

APROVECHAMIENTO DE DESECHOS DE PESCADO EN OTROS SUBPRODUCTOS



**GRUPO DE TRABAJO DEL PROYECTO “PLANTA COMUNITARIA PARA EL SECADO
DE PRODUCTOS PESQUEROS OPERADA CON ENERGÍA TERMOSOLAR PARA SU
INTEGRACIÓN EN COMUNIDADES RURALES”**

FERTILIZANTES A BASE DE DESECHOS DE PESCADO





DESHIDRATADO DE DESECHOS DE PESCADO PARA BIOFERTILIZANTES

El pescado es un alimento que contiene diversos nutrientes que proporcionan diversos nutrientes requeridos para la salud. Sin embargo, la mayor parte del pescado, como los huesos, las vísceras o la cabeza son desechados (Figura 1). Estos desechos tienen un alto contenido de sodio, calcio, potasio, magnesio y potasio, los cuales son precisamente elementos requeridos para enriquecer los suelos agrícolas y proporcionar a los cultivos los nutrientes necesarios para su desarrollo. Por lo tanto, estos desechos presentan una alternativa viable para la creación de biofertilizantes económicos y sustentable para empoderar al pequeño agricultor y para aumentar los ingresos de los pescadores.



Figura 1 La mayor parte del pescado es desperdiciado



Estos residuos son considerados subproductos de la pesca y de sus procesos de transformación; todo esto es desechado sin aprovechamiento alguno (FAO, 2013). Se estima que se procesan 70 millones de toneladas de pescado ya sea por fileteado, congelación, enlatado o curado. Estos procesos generan subproductos y desechos. Por ejemplo, en la industria del fileteado de pescado el producto obtenido suele implicar entre un 30 a 50 %. Además, la acuicultura proporciona más de una cuarta parte del suministro de pescado del mundo, por ello la FAO espera que para el año 2030 se aproxime al 50 % (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2022). Todo esto se puede utilizar debido a que tienen una amplia gama de vitaminas y minerales que pueden beneficiar en un futuro. Un claro ejemplo es la utilización de los desechos de pescado para la elaboración de harina de pescado. No obstante, es un proceso de alto costo y el valor requerido para el secado ocasiona que el producto disminuya su consumo (Kim et al., 2010). Además de que se generan nuevos desechos. Sin embargo, es importante mencionar que los residuos orgánicos contienen componentes que son capaces de promover el crecimiento de las plantas (Kim et al., 2010).

En la actualidad la agricultura convencional es dependiente de la aplicación de los fertilizantes, con el fin de lograr un mayor rendimiento en los cultivos, no obstante, debido al uso constante se ha producido una gran contaminación, en los mantos acuíferos y en el suelo, causando un desequilibrio en el ecosistema (González, 2019). Además, es importante mencionar que debido a las diferentes crisis económicas y al incremento de poblacional



que se está viviendo en la actualidad, se ha incrementado el número de importaciones, ya sea de alimentos o de productos para generación de alimentos, tales como los fertilizantes. Lo que ha generado una gran dependencia y en consecuencia que los precios de estos aumenten, provocando que se vuelvan inaccesibles para los pequeños agricultores. Es importante destacar que, en 2019, el principal producto que México importó de Rusia fueron los abonos y fertilizantes, mismos que representaron 24% del total de las importaciones de México provenientes de Rusia y 25% del valor total de las compras de México al exterior de este tipo de bienes, siendo así Rusia el principal país de origen de abonos para México en ese año (Banco de México, 2022).

Es por ello que se propone el secado o deshidratación de los desechos de pescado, esta técnica es una de las más utilizadas para la conservación de alimentos a través de la historia (Michelis & Ohaco, 2012). Esta técnica consiste en quitar la humedad de los productos sin alterar sus características, con el fin de conservar su sabor, su olor y la mayor cantidad de propiedades nutritivas, además de evitar el crecimiento de microorganismos y mitigando las reacciones químicas que lo deterioran (Castillo Téllez et al., 2021). Para el proceso de deshidratado de pescado el propósito es mantener las propiedades que tienen los residuos de pescado, esto debido que, una vez deshidratado el residuo, tiene un proceso muy fácil de convertirlo en abono orgánico (Campoverde & Castillo, 2015), con la finalidad de ofrecer una alternativa a los pequeños agricultores que se ven afectados con las crisis, además de obtener un beneficio para optimiza el suelo. Este proceso de



deshidratado se llevó a cabo con 2 diferentes especies: Tilapias (*Oreochromis* spp. y *Tilapia* sp) y Cazón (*Galeorhinus galeus*), que son los pescados más consumidos por la población, estas especies generan mayores desechos en comparación con otras.

1.1 METODOLOGÍA

1.1.1 Materia Prima

Se llevo a cabo un proceso de deshidratación de residuos de pescado, del tipo Cazón y Tilapia, tales como hueso con cierta cantidad de carne, piel y cabeza de pescado. Se utilizaron este tipo desechos ya que son los más consumidos en las pescaderías, por lo que se generan mayor residuo. Se tomaron 3 muestras, 220 gramos (gr) de hueso con cierta cantidad de carne, 180 gr piel de pescado tipo Casón y 2300.3 gr cabeza de pescado de Tilapia.



