Distribución de las Formas de Fósforo Depende del Compost.	(Lanno, et al., 2021)	Fermentación aeróbica	Paja sin triturar (20%) Agua	185 días		
La adición de sedimentos de estanques de peces y fosfato de roca mejora el compostaje de desechos verdes desechos verdes.	(Zhang y Sun, 2017)	Fermentación aeróbica	Residuos verdes Roca fosfórica			6.5
Mejora de la productividad en sistemas integrados de cultivo de peces y hortalizas con sedimentos reciclados de estanques de peces.	(Thi Da, et al., 2020)	Fermentación aeróbica	Enmiendas orgánicas de paja de arroz (RS) de origen local Jacinto de agua común			6.97

Aplicación de microorganismos locales de desechos de atún y camarón como bioactivadores para el compostaje de desechos orgánicos domésticos por el método Takakura	(Dewilda, et al., 2021)	Fermentación aeróbica	Desechos orgánicos domésticos (restos de arroz, cáscaras de frutas). Agua de coco	9 días	33°C	7.9
Aprovechamiento de residuos de espina de pescado de huachinango (<i>Lutjanus sp.</i>) para mejorar el contenido de fósforo en el compost	(Ramadhani, et al., 2018)	Fermentación aeróbica	Agua subterránea 200 ml (Bioactivador) 2g de azúcar Harina de espinas de pescado Desechos de hojas aserrín	21 días	período mesófil (23°-45° C)	
Tratamiento Biológico de Procesamiento de Pescado Salino Aguas Residuales para Reutilización como Fertilizante Líquido	(Chen Ching y Redzwan, 2017)	Fermentación aeróbica		5 días	30°C	

Fuente: Elaboración propia

La fermentación aerobia, es desarrollada en un 27.45%, este método resalta el empleo de catalizadores, residuos orgánicos.(Guidini Lopesa, et al. , 2020), desarrolla este método en 210 días, empleando virutas de madera y cáscara de maní; obteniendo como resultado un pH de 6.3 y según la tabla 13; el valor máximo en nitrógeno de 23%, sin embargo no registran valores en fósforo y potasio; (Radziemska, et al., 2018), desarrolla la fermentación en 14 horas, empleando corteza de pino, materia fresca y seca de hojas de lechuga, se llevó el control de una temperatura constante de 22°C, un pH de 5.7 y una humedad relativa de 75%; obteniendo como resultado, según la tabla 13; 30.80% de nitrógeno, 0.54% de potasio y 7.47% de potasio.

Según la tabla 11, indica que los artículos de investigación que aplican la fermentación aerobia los fertilizantes obtenidos son de presentación sólida.

Tabla 8: Método de fermentación anaeróbica

ESTUDIO	CITAS	MÉTODO	CATALIZADOR	TIEMPO	T°	PH
Efecto del Biofertilizante (Residuos Fermentados de Pescado - Gunapaselam) sobre la estructura y componentes bioquímicos de hojas de <i>Vigna radiata</i> .	(Thendral Hepsibha ¹ y Geetha, 2021)	Fermentación anaerobia	Azúcar moreno en polvo (1,5 Kg) en la relación 1:1,5 5 litros de agua	15 días	-	-
Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul.	(Aida Ndiaye, et al., 2019)	Fermentación anaerobia	Estiércol de vaca Agua para hacer 2 L en total.	63 días	horno (38°C)	-
La aplicación de fertilizante orgánico líquido y sólido a partir de peces Tilapia. residuos para la conservación de la planta superior Jackfruit de Central Sulawesi de Tulo y Beka.	(Aida Ndiaye, et al., 2019)	Fermentación anaerobia	Arcilla	14 días	-	-

Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul.	(Aida Ndiaye, et al., 2019)	Fermentación anaerobia	Estiércol de vaca Agua	-	-	-
Mejora de la eficiencia en la elaboración de ensilaje de desechos de pescado.	(Elshahat Abdalah, et al., 2018)	Fermentación anaerobia	Salvado de arroz Ácido fórmico 4%	25 días	33°C- 55°C	-
Utilización del procesamiento de desechos de pescado como materia prima de compost en el mercado de Tambak Lorok.	(Mega Kusuma, et al., 2019)	Fermentación anaerobia	Verduras sobrantes Frutas sobrantes	-	-	8.30%
El efecto de la adición de harina de espinas de pescado sobre la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en fertilizante orgánico líquido de algas de Gracilaria sp.	(Bhaskoro, et al., 2020)	Fermentación anaerobia	Algas con 500 g de peso cinco centímetros.	14 días	-	7.08

Mejora de la salud de las plantas a través de la remineralización de nutrientes en sistemas acuapónicos.	(Lobanov, et al., 2021)	Fermentación anaerobia	Agua rica en amonio, 1:2	-	Entre 25 y 35 °C	-
El hidrolizado de pescado derivado de los desechos de pescado aumentó el crecimiento de <i>Kappaphycus alvarezii</i> .	(Casaclang, et al., 2017)	Fermentación anaerobia	Desechos de Sabalote Microorganismos efectivos (EMO) Azúcar moreno de 1:1	10 a 15 días.	-	-
Fermentación bakasang de residuos de tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i>) para la producción de fertilizante orgánico líquido (LOF).	(Tiwow, et al., 2018)	Fermentación anaerobia	Tomate Azúcar de Palma Zumo de lima NaCl	14 días	-	6
Síntesis de biofertilizante utilizando desechos de pescado y su utilización: un enfoque ecológico.	(Noorjahan, 2021)	Fermentación anaerobia	Azúcar moreno 4 kg Agua 5 litros	15 a 20 día	55-22°C	-
Un nuevo enfoque de biorrefinería para la valorización total de Residuos de Anchoveta: Aprovechamiento de los Lodos Generados durante la Extracción de aceite de pescado como suplemento de nitrógeno en Digestión anaeróbica.	(Fazzino, Paone, et al., 2021)	Fermentación anaerobia	Papas Manzanas Zanahorias.	-	-	6.85

Fuente: Elaboración propia

La fermentación anaeróbica, equivale al 23.53% de los artículos estudiados, (Aida Ndiaye, et al. , 2019), desarrolla la fermentación en 63 días, empleando como catalizador el estiércol de vaca y 2 litros de agua, obteniendo como resultado 3.3 % de nitrógeno y 10.91% de fosforo; (Casaclang, et al., 2017) desarrolló la fermentación en un promedio de 10 a 15 días, empleando como catalizadores, azúcar moreno, desechos de sábalo, microorganismos efectivos (EMO), teniendo como resultados, según la tabla 13; 53.54% de nitrógeno y 15% de potasio.

Según la tabla 11, la presentación del fertilizante empleando el método de fermentación anaerobia el 72.7% son líquidos, sin embargo, de la fermentación también se logra obtener fertilizante sólido en menor proporción.

Tabla 9:Método de Hidrolizado

ESTUDIO	CITAS	MÉTODO	CATALIZADOR	TIEMPO	T°	PH
Efectos de los fertilizantes orgánicos líquidos aplicados al suelo y al follaje sobre el crecimiento de Basilea alba Tierra Centella Asiatica.	(Ranasinghe, Ratnayake, Kannangara, 2021)	y Hidrolizado	- 200 gr de tierra vegetal. - 5 L de agua destilada. -(Bromelina cruda extraída de A.comosus (cáscaras de frutas + corona). -Papaína cruda extraída de C.papaya (cáscaras de frutos maduros + hojas) y la mezcla de ambas enzimas). -Materiales vegetales descompuestos de lo anterior. -Extractos acuosos de hojas frescas de Croton aromaticus y lantana cámara. - 50 g de ceniza de cáscara de coco.	8 semanas	-	-

Identificación y caracterización de un nuevo subproducto heptapéptido hidrolizado de caballa, y su potencial como componente fertilizante funcional.	(Young Kim, Yi Jung, y Kyun Kim, 2021)	Hidrolizado	200 mL de agua destilada (DW) en una proporción de 1:1 Bacterias mixtas Pknufermbacteria (patente coreana N° 10-0822239) y Wormbacteria (patente coreana N°10-1058245).	3 días	45°C	-
Efectos de la conservación de espinas de pescado con ácido fórmico sobre la extractabilidad del calcio, fósforo, magnesio y potasio solubles en lactato de amonio-acetato.	(Kristin Løes, et al., 2022)	Hidrolizado	Ácido fórmico.	34 días	-	3
Hidrólisis de desechos de pescado utilizando desechos de frutas de Ananas Comosus y Carica papaya para la formulación de fertilizantes líquidos.	(Ranasinghe, et al., 2021)	Hidrolizado	La piña (A. Comosus) Papaya (C. papaya) los componentes de la planta, es decir, hojas, frutos inmaduros y frutos maduros, Ceniza de cáscara de coco Agua destilada.	-	55 °C y 70 °C.	7.1

Extracción de fósforo a partir de huesos de desecho de pescado Ceniza por método de lixiviación ácida.	(Darwish, et al., 2020)	Hidrolizado	H ₂ SO ₄ Ceniza.	2 horas	600 °C	
Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).	(Florez Jalixto, et al., 2020)	Hidrolizado	Melaza Proteasa	5 días	60°C 40°C melaza	
Efecto de las espinas de pescado y fibra de algas como fertilizantes para raigrás En: Land, A., Serkistad, GL .	(Ahuja y Loes, 2019)	Hidrolizado	Ácido fórmico La fibra de algas frescas (Eurofins, Jena)		105 °C	6.8

Fuente: Elaboración propia

El método de hidrolizado equivale al 13.73%, del total de métodos empleados para la elaboración de fertilizantes; (Ranasinghe, et al., 2021), realiza el método en 8 semanas, los residuos de pescado utilizados fueron la aleta, las vísceras, la cabeza y escamas de pescado, empleando como catalizadores 200 gr de tierra vegetal, 5 L de agua destilada, bromelina cruda extraída de *A.comosus*, cáscaras de frutos maduros + hojas, extractos acuosos de hojas frescas de *Croton aromaticus* y *lantana cámara* y 50 g de ceniza de cáscara de coco teniendo como resultados según la tabla 13; 5.7% de nitrógeno, 0.50% de fósforo y 1.82% potasio.