Figura 2 Secadores solares utilizados

La experimentación se realizó en diferentes días, separando el cazón y la tilapia. En ambos procesos se utilizó el mismo tipo de secadores que se muestran en las Figura 2. Estos secadores solares tipo invernadero tienen una base de 68 cm x 43 cm, con ventilador superior trasero de 12V para ayudar a la extracción del aire caliente y húmedo el cual está operado con un panel fotovoltaico de 24 W.



Para el deshidratado de hueso y piel, se utilizó el deshidratador de policarbonato de color transparente. El deshidratador se ubicó sobre una mesa, la cual se acomodó de forma que en algún punto del día no se generara una sombra y se orientó hacia el sur. Una vez instalado el deshidratador, se conectó el ventilador (del deshidratador) con el panel fotovoltaico (orientados hacia el sur) y asegurarnos de que el ventilador sacara el aire caliente que se produce dentro del deshidratador.

Se tomo una muestra de hueso de pescado de 10 gr y se introdujo en la balanza de humedad, la humedad inicial fue de 77.3%. El tiempo dentro de la balanza fue de 46 minutos con una humedad final fue de 22.7% y peso final de 2.93 gr.

Las muestras de piel y hueso de pescado se colocaron de una manera homogénea dentro del deshidratador con el fin de que tuvieran una mejor ventilación. Dentro del deshidratador se introdujo un termopar (termómetro), con el propósito de estar monitoreando la temperatura dentro de la cámara de secado, también se tomó el porcentaje de humedad dentro del deshidratador con las muestras incluidas. Cuando las muestras de pescado estaban dentro del deshidratador, se tomó la temperatura ambiental, la radiación solar, la humedad ambiental y la velocidad del viento, para llevar tener un control del ambiente. Se tomo el peso a las muestras de pescado cada 15 minutos y posteriormente cada media hora.



Para el secado solar de cabezas de pescado de la especie Tilapia, se utilizaron dos deshidratadores de policarbonato uno ahumado y otro transparente (Figura 3).

Se tomo una muestra de 2.32 gr de la cabeza de pescado y se introdujo en la balanza analizadora de humedad, obteniendo una humedad inicial de 73.3%, con una duración de 49 minutos y un peso final de 1.30 gr y una humedad final de 16.7 % RH.



Figura 3 Cabezas de tilapia dentro del secador

Una muestra de 230.3 gr de cabezas de pescado de la especie Tilapia y se introdujo dentro del deshidratador, con una respectiva separación para que hubiera mejor distribución del aire caliente de secado. En este caso solo se monitoreo la temperatura ambiental y el viento promedio del día. Durante las primeras 4 horas del proceso de deshidratado este perdió el 58.35% de su peso. Al iniciar el proceso, se tomó un 2.90 gr de las cabezas deshidratadas, y se introdujo a la balanza de humedad, dando como



resultado 75.2% RH como humedad inicial. La muestra final sometida al mismo proceso, en un tiempo de 55 minutos mostró un contenido de humedad de 12.8% RH de porcentaje de humedad final.

1.2 INSTRUMENTACIÓN

Parámetros de operación:

- Humedad: Para obtener las determinaciones de contenido de humedad de los desechos de pescado, se utilizó la analizadora de humedad Ohaus MB27 con una precisión de 0,01% 0,001g. Se colocó muestras antes del proceso de deshidratado y al terminar el proceso de deshidratación, para visualizar la pérdida de humedad en las muestras de pescado.
- Temperatura interna: Para el monitoreo de temperatura dentro del deshidratador se utilizó, un Termómetro Digital de Contacto, hasta 1372° C con un termopar tipo K Fluke 80PK-1.
- Temperatura ambiental: Se utilizó HygroChief, Higrómetro Medidor de Humedad, MXHYC-001-001 para monitorear la temperatura ambiental y la humedad en el ambiente.
- Peso: Fue utilizada una balanza digital de Acero Inoxidable, 5kg / 11 lbs. En donde se estuvo pesando las muestras de los desechos de pescado durante su proceso de deshidratación.



- Radiación: Para dar seguimiento a la radiación durante el proceso de deshidratado de los desechos de pescado, se utilizó el medidor de Energía Solar



Figura 4 Termómetro digital con termopar, anemómetro, higrómetro medidor de humedad y medidor digital de energía solar y balanza de humedad

2 RESULTADOS

2.1 RESULTADOS DE PESCADO DE LA ESPECIE CAZÓN.

| Factores | Medida |
|---|-------------------------|
| Temperatura dentro de la cámara de secado | 47.69°C |
| Temperatura ambiente promedio | 32.57°C |
| Humedad ambiente promedio | 45.71% |
| Irradiancia promedio | 1116.3 W/m ² |



Figura 5 Piel y hueso de cazón deshidratado

El promedio de la temperatura alcanzada por el deshidratador fue de 46.69°C , la temperatura ambiental fue de 32.57°C , con una humedad ambiental de 45.71%, una radiación promedio de 1216.3 watt sobre metro cuadrado (W/m^2) y un viento promedio de 1.7 metros sobre segundo (m/s). En la figura 5 se pueden observar las muestras ya secas.