(Darwish, et al., 2020), desarrolla la hidrolización en 2 horas empleando 600°C, emplearon H₂SO₄ y ceniza como catalizador, utilizaron el aprovechamiento de las espinas de pescado; según la tabla 13 el fertilizante presenta 0.05% de fósforo y 1.51% de potasio.

Tabla 10: Método de procesos físicos

ESTUDIO	CITAS	MÉTODO	CATALIZADOR	TIEMPO	T°	PH
Conversión térmica de espinas de pescado en fertilizantes y bioestimulantes para el crecimiento vegetal: un proceso de valorización de baja tecnología para el desarrollo de la economía circular en los países menos adelantados.	(Carella, et al., 2020)	Procesos físicos	20 mL de agua desionizada a pH 6.5 por (10 mg espinas de pescado)	4 días	25° C	-
Evaluación de la Producción de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bajo Sistema Hidropónico: Solución Nutriente Derivada de Desechos de Pescado vs. Solución Nutriente Inorgánica.	(Ahmed, Alnuaimi, et al., 2021)	Procesos físicos	-	-	19.2-26.4°C	-
Efectividad de Biopelot Combinación de Biochar, Polvo Estiércol y Residuos de Pescado para Mejora de Productos Químicos Propiedades del suelo arenoso y crecimiento vegetal de soja.	(Winarso, et al., 2021)	Procesos físicos	Biochar de estiércol de pollo Biocarbon de materias primas derivadas de residuos de maíz en forma de mazorcas de maíz	4 horas horno	60 70°C horno	-

Integrando la Producción de Tomate Cherry en Invernadero con la Producción de Tilapia Biofloc.	(Pickens, Danaher, et al., 2020)	Procesos físicos	-	-	28-27°C	6.7
Estudio de campo y modelado sobre el ahorro de fertilizantes minerales, el aumento de los ingresos agrícolas y la mejora de la fertilidad del suelo mediante el uso de riego biológico con agua de drenaje de las piscifactorías.	(R. E., et al., 2020)	Procesos físicos	-	-	-	8.21
Recuperación de nutrientes de lodos de pescado como fertilizante líquido para mejorar la sostenibilidad de la acuaponia: una revisión.	(Zhanga, et al., 2021)	Procesos físicos	-	14 días	-	-
Producción de lechuga (Lactuca sativa, variedad Salanova) en sistemas acuapónicos desacoplados: Mismo rendimiento y calidad similar que en los sistemas hidropónicos convencionales, pero redujo drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero al ahorrar fertilizantes inorgánicos.	(Monsees, et al., 2019)	Procesos físicos	Nitrato de amonio cálcico, (KNO ₃), (MgSO ₄), (KH ₂ PO ₄) Solución de oligoelementos lista para usar.	15 minutos	95°C	-

Cierre de ciclos globales de P: el efecto de los lodos de pescado deshidratados y los sólidos del estiércol como fertilizante de P.	(Brod y Falk Ogaard, 2021)	Procesos físicos	Arena Turba de sphagnum (0,3 kg; 20 vol. %) Marga (PIEDRA) arcillosa limosa	2 años	11 A 17°C	-
Uso Integrado de Fertilizante Nitrógeno y Estiércol de Pescado: Efectos en el Crecimiento y Composición Química de la Espinaca	(Ekinci, et al., 2019)	Procesos físicos	Fertilizante comercial (N)	-	-	6.8
Efectos de la quema cero de residuos en la calidad del fertilizante líquido y vermicompost.	(Brod, et al., 2017)	Procesos físicos	El suelo franco arenoso (14% arcilla y 55% arena)	-	12 a 13°C	-
Eficacia de la combinación de biopellet, biocarbón, gallinaza y residuos de pescado para la mejora de las propiedades químicas del suelo arenoso y el crecimiento de plantas de soja.	(Winarso, et al., 2020)	Procesos físicos	Biocarbón con caña de azúcar Estiércol de pollo	4 horas	60-70 °C	74.1 g/kg
Aumento de la abundancia de microorganismos en un suelo de regosol usando fertilizante biopellet compuesto de biocarbón, estiércol de pollo y desechos de camarones para aumentar la fertilidad del suelo.	(Winarso, et al., 2021)	Procesos físicos	Tierra de regosol Desechos de granja de pollo Desechos de caña de azúcar Melaza (adhesivo de biopellet)	-	-	7.41

Evaluación de las propiedades de los residuos del cultivo del bagre africano (<i>Clarias Gariepinus B.</i>) en el contexto de su uso con fines agrícolas.	(Sikora, et al., 2019)	Procesos físicos	Forrajes de alta digestibilidad	-	Secadas a 65°C, homogenizadas mineralizados en mufla a 450°C	-
Manejo de lodos de estanques piscícolas en el borde del Embalse de Itaparica (Brasil): una alternativa para mejorar la producción agrícola.	(Araújo da Silva, et al., 2018)	Procesos físicos	Paja de coco Estiércol de aves de corral Fertilizantes químicos	-	25,0 °C	7.1
Una evaluación ecológica y económica de Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) Cultivo en Amaranto integrado (<i>Amaranthus hybridus</i>) y Nilo Dar es Salam, Tanzania.	(Pius Mulokozi, et al., 2020)	Procesos físicos	-	-	27.75 °C	7.52
Crecimiento y actividades metabólicas de plántulas de caupí expuestas a suelo tratado con aguas residuales de estanque artificial.	(Achuba y Oshiokpu, 2019)	Procesos físicos	-	-	-	6.98

Diseño de sistemas de producción de acuaponía para Integración en la agricultura de invernadero.	(Ingi Danner, et al., 2019)	Procesos físicos	-	-	-	-
El beneficio de utilizar el agua de drenaje de las granjas de peces para el riego: estudio de campo y modelado utilizando el modelo saltmed.	(Abdelraouf y Ragab, 2017)	Procesos físicos	-	-	-	7.05

Fuente: Elaboración propia

Los procesos físicos equivalen al 35.29%, según la tabla 5 los residuos de pescado empleados para la elaboración de fertilizantes empleando los métodos físicos, el agua de pescado equivale al 63.6% del total de residuos empleados.

(R. E., et al., 2020), emplea la sedimentación como método físico, con un pH de 8.21; según la tabla 13; obtuvieron 4.9% de nitrógeno, 1.14% de fósforo y 2.82% de potasio.

(Pickens, Danaher, et al., 2020), emplean el uso de agua de pescado, con una temperatura de 27-28°C y un pH de 6.7; según la tabla 13 obtuvieron altos valores de nutrientes 27.40% de nitrógeno, 39.73% de potasio y 8.55% de potasio.

OE 3: Formas de presentación de los fertilizantes elaborados con residuos de pescado

Las investigaciones revelan que la presentación de los fertilizantes obtenidos en mayor proporción fueron líquidos con 49.02 % (25 artículos), sólidos 47.06% (24 artículos) y semisólidos 3.92% (2 artículos).

Los residuos de pescado pueden emplearse como material para la elaboración de fertilizantes líquidos o fertilizantes sólidos.

El fertilizante elaborado a partir de residuos de pescado puede incrementar el rendimiento de algún tipo de plantas frutales hasta en un 60%, pueden reducir el ataque de los patógenos *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp* en las plantas de okra y frijol. El LOF estimuló el desarrollo de actinomicetos spp. y rizo bacterias spp que desempeñan un papel en la producción de hormonas que crecen alrededor de las raíces de las plantas (Tiwow, et al., 2020).

El estándar de la Organización de la Asociación de Alimentos (FAO) para fertilizantes líquidos ha definido los criterios básicos para este tipo de fertilizante, a saber: el contenido de macroelementos debe tener un valor mínimo de N (12%), P (8%) y K (6%).

Tabla 11: Formas de presentación de los fertilizantes elaborados con residuos de pescado

	ESTUDIO	CITA	FORMAS DE PRESENTACIÓN
1	Efecto del Biofertilizante (Residuos Fermentados de Pescado - Gunapaselam) sobre la estructura y componentes bioquímicos de hojas de <i>Vigna radiata</i> .	(Thendral Hepsibha y Geetha, 2021)	Sólido
2	Conversión térmica de espinas de pescado en fertilizantes y bioestimulantes para el crecimiento vegetal: un proceso de valorización de baja tecnología para el desarrollo de la economía circular en los países menos adelantados.	(Carella, et al., 2020)	Sólido
3	Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul.	(Aida Ndiaye, et al., 2019)	Líquido
4	Efectos de los fertilizantes orgánicos líquidos aplicados al suelo y al follaje sobre el crecimiento de <i>Basilea alba</i> Tierra Centella asiatica.	(Ranasinghe, Ratnayake, y Kannangara, 2021)	Líquido
5	Identificación y caracterización de un nuevo subproducto heptapéptido hidrolizado de caballa, y su potencial como componente fertilizante funcional.	(Young Kim, Yi Jung, y Kyun Kim, 2021)	Sólido

6	Efectos de la conservación de espinas de pescado con ácido fórmico sobre la extractabilidad del calcio, fósforo, magnesio y potasio solubles en lactato de amonio-acetato.	(Kristin Løes, et al., 2022)	Líquido
7	Evaluación de la Producción de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bajo Sistema Hidropónico: Solución Nutriente Derivada de Desechos de Pescado vs. Solución Nutriente Inorgánica.	(Ahmed, Alnuaimi, et al., 2021)	Líquido
8	Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia.	(Lanno, et al., 2020)	Sólido
9	Efectividad de Biopelot Combinación de Biochar, Polvo Estiércol y Residuos de Pescado para Mejora de Productos Químicos Propiedades del suelo arenoso y crecimiento vegetal de soja.	(Winarso, et al., 2021)	Sólido
10	Valorización de residuos animales procedentes de la acuicultura mediante compostaje: Recuperación de nutrientes y mineralización de nitrógeno.	(Guidini Lopesa, et al., 2020)	Sólido
11	Integrando la Producción de Tomate Cherry en Invernadero con la Producción de Tilapia Biofloc.	(Pickens, Danaher, et al., 2020)	Líquido
12	Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia.	(Lanno, et al., 2020)	Sólido
13	Estudio de campo y modelado sobre el ahorro de fertilizantes minerales, el aumento de los ingresos agrícolas y la mejora de la fertilidad del suelo mediante el uso de riego biológico con agua de drenaje de las piscifactorías.	(R. E., et al., 2020)	Líquido

14	Hidrólisis de desechos de pescado utilizando desechos de frutas de Ananas comosus y carica papaya para la formulación de fertilizantes líquidos.	(Ranasinghe, et al., 2021)	Líquido
15	Recuperación de nutrientes de lodos de pescado como fertilizante líquido para mejorar la sostenibilidad de la acuaponía: una revisión	(Zhanga, et al., 2021)	Líquido
16	Reciclaje de los residuos del beneficio del pescado mediante el compostaje: características químicas del compost y eficacia de sus ácidos húmicos para estimular el crecimiento de la lechuga.	(Galba Busato, et al., 2018)	Sólido
17	Extracción de fósforo a partir de huesos de desecho de pescado Ceniza por método de lixiviación ácida.	(Darwish, et al., 2020)	Líquido
18	La aplicación de fertilizante orgánico líquido y sólido a partir de peces Tilapia. residuos para la conservación de la planta superior Jackfruit de Central Sulawesi de Tulo y Beka.	(Aida Ndiaye, et al., 2019)	Sólido
19	Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).	(Florez Jalixto, et al., 2020)	Líquido
20	Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul.	(Aida Ndiaye, et al., 2019)	Semisólido

21	Producción de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> , variedad Salanova) en sistemas acuapónicos desacoplados: Mismo rendimiento y calidad similar que en los sistemas hidropónicos convencionales, pero redujo drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero al ahorrar fertilizantes inorgánicos.	(Monsees, et al., 2019)	Líquido
22	Mejora de la eficiencia en la elaboración de ensilaje de desechos de pescado.	(Elshahat Abdallah, et al., 2018)	Líquido
23	Utilización del procesamiento de desechos de pescado como materia prima de compost en el mercado de Tambak Lorok.	(Mega Kusuma, et al., 2019)	Semisólido
24	El efecto de la adición de harina de espigas de pescado sobre la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en fertilizante orgánico líquido de algas de <i>Gracilaria</i> sp.	(Bhaskoro, et al., 2020)	Líquido
25	Cierre de ciclos globales de P: el efecto de los lodos de pescado deshidratados y los sólidos del estiércol como fertilizante de P.	(Brod y Falk Ogaard, 2021)	Sólido
26	Uso Integrado de Fertilizante Nitrógeno y Estiércol de Pescado: Efectos en el Crecimiento y Composición Química de la Espinaca.	(Ekinci, et al., 2019)	Líquido
27	Mejora de la salud de las plantas a través de la remineralización de nutrientes en sistemas acuapónicos.	(Lobanov, et al., 2021)	Líquido
28	Valoración agronómica de un compost a base de algas y residuos de pescado como abono orgánico para cultivos de patata ecológica.	(Illera Vives, et al., 2017)	Sólido

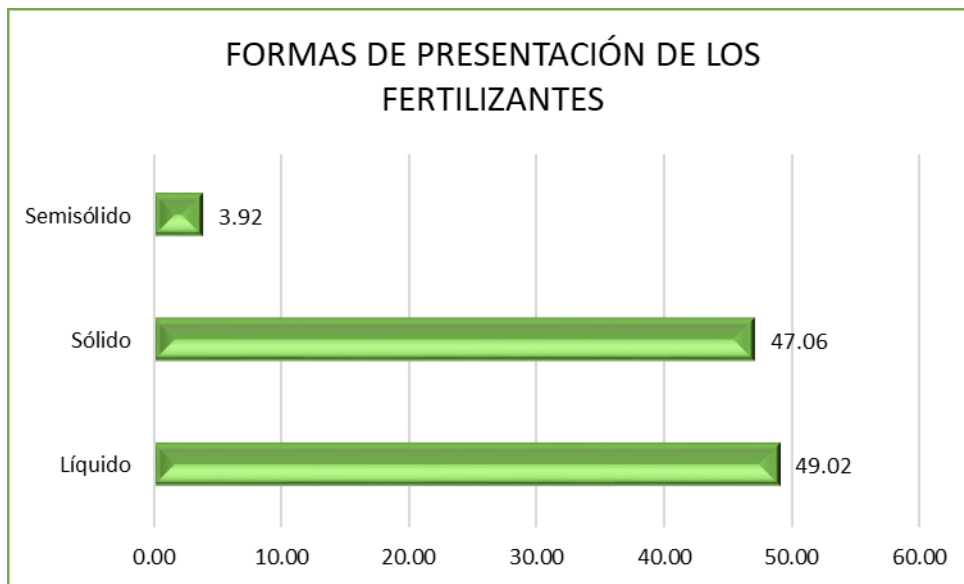
29	Efectos de la quema cero de residuos en la calidad del fertilizante líquido y vermicompost.	(Brod, et al., 2017)	Líquido
30	Valorización de Compost de Desechos de Pescado como Fertilizante para Uso Agrícola.	(Radziemska, et al., 2018)	Sólido
31	El hidrolizado de pescado derivado de los desechos de pescado aumentó el crecimiento de <i>Kappaphycus alvarezii</i> .	(Casaclang, y otros, 2017)	Líquido
32	Eficacia de la combinación de biopellet, biocarbón, gallinaza y residuos de pescado para la mejora de las propiedades químicas del suelo arenoso y el crecimiento de plantas de soja.	(Winarso, et al., 2020)	Sólido
33	Aumento de la abundancia de microorganismos en un suelo de regosol usando fertilizante biopellet compuesto de biocarbón, estiércol de pollo y desechos de camarones para aumentar la fertilidad del suelo.	(Winarso, et al., 2021)	Sólido
34	Evaluación de las propiedades de los residuos del cultivo del bagre africano (<i>Clarias Gariepinus B.</i>) en el contexto de su uso con fines agrícolas.	(Sikora, et al., 2019)	Sólido
35	Fermentación bakasang de residuos de tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i>) para la producción de fertilizante orgánico líquido (LOF).	(Tiwow, et al., 2018)	Líquido

36	Sombra y compost de residuos de vegetales-pan-pescado efectos sobre el crecimiento y rendimiento del campo cultivado andrographis paniculata.	(Gundadon, et al., 2018)	Sólido
37	Síntesis de biofertilizante utilizando desechos de pescado y su utilización: un enfoque ecológico.	(Noorjahan, 2021)	Líquido
38	Potencial de los compost de sedimentos de estanques de peces como fertilizantes orgánicos.	(Drózdź, et al., 2020)	Sólido
39	Manejo de lodos de estanques piscícolas en el borde del Embalse de Itaparica (Brasil): una alternativa para mejorar la producción agrícola.	(Araújo da Silva, et al., 2018)	Sólido
40	Efecto de las espinas de pescado y fibra de algas como fertilizantes para raigrás En: Land, A., Serkistad, GL.	(Ahuja y Loes, 2019)	Líquido
41	Un nuevo enfoque de biorrefinería para la valorización total de Residuos de Anchoveta: Aprovechamiento de los Lodos Generados durante la Extracción de aceite de pescado como suplemento de nitrógeno en Digestión anaeróbica.	(Fazzino, Paone, et al., 2021)	Líquido
42	La Distribución de las Formas de Fósforo Depende del Compost.	(Lanno, et al., 2021)	Sólido
43	La adición de sedimentos de estanques de peces y fosfato de roca mejora el compostaje de desechos verdes desechos verdes.	(Zhang y Sun, 2017)	Sólido
44	Mejora de la productividad en sistemas integrados de cultivo de peces y hortalizas con sedimentos reciclados de estanques de peces.	(Thi Da, et al., 2020)	Sólido