El contenido de humedad inicial del hueso fue de 67 g agua/ g ss en bh, mientras que de la piel fue de 66 g agua/ g ss. Estos contenidos bajaron a 0.7 g agua/g ss bs y 0.5 g agua/ g ss bs respectivamente (Figura 6).

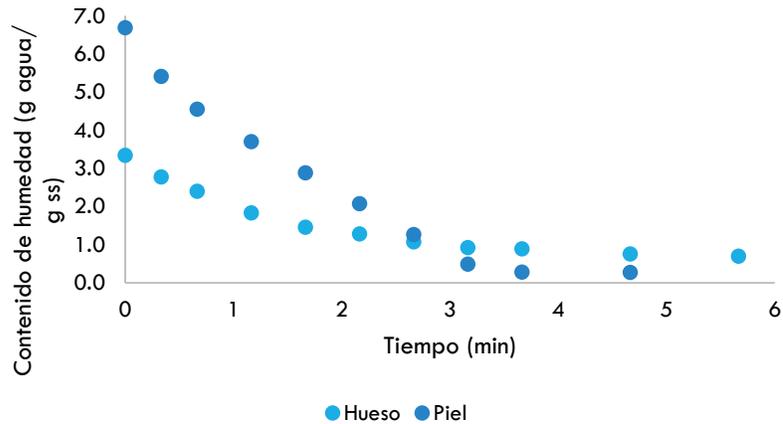


Figura 6 Pérdida de humedad durante el secado

Se requirieron 4 horas para que la piel de pescado bajara de un peso inicial de 18 gr a 4 gr, por lo que perdió el 75% de su peso. Sin embargo, el hueso con carne que paso de pesar 23 gr a 9 gr, por lo que perdió un 60% de su peso, en el mismo tiempo.

En cuanto a la velocidad de secado, la velocidad máxima alcanzada fue de la piel, a 3.8 g agua/g ss por hora, mientras que del hueso fue de 1.7, esto con un contenido de humedad de 6.67 y 3.3 gr agua/ g ss. Esta velocidad de secado puede observarse en la Figura 7.

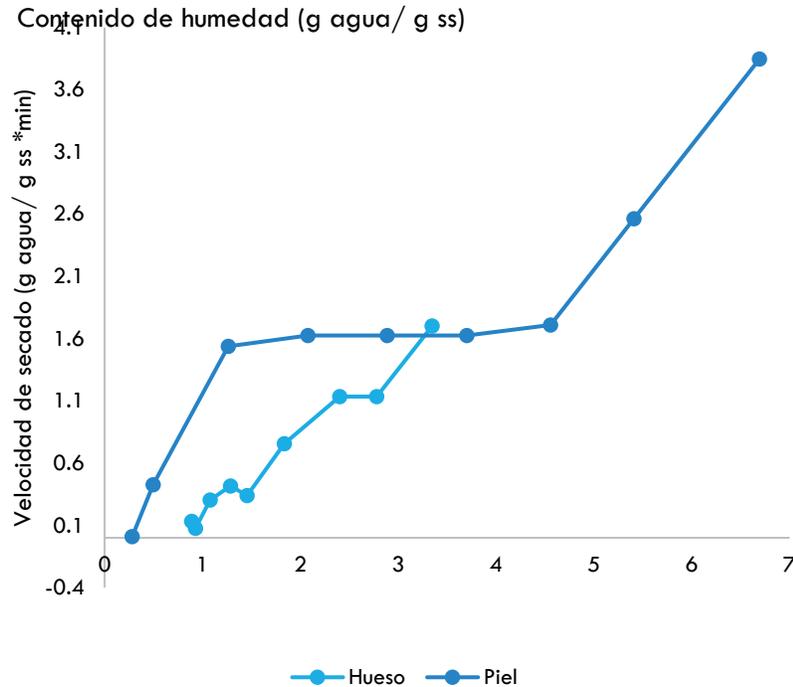


Figura 7 Velocidad de secado de hueso y piel

2.2 RESULTADOS DE PESCADO DE LA ESPECIE TILAPIA.

En el caso del deshidratado de las cabezas de tilapia, el promedio de la temperatura dentro de los deshidratadores fue de $39.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, con una temperatura ambiente de $29.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, una humedad ambiental de 50.9% , irradiancia máxima de 926 W/m^2 y velocidad del viento de 3.95 m/s .