45	Aplicación de microorganismos locales de desechos de atún y camarón como bioactivadores para el compostaje de desechos orgánicos domésticos por el método Takakura	(Dewilda, et al., 2021)	Sólido
46	Aprovechamiento de residuos de espina de pescado de huachinango (<i>Lutjanus sp.</i>) para mejorar el contenido de fósforo en el compost	(Ramadhani, et al., 2018)	Sólido
47	Una evaluación ecológica y económica de Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) Cultivo en Amaranto integrado (<i>Amaranthus hybridus</i>) y Nilo Dar es Salam, Tanzania	(Pius Mulokozi, et al., 2020)	Líquido
48	Crecimiento y actividades metabólicas de plántulas de caupí expuestas a suelo tratado con aguas residuales de estanque artificial	(Achuba y Oshiokpu, 2019)	Líquido
49	Diseño de sistemas de producción de acuaponía para Integración en la agricultura de invernadero	(Ingi Danner, et al., 2019)	Líquido
50	El beneficio de utilizar el agua de drenaje de las granjas de peces para el riego: estudio de campo y modelado utilizando el modelo saltmed	(Abdelraouf y Ragab, 2017)	Líquido
51	Tratamiento Biológico de Procesamiento de Pescado Salino Aguas Residuales para Reutilización como Fertilizante Líquido	(Chen Ching y Redzwan, 2017)	Sólido

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Formas de presentación de los fertilizantes



Fuente: Elaboración propia

OE 4: Composición del fertilizante

Las plantas necesitan una nutrición completa y una forma de macronutrientes que consiste en macro primaria como N P K (nitrógeno, fósforo, potasio).

Según (Muñoz, et al., 2015); los valores muestran de control de los fertilizantes orgánicos están localizados en la tabla.

Tabla 12: Parámetros físico-químicos de fertilizantes orgánicos

PARÁMETRO	UNIDAD	MEDIA		RANGO
pH		7.47	7.12	>4>9
Nitrógeno total (N)	%	0,92	1,13	N. A
Fósforo total (P2 O5)	%	1,29	1,07	N. A
Potasio Total (K2 O)	%	2,31	1,92	N.A.

Fuente: (Muñoz, Muñoz y Montes, 2015)

Tabla 13: Composición de los fertilizantes

ESTUDIO	N	P	K	CITAS
Efecto del Biofertilizante (Residuos Fermentados de Pescado - Gunapaselam) sobre la estructura y componentes bioquímicos de hojas de <i>Vigna radiata</i> .	4%	5.5%	13.28%	(R. E., et al., 2020)
Conversión térmica de espinas de pescado en fertilizantes y bioestimulantes para el crecimiento vegetal: un proceso de valorización de baja tecnología para el desarrollo de la economía circular en los países menos adelantados.	-	52.40%	-	(Elshahat Abdallah, et al., 2018)
Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul.	3.30%	10.91%	-	(Aida Ndiaye, et al., 2019)
Efectos de los fertilizantes orgánicos líquidos aplicados al suelo y al follaje sobre el crecimiento de <i>Basilea alba</i> Tierra Centella asiática.	5.70%	0.50%	1.82%	(Ranasinghe, Ratnayake, y Kannangara, 2021)
Efectos de la conservación de espinas de pescado con ácido fórmico sobre la extractabilidad del calcio, fósforo, magnesio y potasio solubles en lactato de amonio-acetato.	4.80%	12.00%	0.06%	(Pickens, Danaher, et al., 2020)

Evaluación de la Producción de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bajo Sistema Hidropónico: Solución Nutriente Derivada de Desechos de Pescado vs. Solución Nutriente Inorgánica.	27.50%	36.00%	19.09%	(Florez Jalixto, et al., 2020)
Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia.	27.40%	39.70%	8.55%	(Aida Ndiaye, et al., 2019)
Efectividad de Biopellet Combinación de Biochar, Pollo Estiércol y Residuos de Pescado para Mejora de Productos Químicos Propiedades del suelo arenoso y crecimiento vegetal de soja.	40.60%	33%	21.30%	(Monsees, et al., 2019)
Valorización de residuos animales procedentes de la acuicultura mediante compostaje: Recuperación de nutrientes y mineralización de nitrógeno.	3.30%	5.80%	6.90%	(Araújo da Silva, et al., 2018)
Integrando la Producción de Tomate Cherry en Invernadero con la Producción de Tilapia Biofloc.	23.00%	-	-	(Thendral Hepsibha y Geetha, 2021)
Compostaje en hileras abiertas de desechos de pescado en Estonia.	27.4%	39.73%	8.55%	(Ranasinghe, et al., 2021)
Estudio de campo y modelado sobre el ahorro de fertilizantes minerales, el aumento de los ingresos agrícolas y la mejora de la fertilidad del suelo mediante el uso de riego biológico con agua de drenaje de las piscifactorías.	4.78%	4.40%	4.23%	(Young Kim, et al., 2021)

Hidrólisis de desechos de pescado utilizando desechos de frutas de Ananas comosus y carica papaya para la formulación de fertilizantes líquidos.	4.9%	1.14%	2.82%	(Ranasinghe, et al., 2021)
Recuperación de nutrientes de lodos de pescado como fertilizante líquido para mejorar la sostenibilidad de la acuaponía: una revisión.	-	23.60%	26%	(Ahmed, et al., 2021)
Reciclaje de los residuos del beneficio del pescado mediante el compostaje: características químicas del compost y eficacia de sus ácidos húmicos para estimular el crecimiento de la lechuga.	22.60%	78.60%	3.15%	(Winarso, et al., 2021)
Extracción de fósforo a partir de huesos de desecho de pescado Ceniza por método de lixiviación ácida.	-	7%	15.44%	(Ranasinghe, et al., 2021)
La aplicación de fertilizante orgánico líquido y sólido a partir de peces Tilapia. residuos para la conservación de la planta superior Jackfruit de Central Sulawesi de Tulo y Beka.	-	0.05%	1.51%	(Zhanga, et al., 2021)
Potencial metanogénico y fertilizante de los residuos de la acuicultura: hacia la autosuficiencia energética de las granjas de agua dulce en el marco del crecimiento azul.	3.30%	10.91%	-	(Darwish, et al., 2020)
Producción de lechuga (Lactuca sativa, variedad Salanova) en sistemas acuapónicos desacoplados: Mismo rendimiento y calidad similar que en los sistemas hidropónicos convencionales, pero redujo drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero al ahorrar fertilizantes inorgánicos.	19.12%	6.32%	12.28%	(Aida Ndiaye, et al., 2019)

Utilización del procesamiento de desechos de pescado como materia prima de compost en el mercado de Tambak Lorok.	4.80%	1.60%	-	(Bhaskoro, et al., 2020)
El efecto de la adición de harina de espinas de pescado sobre la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en fertilizante orgánico líquido de algas de Gracilaria sp.	6.90%	1.80%	3.56%	(Casaclang, et al., 2017)
Cierre de ciclos globales de P: el efecto de los lodos de pescado deshidratados y los sólidos del estiércol como fertilizante de P.	34.20%	35%	9.13%	(Winarso, et al., 2020)
Uso Integrado de Fertilizante Nitrógeno y Estiércol de Pescado: Efectos en el Crecimiento y Composición Química de la Espinaca.	36.60%	4.49%	6.14%	(Winarso, et al., 2021)
Mejora de la salud de las plantas a través de la Re mineralización de nutrientes en sistemas acuapónicos.	-	-	0.04%	(Lobanov, et al., 2021)
Valoración agronómica de un compost a base de algas y residuos de pescado como abono orgánico para cultivos de patata ecológica.	0.19%	2.62%	5.81%	(Illera Vives, et al., 2017)
Efectos de la quema cero de residuos en la calidad del fertilizante líquido y vermicompost.	18%	-	-	(Noorjahan, 2021)
Valorización de Compost de Desechos de Pescado como Fertilizante para Uso Agrícola.	11.40%	1.13%	25.48%	(Radziemska, et al., 2018)
El hidrolizado de pescado derivado de los desechos de pescado aumentó el crecimiento de <i>Kappaphycus alvarezii</i> .	22.80%	7.77%	19.09%	Casaclang, et al., 2017)

Eficacia de la combinación de biopellet, biocarbón, gallinaza y residuos de pescado para la mejora de las propiedades químicas del suelo arenoso y el crecimiento de plantas de soja	75.79%	178.10%	213.09%	(Winarso, et al., 2020)
Aumento de la abundancia de microorganismos en un suelo de regosol usando fertilizante biopellet compuesto de biocarbón, estiércol de pollo y desechos de camarones para aumentar la fertilidad del suelo	30.80%	0.54%	7.47%	(Winarso, et al., 2021)
Evaluación de las propiedades de los residuos del cultivo del bagre africano (<i>Clarias Gariepinus</i> B.) en el contexto de su uso con fines agrícolas	53.54%	15%	-	(Sikora, et al., 2019)
Fermentación bakasang de residuos de tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i>) para la producción de fertilizante orgánico líquido (LOF)	-	-	75.37%	(Carella, et al., 2020)
Sombra y compost de residuos de vegetales-pan-pescado efectos sobre el crecimiento y rendimiento del campo cultivado <i>andrographis paniculata</i> .	3.09%	0.38%	0.59%	(Aida Ndiaye, et al., 2019)
Síntesis de biofertilizante utilizando desechos de pescado y su utilización: un enfoque ecológico	19.39%	13.65%	34.70%	(Noorjahan, 2021)
Potencial de los compost de sedimentos de estanques de peces como fertilizantes orgánicos.	-	33.40%	97.29%	(Drózdź, et al., 2020)

Manejo de lodos de estanques piscícolas en el borde del Embalse de Itaparica (Brasil): una alternativa para mejorar la producción agrícola.	3.90%	0.31%	9.54%	(Brod y Falk Ogaard, 2021)
Efecto de las espinas de pescado y fibra de algas como fertilizantes para raigrás En: Land, A., Serkistad, GL.	-	52.40%	-	(Ekinci, et al., 2019)
La Distribución de las Formas de Fósforo Depende del Compost.	24.30%	32.88%	-	(Illera Vives, et al., 2017)
La adición de sedimentos de estanques de peces y fosfato de roca mejora el compostaje de desechos verdes desechos verdes.	3.50%	-	-	(Brod, et al., 2017)
Mejora de la productividad en sistemas integrados de cultivo de peces y hortalizas con sedimentos reciclados de estanques de peces.	35%	0.82%	0.88%	(Radziemska, et al., 2018)
Aplicación de microorganismos locales de desechos de atún y camarón como bioactivadores para el compostaje de desechos orgánicos domésticos por el método Takakura.	0.89%	0.49%	0.90%	(Sikora, et al., 2019)
Aprovechamiento de residuos de espina de pescado de huachinango (Lutjanus sp.) para mejorar el contenido de fósforo en el compost.	1.09%	0.37%	-	(Drózdź, et al., 2020)
Crecimiento y actividades metabólicas de plántulas de caupí expuestas a suelo tratado con aguas residuales de estanque artificial.	3.02%	0.87%	-	(Achuba y Oshiokpu, 2019)
Diseño de sistemas de producción de acuaponía para Integración en la agricultura de invernadero.	0.99%	4.72%	4.43%	(Ingi Danner, et al., 2019)

El beneficio de utilizar el agua de drenaje de las granjas de peces para el riego: estudio de campo y modelado utilizando el modelo saltmed	4.79%	4.45%	0.41%	(Abdelraouf y Ragab, 2017)
Tratamiento Biológico de Procesamiento de Pescado Salino Aguas Residuales para Reutilización como Fertilizante Líquido	0.25%	0.19%	-	(Chen Ching y Redzwan, 2017)

Fuente: Elaboración propia

El nitrógeno presente en las investigaciones seleccionadas de (35 artículos) cumplen con los estándares de nitrógeno, requeridas por las plantas para su buen desarrollo.

(Brod y Falk Ogaard, 2021), desarrollo la elaboración de fertilizantes empleando el proceso físico (secado, molido y compostado), según la tabla 11; empleando el aprovechamiento del estiércol de pescado, este artículo registró el valor más bajo de nitrógeno 0.19%.

(Brod, et al., 2017), elaboró fertilizantes aplicado procesos físicos (sedimentación) y fermentación anaeróbica según la tabla 11, emplearon el uso de estiércol de pescado según tabla 5; utilizaron como catalizador un fertilizante mineral compuesto por (NPK 22-3-10), obtuvo el resultado de composición de nitrógeno más elevado de 75.79%.

El nitrógeno estimula el crecimiento de los cultivos, los cultivos sensibles se pueden ver afectados si el nitrógeno supera 5 mg/L, la mayoría de cultivos no se ven afectados si presentan valores superiores a los 30 mg/L. (Chaitali y Das, 2022)

El fósforo presenta en las investigaciones que cumplen con el análisis de sus nutrientes, 37 artículos cumplen con el requerimiento de los parámetros de residuos orgánicos establecidos.

(Darwish, et al., 2020), elaboraron un fertilizante empleando el método de hidrolizado según la tabla 11; emplearon el uso de espinas de pescado según tabla 5, como catalizador emplearon H₂SO₄ y ceniza, obtuvieron 0.05% de fósforo.

(Brod, et al., 2017), elaboró fertilizantes aplicado procesos físicos (sedimentación) y fermentación anaeróbica según la tabla 11, emplearon el uso de estiércol de pescado según tabla 5; utilizaron como catalizador un fertilizante mineral compuesto por (NPK 22-3-10), obtuvo el resultado de composición de fósforo más elevado de 178.10%.

El fósforo es catalogado como una de las materias primas cruciales para la Comisión europea (Akram et al., 2019), se pierde del suelo agrícola o se transporta deliberadamente al mar como parte de la infraestructura social (aguas residuales). Los fertilizantes derivados del mar y utilizados en cultivos de campo están enfocados al reciclaje de nutrientes terrestres. La recolección sostenible de recursos naturales cumple con los principios de la agricultura orgánica.

(Bhaskoro, et al., 2020), elaboraron un fertilizante empleando el método de fermentación anaerobia según la tabla 11; emplearon el uso de espinas de pescado según tabla 5, como catalizador emplearon algas de 5cm, obtuvieron el valor más bajo de potasio 0.04%.

(Brod, et al., 2017), elaboró fertilizantes aplicando procesos físicos (sedimentación) y fermentación anaeróbica según la tabla 11, emplearon el uso de estiércol de pescado según tabla 5; utilizaron como catalizador un fertilizante mineral compuesto por (NPK 22-3-10), obtuvo el resultado de composición de potasio más elevado de 213.09%.

Según la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM), el principio de ecología establece que La agricultura orgánica debe basarse en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, emularlos y ayudar a mantenerlos (IFOAM Organics Europe, 2020).

El 85% de los nutrientes presentes en los fertilizantes analizados cumplen con los estándares requeridos para un buen rendimiento del cultivo, desarrollando el aprovechamiento de los residuos orgánicos.

V. CONCLUSIONES

OG. Se determinó que el aprovechamiento de los residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes durante los últimos cinco años se ha dado en mayor proporción en el continente asiático con 47%, seguido del continente europeo con 33%. Se concluye que tienen una buena cultura de economía circular con el fin de limitar o evitar la generación de residuos por medio del empleo de materias primas secundarias, el continente asiático, presenta una gran concentración de habitantes es por eso que resalta la importancia de aprovechar los recursos, por la alta demanda de alimentos, en el continente africano, es importante impulsar el aprovechamiento de residuos sobre todo por la falta de recursos como el agua.

OE1. Se comprobó que el 19 % de artículos analizados, emplean las vísceras como el residuo de pescado mejor aprovechado para la elaboración de fertilizantes. Se concluyó que las vísceras de pescado son los residuos más empleados por su alto contenido proteico y óptimo para la elaboración de fertilizantes por los nutrientes y alta biodegradabilidad y bajo costo con un elevado rendimiento, sin embargo, destaca el empleo de espinas de pescado por el alto contenido de fósforo el cual es importante para el desarrollo de los cultivos.

OE2. El método que destacó para la elaboración de fertilizantes son los procesos físicos representados en 35% de los artículos revisados, destacando la sedimentación, filtración, como método empleado para el aprovechamiento de los residuos de pescado como fertilizante, seguido se encuentra la fermentación aeróbica, este método destaca por el aprovechamiento de residuos orgánicos de manera simultánea con los residuos de pescado.

OE3. Los fertilizantes elaborados a base de residuos de pescado con mayor frecuencia en las investigaciones analizadas se encuentran en estado líquido con 49%, resaltando su rendimiento en plantas frutales; seguido se encuentran los fertilizantes sólidos, con 47% destacando la producción de fermentación aeróbica, la importancia sobre estos resalta debido a la nutrición que el suelo contempla y la reducción de empleo de fertilizantes químicos.

OE4. Los estándares de nutrientes procedentes de la elaboración de fertilizantes cumplen en 85% los parámetros establecidos, se resalta las diferencias de valores en relación a los catalizadores empleados los cuales aceleran o no el proceso de

fermentación. Se concluye que el empleo de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes es óptimo por los resultados obtenidos, el aprovechar los residuos nos garantiza un fertilizante rico en nutrientes el cual contribuye a obtener cultivo sano y una tierra nutrida.

VI. RECOMENDACIONES

OG. Incentivar a continentes americano y africano a desarrollar estudios de aprovechamiento de residuos procedentes de la industria pesquera, desarrollando una cultura de economía circular reduciendo la producción de residuos los cuales no cuentan con un tratamiento de disposición final.

OE1. Realizar la elaboración de estudios enfocados en el aprovechamiento de agua de pescado, destacando el fácil empleo como fertilizantes líquidos, complementando la elaboración de cultivos hidropónicos. Incentivar a la reutilización de subproductos de las industrias para fomentar una cultura de economía circular, disminuyendo la producción de residuos. Incentivar el empleo de bioestimulantes generados a partir de residuos orgánicos para alcanzar el crecimiento de las plantas.

OE2. Incentivar la elaboración de fermentación anaeróbica destacando la obtención de fertilizante sólidos (biosol) y líquidos (biol); y gas metano, proponiendo un aprovechamiento con mayores beneficios.