Figura 8 Muestras deshidratadas

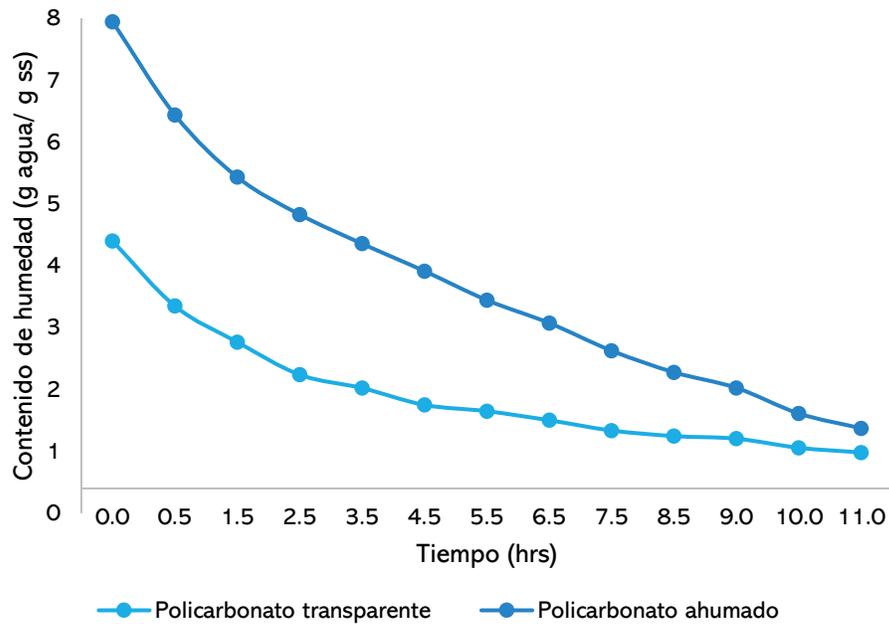


Figura 9 Contenido de humedad durante el secado de cabezas de pescado



La Figura 9 muestra la pérdida de humedad de las cabezas de tilapia durante el secado en ambos secadores. Como puede observarse, el contenido de humedad bajó de 4 y 3.5 g agua/ ss a .6 y .4 g agua/ g ss en el policarbonato transparente y humo respectivamente en un tiempo de alrededor de 11 horas.

En cuanto a la velocidad de secado, que se muestra en la Figura 4. Las velocidades alcanzadas en el policarbonato transparente fueron mayores que en el ahumado 0.0350 g agua/ g ss . hora del transparente contra 0.052 g ss/ g ss por hora del color humo. Estas velocidades se obtuvieron con un contenido de humedad de 4 y 3.5 g agua/ g ss.

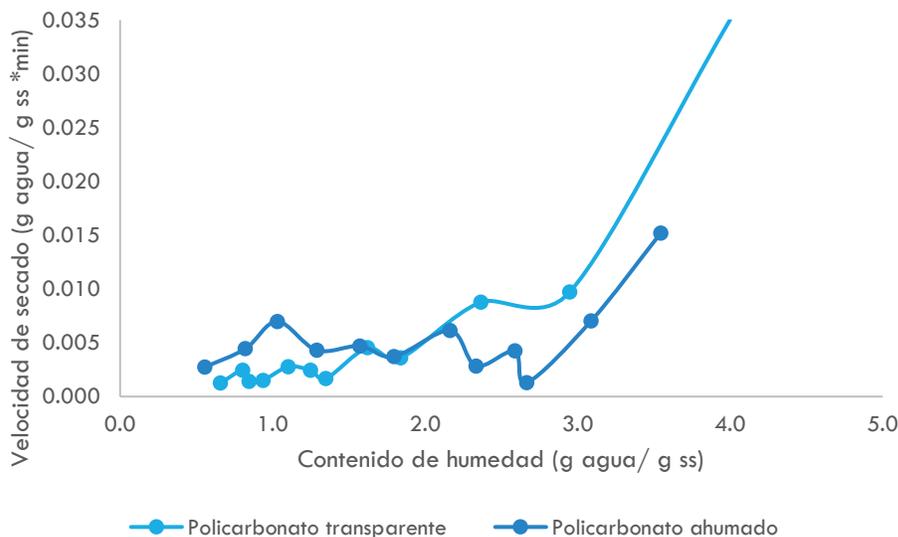


Figura 10 Velocidad de secado de cabezas de pescado en ambos secadores

Al final del secado, todos los desechos fueron introducidos a un molino para obtener una harina la cual fue analizada en posteriores etapas.



Figura 11 Harina de pescado obtenida

3 CONCLUSIONES

El secado solar puede utilizarse para secar los desechos de pescado de cualquier tipo sustituyendo a cualquier uso de energía proveniente de hidrocarburos para ser utilizados en la producción de fertilizantes u otros subproductos. Esto puede proporcionar un aumento en los ingresos de pequeños pescadores y a mejorar el rendimiento en los cultivos en la industria agrícola, colaborando en una mayor independencia de importaciones y cuidando de productos químicos los suelos agrícolas del país. Se recomienda realizar un análisis del contenido nutricional a las muestras secas.



Fertilizantes a base de desechos de pescado

Para la actividad agrícola se consideran macronutrientes básicos en todo cultivo: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K); y macronutrientes secundarios: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

El nitrógeno tiene funciones de tipo estructural y osmótico. Las primeras son específicas y se relacionan con la síntesis de moléculas esenciales para el crecimiento, como ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, clorofilas y alcaloides. La función del N como agente osmótico, permite retener al agua en las vacuolas, ha sido considerada tanto o más importante que su función nutrimental, las plantas lo absorben en forma de raíces lo absorben principalmente en forma de iones nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), algunos organismos procariontes lo proporcionan a la planta a partir del mecanismo conocido como fijación de nitrógeno (Cárdenas-Navarro, Sánchez-Yáñez, Farías-Rodríguez, y Peña-Cabriales, 2004).

El potasio por su parte es esencial en la fotosíntesis, activa más de 60 procesos enzimáticos, promueve la síntesis, translocación y almacenamiento de carbohidratos, optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales entre otros, los efectos benéficos resultan en la promoción del crecimiento radicular, aumento de la resistencia a sequía y heladas, disminución de la incidencia de plagas y enfermedades, reducción de la tendencia al vuelco de cereales e incremento de la nodulación en leguminosas (Imas, 2012).



El fósforo, desempeña funciones estructurales en las macromoléculas como los ácidos nucleicos y de transferencia de la energía en los procesos metabólicos de biosíntesis y degradación. A diferencia de los nitratos y sulfatos, los fosfatos no son reducidos en la planta y permanecen en su forma más altamente oxidada, El fósforo es absorbido principalmente durante el crecimiento vegetativo y luego la mayoría del fósforo absorbido es movilizado a los frutos y semillas durante las etapas reproductivas. Los suelos tropicales y subtropicales son en su mayoría ácida, a menudo fuertemente deficientes y con un alto poder de retención o fijación del fósforo. La época de aplicación puede ser cerca de la siembra en los suelos muy ácidos ($\text{pH} < 5,5$) o unas 4 a 8 semanas antes de la siembra en los suelos menos ácidos (Zapata y Roy).

Los fertilizantes tipo NPK, son indispensables en la agricultura para el desarrollo de tejidos y frutos, generalmente se consiguen en presentación sólida mediante reacción química de los componentes. La disponibilidad y contenido de NPK varía de acuerdo con las características edáficas del suelo cultivado, del clima y el manejo agronómico.

La mayoría de los países en desarrollo importan los fertilizantes NPK, sin embargo, en la agricultura orgánica y sustentable se han empleado varios residuos agroindustriales, minerales y de origen animal para suplementar dichos nutrientes.

Los fertilizantes orgánicos son formulados por lo general con materiales que constituyen desechos de la agricultura, la actividad pecuaria, pesquera y la agroindustria. En cuanto a



los residuos de pescado, los hidrolizados son de los fertilizantes más recurridos actualmente y, en general el uso de residuos y subproductos de pescado en la producción de fertilizantes orgánicos para fines agrícolas es muy limitado.

Los efectos más documentados del uso de fertilizantes a base de pescado consisten en el aumento del valor nutritivo, compuestos bioactivos y actividad antioxidante de algunas plantas (Florez Jalixto, Roldán Acero, y Juscamaita Morales, 2020). Los Fertilizantes producidos a partir de desechos de la pesca pueden llegar a la utilización de al menos el 20-30% del peso del pescado, incluyendo cabezas, vísceras y espinas (Ahuja, Dauksas, Remme, Richardsen, y Loes, 2020). Los peces promueven el reciclaje de nutrientes del mar y de regreso a los ambientes terrestres, pueden además ser más inocuos que el uso de estiércol de cerdos y aves de corral y presupone menores amenazas de hospedar algunos microorganismos patógenos importantes debido a la salinidad de sus ambientes naturales.

En el presente trabajo se realizaron las pruebas necesarias para determinar los contenidos de componentes básicos para la producción de un fertilizante natural de desechos de pescado deshidratado en secadores solares directos.

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el potencial como fertilizante natural de desechos de pescado se utilizó harina de pescado de desechos de pescado.



3.1.1 Determinación de Nitrógeno

Basados en la NMX-AA-180-SCFI-2018 9/48. El nitrógeno orgánico se determina por el método Kjeldahl después de la eliminación del nitrógeno amoniacal, digestión de la muestra, destilación y titulación del amoníaco en el destilado con ácido valorado. Se utilizó un gramo de residuo seco al cual se añadieron 2 pastillas del catalizador de Missouri para la digestión con la adición de 25 mL de ácido sulfúrico concentrado. Posteriormente se aforó a 100 mL con agua destilada y se llevó a cabo la destilación empleando hidróxido de sodio al 40% y colectando el amoníaco por absorción en una solución de ácido bórico al 4% con 2 mL de indicador de Shiro Tashiro. La titulación del amoníaco absorbido se llevó a cabo con una solución valorada de HCl 0.1 N.

3.1.2 Determinación de Sodio, Potasio y Calcio

La determinación de metales alcalinos Na, K y Ca fueron determinados por método de flamometría con gas LP y utilizando Cloruro de potasio, NaCl y CaCl₂ para la elaboración de curvas estándar.

3.1.3 Determinación de Fósforo

Para la determinación de fósforo inorgánico se utilizó un método espectrofotométrico basado en el azul de molibdeno empleando ácido ascórbico como agente reductor. 50 mg del residuo fueron calcinados en un crisol previamente lavado con agua destilada y ácido clorhídrico 0.1N, se realizó posteriormente una extracción ácida de acuerdo a Knowles y



Plaxton (2013). El solubilizado de cenizas fue testado con una solución de reacción que contenía 10 mM de Molibdato a partir de Molibdato de amonio, 10 mM de acetato de Zinc y 5% de ácido ascórbico. La cuantificación del fosfato se realizó por medio de una curva estándar leída a 629 nm de NaH_2PO_4 de 0 a 50 nmoles equivalentes de Pi.