OE3. Se recomienda incrementar la elaboración de fertilizantes orgánicos sólidos porque pueden ofrecer nutrientes a las plantas y mitigar la contaminación por agroquímicos de igual manera mejorar los suelos agrícolas, incrementando sus nutrientes.

OE4. Se recomienda que las investigaciones futuras, establezcan los parámetros de nutrientes en los fertilizantes, debido a la reducida información requerida para la elaboración de residuos.

REFERENCIAS

1. Abdelraouf, R., & Ragab, A. R. (2017). The benefit of using drainage water of fish farms for irrigation: field and modelling study using the saltmed model. *Irrigation and drainage*. doi:10.1002/ird.2180
2. Achuba, F., & Oshiokpu, M. (2019). Crecimiento y actividades metabólicas de plántulas de caupí expuestas a suelo tratado con aguas residuales de estanque artificial. *Revista Internacional de Reciclaje de Residuos Orgánicos en la Agricultura*. doi:10.1007/s40093-019-0262-x
3. Afreen, M., & Ucak, I. (2020). Fish processing wastes used as feed ingredient for animal feed and aquaculture feed. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. doi:10.18331/SFS2020.6.2.7
4. Ahmed, Z., Alnuaimi, A., Askri, A., & Tzortzakis, N. (2021). Evaluation of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Production under Hydroponic System: Nutrient Solution Derived from Fish Waste vs. Inorganic Nutrient Solution. *Academic Editors: Anastasios Siomos and Pavlos Tsouvaltzis*. doi: <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090292>
5. Ahuja, I., & Loes, A. (2019). Effect of fish and algae fibre as fertilisers for ryegrass. *Norwegian Centre for Organic Agriculture*.
6. Ahuja, I., Dauksas, E., Remme, J., Richardsen, R., & Kristin Loes, A. (2020). Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review. *Waste Management*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.025>
7. Aida Ndiaye, N., Maiguizo-Diagne, H., Diaw Diadhiou, H., Ndienco Ndiaye, W., Diedhiou, F., Cournac, L., Brehmer, P. (2019). Methanogenic and fertilizing potential of aquaculture waste: towards freshwater farms energy self-sufficiency in the framework of blue growth. *Reviews in Aquaculture*, 1-10. doi:10.1111/raq.12390
8. Akram, U., Quttineh, N., Wennergren, U., Tonderski, K., & Metson, G. (2019). Enhancing nutrient recycling from excreta to meet crop nutrient needs in Sweden. *patial analysis*.
9. Araújo da Silva, J., do Socorro B. Araújo, M., Valadares de Sá Barretto Sampaio, E., Ludke, J., & Costa Primo, D. (2018). Management of sludge

- from fish ponds at the edge of the Itaparica Reservoir (Brazil): an alternative to improve agricultural production. *Reg Environ Change*, 18. doi:10.1007/s10113-017-1181-x
10. Aster, N. (2018). *Global Fish Market: Key facts & statistics to know in 2018*,. Reino Unido: Market Publishers Report Database. Obtenido de <https://marketpublishers.com/lists/23817/news.html>
 11. Atfaoui, K., Ettouil, A., Fadil, M., Asmaa, O., Inekach, S., Ouhssine, M., & Zarrouk , A. (2021). Controlled fermentation of food industrial wastes to develop a bioorganic fertilizer by using experimental design methodology. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.06.003>
 12. Bhaskoro, P., Tjahjaningsih, W., & Mubarak, A. (2020). The effect of addition of fish bone meal on the concentration of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) in seaweed liquid organic fertilizer of *Gracilaria* sp. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441. doi:10.1088/1755-1315/441/1/012144
 13. Bjørgen, H., & Erling Olaf, K. (2021). Anatomy of teleost fish immune structures and organs. *Inmunogenética*, 73. doi:10.1007/s00251-020-01196-0
 14. Brod, E., & Falk Ogaard, A. (2021). Closing global P cycles: The effect of dewatered fish sludge and manure solids as P fertiliser. *Waste Management*, 135. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.08.041>
 15. Brod, E., Oppen, J., Overli Kristoffersen, A., Knapp Haraldsen, T., & Krogstad, T. (2017). Drying or anaerobic digestion of fish sludge: Nitrogen fertilisation effects and logistics. *Ambio*, 46. doi:10.1007/s13280-017-0927-5
 16. Camaño, J. A., Londoño, L., & Zapata, J. (2021). *Análisis técnico-económico del sistema integrado por la producción de peces y la alimentación de aves con dietas elaboradas a partir de ensilado piscícolas*.
 17. Carella, F., Seck, M., Degli Esposti, L., Diadiou, H., Maienza, A., Baronti, S., . . . Adamiano, A. (2020). Thermal conversion of fish bones into fertilizers and biostimulants for plant growth – A low tech valorization process for the development of circular economy in least developed countries. *Journal Pre-proof*, 9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104815>

18. Casaclang, J., Gregorio, A., Resuello, R., Reyes, C., Fernández, J., & Gonzales Plasus, M. (2017). El hidrolizado de pescado derivado de los desechos de pescado aumentó el crecimiento de *Kappaphycus alvarezii*. *AACL Bioflux*, 10.
19. Chaitali, S., & Das, M. (2022). a as processing scale) rohita Labeo (fish from effluent of Evaluation production) sativa Oryza (paddy for fertilizer. (*Agriculture in Waste Organic of Recycling of Journal International*. doi: 10.30486/IJROWA.2021.1906849.1118
20. Chao Zhang, Y., Sol, Q., Liu, S., Wei, S., Xiaa, Q., Ji, H., . . . Hao, J. (2021). Extraction of fish oil from fish heads using ultra-high pressure pre-treatment prior to enzymatic hydrolysis. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 70. doi:https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102670
21. Chen Ching, Y., & Redzwan, G. (2017). Biological Treatment of Fish Processing Saline Wastewater for Reuse as Liquid Fertilizer. *Sustainability*. doi:10.3390/su9071062
22. Choe, U., Mustafa, A., Lin, H., Choe, U., & Sheng, K. (February de 2020). Anaerobic co-digestion of fish processing waste with a liquid fraction of hydrothermal carbonization of bamboo residue. *Bioresource Technology*, 297. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122542
23. Coelho, J., Hennessy, A., Casey, I., Woodcock, T., & Kennedy, N. (2019). Responses of ryegrass, white clover, soil plant primary macronutrients and microbial abundance to application of anaerobic digestates, cattle slurry and inorganic N-fertiliser. *Applied Soil Ecology*, 144. doi:https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.07.011
24. Coelho, J., Prieto, M., Dowling, S., Hennessy, A., Casey, I., Woodcock, T., & Kennedy, N. (2018). Physical-chemical traits, phytotoxicity and pathogen detection in liquid anaerobic digestates. *Waste Management*, 78. doi:https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.017
25. Darwish, M., Aris, A., Hafiz Puteh, M., Abdul Kadir, A., Mohamed Najib, M. Z., & Mustafa, S. (2020). Phosphorus Extraction from Fish Waste Bones Ash by Acidic Leaching Method. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 17. doi:10.3233/AJW200013

26. Delgado Tamayo, E. (2018). Elaboración de abono orgánico a partir de vísceras de pesacdo para ultivos agricolas. *Universidad Nacional de San Agustin*.
27. Dewilda, Y., Aziz, R., & Rahmayuni, F. (2021). Application of local microorganisms from tuna fish and shrimp waste as bio activator for household organic waste composting by Takakura method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 896. doi:10.1088/1755-1315/896/1/012026
28. Drózdź, D., Malińska, K., Kacprzak, M., Mrowiec, M., Szczypiór, A., Postawa, P., & Stachowiak, T. (2020). Potential of Fish Pond Sediments Composts as Organic Fertilizers. *Waste and Biomáss Valorization*. doi:https://doi.org/10.1007/s12649-020-01074-6
29. Ekinci, M., Atamanalp, M., Turan, M., Alak, G., Kul, R., Kitir, N., & Yildirim, E. (2019). Integrated Use of Nitrogen Fertilizer and Fish Manure: Effects on the Growth and Chemical Composition of Spinach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 371. doi:10.1080/00103624.2019.1631324
30. Elshahat Abdallah, S., Mohamed Elmessery, W., Mohamed Abdelrahman, M., & Ali Abdelglil, A. (2018). Efficiency enhancement of silage making from fish waste. *Biological Engineerning*.
31. Esteves, E., Landry, G., Zambon, F., Soranz Ferrarezi, R., & Kadyampakeni, D. (2021). Nitrogen, Calcium, and Magnesium Inconsistently Affect Tree Growth, Fruit Yield, and Juice Quality of Huanglongbing-affected Orange Trees. *American Society for Horticultural Science*, 56. doi:https://doi.org/10.21273/HORTSCI15997-21
32. Estiasih, T., Ahmadi, K., Ali, D., Suseno, S., & Lestári, L. (2021). Valorisation of viscera from fish processing for food industry utilizations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi:10.1088/1755-1315/924/1/012024
33. Fahlivi, M. (2018). 2018. *Physicochemical characteristics of liquid fertilizer from fish viscera*. Islandia: viscera. United Nations University, Fisheries Training Programme.

34. FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action.* Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca9229en/CA9229EN.pdf>
35. Fazzino, F., Paone, E., Pedullà, A., Mauriello, F., & Calabrò, P. (2021). Un nuevo enfoque de biorrefinería para la valorización total de Residuos de Anchoveta: Aprovechamiento de los Lodos Generados durante la Extracción de aceite de pescado como suplemento de nitrógeno en Digestión anaeróbica. *Ciencias Aplicadas*. doi:<https://doi.org/10.3390/app112110163>
36. Ferracioli, L. M., de Bem Luiz, D., & Pena Naval, L. (2017). Potential for reuse of effluent from fish-processing industries.
37. Florez Jalixto, M., Roldán Acero, D., & Juscamaita Morales, J. (2020). Phytotoxicity and characterization of a liquid Fertilizer produced by lactic acid fermentation using Rainbow trout by-products (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecología Aplicada*, 19. doi:<https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1563>
38. Galba Busato, J., Moreira de Carvalho, C., Basilio Zandonadi, D., Fabriz Sodré, F., Ribeiro Mol, A., Lima de Oliveira, A., & Diana Navarro, R. (2018). 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*. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-017-0795-3>
39. Guidini Lopesa, I., Boscov Braosb, L., Pessôa Cruz, M., & Meire Vidottia, R. (2020). Valorization of animal waste from aquaculture through composting: Nutrient recovery and nitrogen mineralization. *Aquaculture*, 531. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735859>
40. Gundadon, H., Tsan, F., Ding, P., & Choo, C. (2018). Shading and vegetable bread fish waste compost effects on growth and yield of field grown *andrographis paniculata* (kesan teduhan dan kompos sisa sayuran roti ikan terhadap pertumbuhan dan hasil *andrographis paniculata* di ladang). *Malaysia Journal of Science*, 37. doi:<https://doi.org/10.22452/mjs.vol37no1.2>
41. Guo, X., Zhu, G., Jiao, X., & Zhou, G. (2019). Effects of nitrogen application and planting density on growth and yield of *Sesbania* pea grown in saline soil. *Current Science*, 116. doi:10.18520/cs/v116/i5/758-764

42. Hepsibha Balraj, T., & Geetha, A. (2021). Effect of Biofertilizer (Fermented fish waste - Gunapaselam) on structure and biochemical components of *Vigna radiata* leaves. *Research journal of chemistry and environment*, 27(7):64 - 70. doi:10.25303/257rjce6421
43. Hernández Mendoza, S. L., & Duana Avila , D. (2020). *Data collection techniques and instruments*. La Concepción: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
44. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.
45. Huang, J., Wang, C., Qi, L., Zhang, X., Tang, G., Li, L., . . . Lua, M. (2020). Phosphorus is more effective than nitrogen in restoring plant communities of heavy metals polluted soils. *Environmental Pollution*, 266. doi:https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115259
46. IFOAM Organics Europe. (2020). 2020. Reglaciones orgánicas - Reglas de la UE para la producción y etiquetado de productos orgánicos. Obtenido de <https://www.organicseurope.bio/what-we-do/euorganic-regulation>
47. Ikhajiagbe, B., Anoliefo, G. O., Olise, O., Rackelmann, F., Sommer, M., & Adekunle, I. (2020). Major phosphorus in soils is unavailable, yet critical for plant development. *Notulae Scientia Biologicae*. doi:10.15835/nsb12310672
48. Illera Vives, M., Seoane Labandeira, S., Iglesias Loureiro, L., & López Mosquera, M. (2017). Agronomic assessment of a compost consisting of seaweed and fish waste as an organic fertilizer for organic potato crops. *J Appl Phycol*, 29. doi:10.1007/s10811-017-1053-2
49. Iñarra, B., Bald, C., San Martín, D., Orive, M., Cebrián, M., & Zufía, J. (2018). *Guía de valorización de subproductos de la acuicultura*. Derio, España: AZTI.
50. Ingi Danner, R., Mankasingh, U., Anamthawat Jonsson, K., & Inga Thorarinsdottir, R. (2019). Designing Aquaponic Production Systems towards Integration into Greenhouse Farming. *Water*. doi:10.3390/w11102123
51. Islam, M. J., Encarnacion Emilia S, Y., Krongpong, L., Toppe, J., & Peñarubia, O. (2021). Fish waste management: an assessment of the potential production and utilization of fish silage in bangladesh, philippines and thailand. *FAO Fisheries & Auaculture Circular*.

52. Johnson, R., Vishwakarma, K., Hossen, M., Kumar, V., Shackira, A., Puthur, J., . . . Hasanuzzaman, M. (2022). Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. *Plant Physiol Biochem.* doi:10.1016/j.plaphy.2022.01.001
53. Kelova, M., Greatorex, S., & Krogstad, T. (2021). Human excreta as a resource in agriculture – Evaluating the fertilizer potential of different composting and fermentation-derived products. *Resources, Conservation and Recycling*, 175. doi:https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105748
54. Khan, S., Rehman, A., Shah, H., Aadil, R., Ali, A., Shehzad, Q., . . . Xia, W. (2020). Fish Protein and Its Derivatives: The Novel Applications, Bioactivities, and Their Functional Significance in Food Products. *Alimento Rev. Int.* doi:https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1828452
55. Kristin Løes, A., Petter Ahlin, J., Ahuja, I., Krogstad, T., Smevoll, S., & Waag, H. (2022). Effects of Formic Acid Preservation of Fishbones on the Extractability of Ammonium Lactate–Acetate Soluble Calcium, Phosphorus, Magnesium, and Potassium. *Waste and Biomass Valorization.* doi:https://doi.org/10.1007/s12649-022-01744-7
56. Lanno, M., Kriipsalu, M., Shanskiy, M., Silm, M., & Kisand, A. (2021). Distribution of Phosphorus Forms Depends on Compost Source Material. *Resources.* doi:https://doi.org/10.3390/resources10100102
57. Lanno, M., Silm, M., Shanskiy, M., Kisand, A., Orupold, K., & Kriipsalu, M. (2020). Open windrow composting of fish waste in Estonia. *Agronomy Research.* doi:https://doi.org/10.15159/AR.20.194
58. Lobanov, V., Combot, D., Pelissier, P., Labbé, L., & Joyce, A. (2021). Improving Plant Health Through Nutrient Remineralization in Aquaponic Systems. *Frontiers in plant science*, 12. doi:10.3389/fpls.2021.683690
59. Mahfujul Haquea, M., Beltonb, B., Mehedi Alam, M., Golzar Ahmed, A., & Rushna Alam, M. (2018). Reuse of fish pond sediments as fertilizer for fodder grass production in Bangladesh: Potential for sustainable intensification and improved nutrition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2016. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.004
60. Marks, E., Kinigopoulou, V., Akrou, H., Amine Azzaz, A., Doulgieris, C., Jellali, S., . . . Jeguirim, M. (2020). Potential for Production of Biochar-Based

- Fertilizers from Olive Mill Waste in Mediterranean Basin Countries: An Initial Assessment for Spain, Tunisia, and Greece. *Sustainability*, 12. doi:<https://doi.org/10.3390/su12156081>
61. Marti Quijal, F. J., Remize, F., Meca, G., Ferrer, E., Ruiz, M. J., & Barba, F. J. (2020). Fermentation in fish and by-products processing: an overview of current research and future prospects. *ScienceDirect*, 31. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.08.001>
 62. Mega Kusuma, I., Syafrudin, & Yulianto, B. (2019). Utilization of Fish Waste Processing as Compost Raw Material in Tambak Lorok Market. *E3S Web of Conferences*. doi:<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912507004>
 63. Melchorita. (s.f.). Guía de Identificación de Peces. *Peru/LNG*.
 64. Monsees, H., Suhl, J., Paul, M., Kloas, W., Dannehl, D., & Wurtz, S. (2019). Lettuce (*Lactuca sativa*, variety Salanova) production in decoupled aquaponic systems: Same yield and similar quality as in conventional hydroponic systems but drastically reduced greenhouse gas emissions by saving inorganic fertilizer. *Plos One*, 20. doi:<https://doi.org/10.1371/journal>.
 65. Muñoz, J., Muñoz, J., & Montes, C. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en popayan, Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*.
 66. Naciri, R., Lahrir, M., Benadis, C., Chtouki, M., & Oukarroum, A. (2021). *Interactive effect of potassium and cadmium on growth, root morphology and chlorophyll a fluorescence in tomato plant*. Scientific reports.
 67. Noorjahan, C. (2021). Synthesis Of Bio Fertilizer Using Fish Waste And Its Utilization- An Eco-Friendly Approach. *Webology*.
 68. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1991). Manual sobre estadísticas de fertilizantes. *FAO Economic And Social Development Paper*, 102 M-77.
 69. Pandey, G., & Mahiwal, S. (2020). Role of Potassium in Plants. *Springer*.
Obtenido de <https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=e9df0dfa-f8c2-4b58-b4cc-cafc6bc522d0%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=2502782&db=edsebk>