3.1.4 Determinación de coliformes fecales

La evaluación de la calidad y eficiencia del tratamiento para obtener residuos biosólidos libres de contaminación bacteriana patógena, en particular coliformes fecales se determinó mediante el método para la cuantificación de coliformes fecales siguiendo la NOM-004-SEMARNAT-2002 en su anexo III, donde se especifica el método para la cuantificación de coliformes fecales en lodos y biosólidos.

Brevemente, una vez obtenida la muestra esta se mantuvo en refrigeración hasta su análisis. Se determinó el porcentaje de sólidos totales y se tomaron 4g de muestra que corresponda al peso fresco para su análisis. El caldo lauril-triptosa con purpura de Bromocresol, fue utilizado como medio de cultivo en el ensayo, el cual fue preparado de acuerdo con la NOM-004-SEMARNAT-2002. La muestra fue preparada con agua de dilución que consiste en un tampón fosfatos estéril en el que se realizaron diluciones decimales seriadas (10^{-n}), según la norma es recomendable analizar al menos 3 diluciones seriadas con el fin de obtener resultados óptimos. Sin embargo, en el presente trabajo se ensayaron 4 diluciones



decimales seriadas. Las cuales consisten en 1 mL del preparado homogeneizado en 9 mL de agua de dilución estéril.

Una vez obtenidas las diluciones se transfiere 1 mL de la dilución homogenizada en su tubo correspondiente que contiene 10 mL de caldo lauril-triptosa y un tubo Durham invertido. Finalmente, todos los tubos se incubaron a 35°C /24-48 horas, para su analizar y determinar el valor del número más probable (NMP) se utilizó la formula $NMP = (NMP \text{ de tablas}) \times (10 / \text{mayor volumen inoculado})$. Todo el ensayo fue realizado por triplicado.

3.1.5 Fitotoxicidad

Este ensayo nos permite predecir el comportamiento de las plantas frente a distintos sustratos, con el fin de determinar un posible efecto negativo del producto a probar. Un bioensayo de fitotoxicidad se encarga de determinar la relación entre una dosis de la sustancia en estudio y su reacción en organismos de prueba con el fin de determinar la presencia de sustancias fitotóxicas y/o genotóxicas.

El índice de germinación, principal bioindicador, combina la germinación de las semillas con el crecimiento de la radícula. En este caso se utilizaron mezclas de tierra previamente esterilizada con dos porcentajes del residuo seco de pescado en proporciones de 10 y 5% y, utilizando tierra estéril al 100% como control negativo a fitotoxicidad. Debido a su sensibilidad a efectos tóxicos, se utilizaron para tal efecto semillas de pepino (*Cucumis sativus*), colocando 3 repeticiones con 10 semillas cada una en caja Petri por cada



tratamiento, colocando las semillas a una profundidad de 2.5 cm en cada caso, se utilizaron 50 gr totales en cada tratamiento y 25 mL de agua destilada. Se incubó por 5 días a 28°C en una incubadora Felisa sin convección forzada. A los 5 días se contabilizaron las semillas germinadas y se midió el hipocótilo y epicótilo.

En la Figura se muestra la muestra de semilla de pepino en las que se utilizó pescado seco como fertilizante. Puede observarse que la semilla logró germinar, mientras que la muestra control no hubo germinación.



Figura 12 Semilla de pepino germinada

El índice de germinación fue determinado por el conteo de semillas germinadas y las mediciones respectivas, Se evaluó el porcentaje de germinación relativo (PGR), el crecimiento radicular relativo (CRR) y el índice de germinación (IG) (Tiquia, 2000). El análisis estadístico se realizó en SPSS-IBM.



$$CRR = \frac{\text{Elongación de radícula en el tratamiento}}{\text{elongación de la radícula en el control}} \times 100$$

$$PGR = \frac{\text{Número s semillas en el tratamiento}}{\text{Número de semillas en el control}}$$

$$\text{Índice de germinación} = \frac{PGR * PGR}{100}$$

3.2 RESULTADOS

Resultados de la caracterización NPK de residuos de pescado a partir de secado solar. Las determinaciones de macronutrientes de los residuos obtenidos por secado solar obtuvieron una relación NPK aproximada de 3-7-0.5, como se puede observar en la Tabla 1

Tabla 1. Composición porcentual de macronutrientes de los residuos de pescado

| Componente | Porcentaje en peso base seca (P/P) |
|--|------------------------------------|
| Nitrógeno orgánico equivalente | 7.99 |
| Fósforo en P ₂ O ₅ equivalente | 6.67 |
| Potasio en K ₂ O equivalente | 0.5 |
| Calcio en CaO equivalente | 6.37 |
| Sodio | 0.4 |



El producto obtenido tiene parámetros similares a la harina de pescado que se obtiene por procedimientos de secado convencionales (de Blas Beorlegui y col., 2019). Dichas proporciones permiten realizar la dosificación de una gran variedad de cultivos, principalmente hortalizas que requieren cantidades menores en comparación con las exigencias de cultivos de cereales. Una de las ventajas observadas es la aportación de fósforo, ya que, entre los fertilizantes sintéticos, son los de mayor precio, lo cual los hace inaccesibles al pequeño productor. El uso de residuos de pescado en la agricultura bien podría representar un área de oportunidad en la sustitución de fertilizantes sintéticos por sistemas holísticos de economía circular.

Actualmente a nivel Nacional pocas Normatividades hacen referencia a la caracterización y estándares de calidad de residuos orgánicos para compostaje, por ejemplo la NMX-AA-180-SCFI-2018 que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales, indica que una composta terminada que tiene menos de 7% de la suma de macronutrientes es considerada un mejorador de suelo, mientras que si la suma de ellos lo excede, debe portar la leyenda de fertilizante orgánico y especificar los porcentajes en su etiqueta.

No hay referencia de cantidades de sodio considerado como contaminante dentro de las normas, sin embargo, la Anexo AS-05 Contenido de humedad del suelo de la NOM-021-



REC NAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, indica valorar los índices de salinidad junto a la mezcla de suelo para su valoración.

El contenido de calcio, por su parte debe ser valorado de acuerdo con el pH del tipo de suelo en que se vaya a emplear el residuo, así como el tipo de cultivo a establecer. Para suelos alcalinos se recomienda combinarlo con otra materia orgánica con el objetivo de apoyar a la amortiguación del pH.

3.2.1 Coliformes totales y fecales

Después de incubar las muestras por 24 horas, no se observó un cambio de coloración del medio, así como no se presenta la producción de gas por lo que se procedió a una incubación adicional de 24 horas. A las 48hrs de incubación nuevamente fue analizada la muestra con el fin de detectar la presencia de la producción de gas o el cambio de la

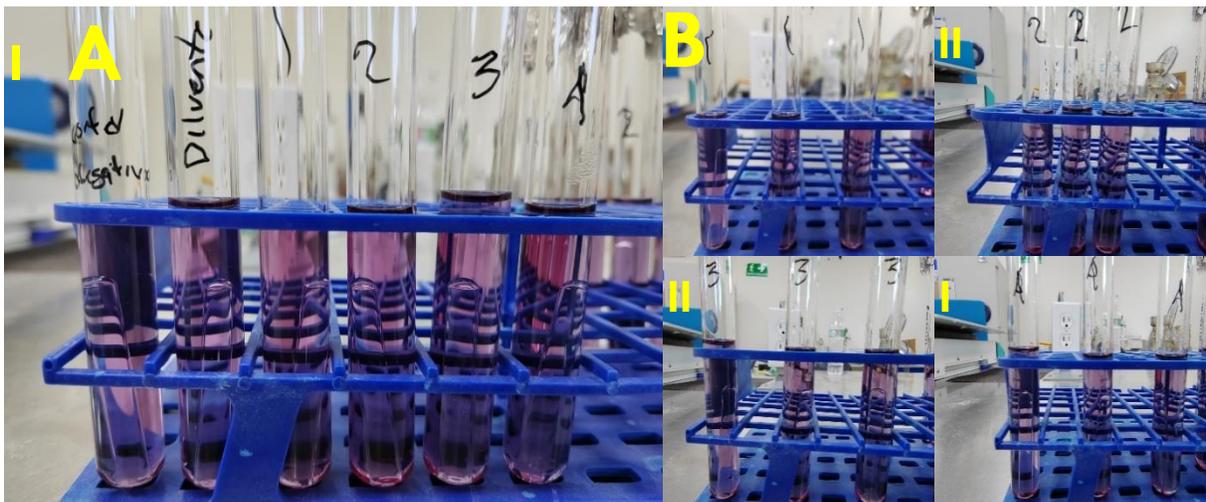


Figura 13 Determinación de coliformes totales



coloración del medio sin obtener resultados positivos en ningunas de las diluciones realizadas por lo que se concluye que el resultado de la muestra es no detectable para coliformes totales y fecales (Figura 1).

Figura 1. Panel A y B, no se observa la producción de gas y no se observa un cambio de coloración del medio por lo que no fue detectable la presencia de coliformes fecales. Panel A, I) se observa de izquierda a derecha el tubo control negativo, control diluyente, 1) dilución 10^{-2} , 2) dilución 10^{-3} , 3) dilución 10^{-4} y 4) dilución 10^{-5} . Panel B, se observan las diluciones seriadas por triplicado, que corresponden a I) dilución 10^{-2} , II) dilución 10^{-3} , III) dilución 10^{-4} y IV) dilución 10^{-5} , no se observa cambio de coloración de medio o la producción de gas.

Se considera lo anterior un resultado positivo respecto a la posibilidad de utilizar el residuo obtenido, ya que presupone que no habría contaminación por coliformes fecales en los cultivos en los que se disponga como fertilizante.

3.2.2 Ensayo de fitotoxicidad

El análisis del GI para cada uno de los tratamientos implementados, utilizando como especie indicadora el pepino, evidenció una mejor germinación cuando el residuo de pescado fue utilizado en la proporción de 5%, estableciéndose que no hay una diferencia estadísticamente significativa respecto al control.