70. Patel, D. S., Kirti, B., Patel Dhiraji, P., Vipulkumar, P., Suchismita, J., Narwade Ajay, V., & Chhatrola Harshadkumar, N. (2021). *Does plant root architecture respond to potassium under water stress? A case from rice seedling root responses*. Research Articles.
71. Pickens, J., Danaher, J., Sibley, J., Chappell, J., & Hanson, T. (Noviembre de 2020). Integrating Greenhouse Cherry Tomato Production with Biofloc Tilapia Production. *Horticulturae*. doi:<https://doi.org/10.3390/horticulturae6030044>
72. Pius Mulokozi, D., Berg, H., & Lundh, T. (2020). Una evaluación ecológica y económica de Amarantho integrado (*Amaranthus hybridus*) y Nilo Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Cultivo en Dar es Salam, Tanzania. *Peces*. doi:10.3390/peces5030030
73. R. E., A., El-Sayed, A., A. Alaraidh, I., Alsahli, A., & El-Zaidy, M. (2020). Field and Modeling Study on Saving Mineral Fertilizers, Increasing Farm Income and Improving Soil Fertility Using Bio-Irrigation with Drainage Water from Fish Farms. *Water*, 12. doi:10.3390/w12112998
74. Radziemska, M., Daria Vaverková, M., Adamcová, D., Brtnický, M., & Mazur, Z. (2018). Valorization of Fish Waste Compost as a Fertilizer for Agricultural Use. *Waste and Biomass Valorization*. doi:<https://doi.org/10.1007/s12649-018-0288-8>
75. Ramadhani, S., Iswanto, B., & Purwaningrum, P. (2018). Aprovechamiento de residuos de espina de pescado de huachinango (*Lutjanus sp.*) para mejorar el contenido de fósforo en el compost. *Ciencias ambientales y de la tierra*, 106. doi:10.1088/1755-1315/106/1/012091
76. Ranasinghe, A., Ratnayake, R., & Kannangara, S. (2021). Effects of Foliar and Soil-Applied Liquid Organic Fertilizers on the Growth of *Basella alba* L. and *Centella asiatica* L. *Journal of Agricultural Sciences*, 16, No 3. doi:<http://doi.org/10.4038/jas.v16i03.9466>
77. Ranasinghe, R., Kannagara, B., & Ratnayake, R. (2021). Hydrolysis of fish waste using fruit wastes of *Ananas comosus* and *Carica papaya* for the formulation of liquid fertilizers. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 10. doi:10.30486/IJROWA.2021.1891960.1034

78. Ratnayake, R., Kannangara, S., & Ranasinghe, A. (2021). Hydrolysis of fish waste using fruit wastes of *Ananas comosus* and *Carica papaya* for the formulation of liquid fertilizers. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. doi:10.30486/IJROWA.2021.1891960.1034
79. Rojas Bravo, X., & Osorio A., B. (2019). Criterios de Calidad y Rigor en la Metodología Cuálitativa. *Gaceta de Pedagogía*, 36.
80. Rolewicz, M., Rusek, P., & Borowik, K. (2017). Obtaining of granular fertilizers based on ashes from combustion of waste residues and ground bones using phosphorous solubilization by bacteria *Bacillus megaterium*. *Journal of Environmental Management*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.004
81. Sikora, J., Niemiec, M., Szelaq Sikora, A., Mudryk, K., Kurpaska, S., Latała, H., & Rorat, J. (2019). Evaluation of the properties of waste from African catfish (*Clarias Gariepinus* B.) farming in the context of using it for agricultural purposes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi:10.1088/1755-1315/214/1/012034
82. Tan, Y., Gao, H., Chang, S., Bechtel, P., & Mahmoud, B. (2019). Estudios comparativos sobre el rendimiento y las características de las proteínas miofibrilares de cabezas y marcos de bagre extraídos por dos métodos para hacer productos de gel de proteína tipo surimi. 272. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018. 07.201
83. Thendral Hepsibha¹, B., & Geetha, A. (2021). Effect of Biofertilizer (Fermented fish waste –Gunapaselam) on structure and biochemical components of *Vigna radiata* leaves. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 25. doi:10.25303/257rjce6421
84. Thi Da, C., Anh Tu, P., Livsey, J., & Tai Tang, V. (2020). Improving Productivity in Integrated Fish-Vegetable Farming Systems with Recycled Fish Pond Sediments. *Agronomy*. doi:10.3390/agronomy10071025
85. Thingoc Dao, V., & Kyun Kim, J. (s.f.). Scaled-up bioconversion of fish waste to liquid fertilizer using a 5 L ribbon-type reactor. *Journal of Environmental Management*, 92. doi:10.1016/j.jenvman.2011.05.003
86. Tiwow, V., Adrianton, Abram, P., & Arafah, S. (2018). Bakasang fermentation of *Tilapia* fish (*Oreochromis mossambicus*) waste for production of liquid

- organic fertilizer (LOF). *IOP Publishing*, 1242. doi:10.1088/1742-6596/1242/1/012018
87. Tiwow, V., Adrianton, Abram, P., & Simatupang, E. (2020). The application of liquid and solid organic fertilizer from Tilapia fish waste for conservation of Central Sulawesi superior Jackfruit plant from Tulo and Beka. *Journal of Physics: Conference Series*. doi:10.1088/1742-6596/1567/2/022027
88. Vásquez, P., Zapata, J. E., Chamorro, V. C., García Fillería, S. F., & Tironi, V. A. (2022). Antioxidant and angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) viscera hydrolysates subjected to simulated gastrointestinal digestion and intestinal absorption. *LWT*, 154. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112834
89. Wang, M., Gu, Z., Wang, R., Guo, J., Ling, N., Firbank, L., & Guo, S. (2018). Plant Primary Metabolism Regulated by Nitrogen Contributes to Plant–Pathogen Interactions. *Plant Cell Physiol*, 60(2). doi:10.1093/pcp/pcy211,
90. Winarso, S., Hermiyanto, B., Romadhona, S., Pandutama, M., Candra Setiawati, T., & Indasah, D. (2020). Effectiveness of Biopellet Combination of Biochar, Chicken Manure and Fish Waste to Improvement of Chemical Properties of Sandy Soil and Soybean Plant Growth. *Earth and Environmental Science*. doi:10.1088/1755-1315/709/1/012068
91. Winarso, S., Subchan, W., Haryanti, A., Candra Setiawati, T., & Romadhona, S. (2021). Increasing the abundance of microorganisms in a regosol soil using biopellet fertilizer composed from biochar, chicken manure, and shrimp waste to increase soil fertility. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. doi:10.15243/jdmlm.2021.084.2881
92. Young Kim, N., Yi Jung, H., & Kyun Kim, J. (2021). Identification and characterisation of a novel heptapeptide mackerel by-product hydrolysate, and its potential as a functional fertiliser component. *Journal of Chromatography B*, 1180. doi:https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2021.122881
93. Yun, C. C., & Redzwan, G. (2017). Biological Treatment of Fish Processing Saline Wastewater for Reuse as Liquid Fertilizer. *Sustainability*.
94. Zhang, L., & Sun, X. (2017). Addition of fish pond sediment and rock phosphate enhances the composting of green waste. *Bioresource Technology*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.073

95. Zhanga, H., Gaoa, Y., Liua, J., Lina, Z., Tin Leeb, C., Hashimb, H., Lia, C. (2021). Recovery of Nutrients from Fish Sludge as Liquid Fertilizer to Enhance Sustainability of Aquaponics: A Review. *Chemical Engineering transactions*, 88. doi:10.3303/CET2183010.

ANEXOS

Anexo: Matriz de Categorización Apriorística

OBJETIVOS	PROBLEMAS	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	UNIDAD DE ANÁLISIS
Examinar los residuos de pescado eficientes que pueden ser aprovechados para la elaboración de fertilizantes	¿Cuáles son los residuos de pescado eficientes que pueden ser aprovechados para la elaboración de fertilizantes?	Residuos	Cabeza	Marti Quijal, et al, (2020)
			Huesos	Darwish, et al, (2020)
			Vísceras	Vásquez, et al, (2022)
			Estiércol	(Drózdź, y otros, 2020)
			Escamas	(Tiwow et al., 2020)
			Aletas	(Hepsibha Balraj & Geetha, 2021)
			Agua de Pescado	(R. E. et al., 2020)

Evaluar los métodos aplicados para el aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes	¿Cuáles son los métodos aplicados para el aprovechamiento de residuos de pescado para la elaboración de fertilizantes?	Métodos	Fermentación	Hepsibha Balraj y Geetha, (2021)
			Conversión térmica	Carella, et al, (2020)
			Hidrolizado	Ranasinghe, et al, (2021)
			Ensilado	(Elshahat Abdallah, et al. , 2018)
Examinar los estados físicos de los fertilizantes elaborados a partir de los residuos de pescado	¿Cuáles son los estados físicos de los fertilizantes elaborados a partir de los residuos de pescado?	Formas de presentación	Sólidos	(Rolewicz, et al. ,2017)
			Líquidos	Tiwow, et al, (2020)
Evaluar la composición de los fertilizantes obtenidos del aprovechamiento de residuos de pescado	¿Cuál es la composición de los fertilizantes obtenidos del aprovechamiento de residuos de pescado?	Composición de fertilizantes	Nitrógeno	Winarso, et al, (2021)
			Fósforo	Ratnayake, et al, (2021)
			Potasio	Ahmed, et al, (2021)

Fuente: Elaboración propia

Anexo: Criaderos de Trucha en la industria acuícola, Empresa Pesquera Cobra del Sur SRL Lampa-Puno.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo: *Vísceras de Trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*



Fuente: Elaboración propia