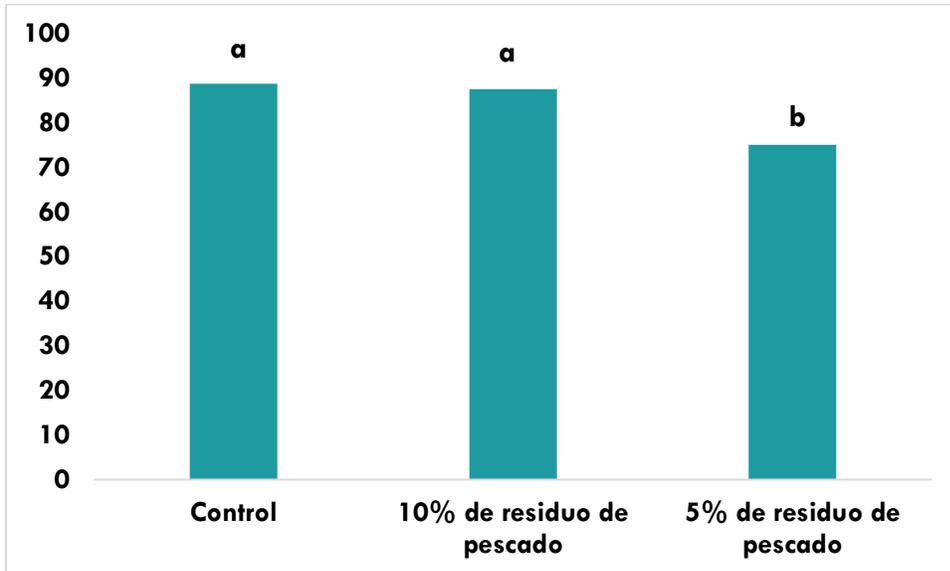


Figura 14 Resultados de la prueba de IG

En la Figura 2 se muestran los resultados de prueba de IG, barras con la misma letra superior indican homogeneidad entre los grupos, de acuerdo con la prueba de ANOVA a un nivel de significancia de 0.05.

Sin embargo, el uso de un 10% del residuo en el mismo ensayo, resulta en una disminución del IG, la cual podría estar asociada al contenido de grasa del mismo, puesto que las grasas y aceites son contaminantes del suelo bastante recalcitrantes que pueden afectar la fertilidad del mismo cuando la flora no es capaz de neutralizar los lípidos y ácidos grasos libres, además de poder llegar a contaminar fuentes de agua si no se utilizan con cuidado (Gavilán, Ize, y Brito, 2003).



Referencias

Ahuja, I., Dauksas, E., Remme, J. F., Richardsen, R., y Loes, A.-K. (2020). Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming—with status in Norway: A review. *Waste Management*, 115, 95-112.

Banco de México. (2022). Exposición Comercial de México al Conflicto en Europa del Este. 26–29. <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/recuadros/%7B9920A0FF-C152-048D-49AD-AC32B2D50DE3%7D.pdf>

Cárdenas-Navarro, R., Sánchez-Yáñez, J., Farías-Rodríguez, R., y Peña-Cabriales, J. (2004). Los aportes de nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2), 173-178.

Campoverde, A. J. R., & Castillo, M. E. L. (2015). Estudio de factibilidad para la fabricación y comercialización de abono orgánico natural en base a restos de pescados que permita ser utilizado en los cultivos agrícolas de la provincia del Guayas. 160. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20283/1/ABONO ORGÁNICO EN BASE DE RESTOS DE PESCADOS.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20283/1/ABONO_ORGÁNICO_EN_BASE_DE_RESTOS_DE_PESCADOS.pdf)

Castillo Téllez, M., Castillo-Téllez, B., Marzoug, R., & May Tzuc, O. (2021). Secado solar y conservación de alimentos. *Ecofronteras*, 25(73), 24–27.



de Blas Beorlegui, C., Rebollar, P. G., Mateos, G. G., Gorrochategui, M., Cegarra, E., Méndez, J., de Ayala, P. P. (2019). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

Florez Jalixto, M. A., Roldán Acero, D. J., y Juscamaita Morales, J. G. (2020). Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecología Aplicada*, 19, 121-131.

FAO. (2013). Desarrollo de la acuicultura: Uso de peces silvestres como alimento en acuicultura. <http://www.fao.org/publications/card/es/c/0da1e568-958d-55e4-b9c7-fe308256dbf4/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. In In Brief to The State of World Fisheries and Aquaculture 2022 (First). <https://doi.org/10.4060/cc0463en>



Gavilán, A., Ize, I., y Brito, O. O. (2003). La restauración de suelos contaminados con hidrocarburos en México. *Gaceta ecológica*(69), 83-92.

González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria*, 1–5.
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf

Imas, P. (2012). El potasio: Nutriente esencial para aumentar el rendimiento y la calidad de las cosechas. *Boletín, ICL Fertilizers*.

Kim, J. K., Dao, V. T., Kong, I. S., & Lee, H. H. (2010). Identification and characterization of microorganisms from earthworm viscera for the conversion of fish wastes into liquid fertilizer. *Bioresource Technology*, 101(14), 5131–5136.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.001>

Knowles, V., y Plaxton, W. (2013). Quantification of total and soluble inorganic phosphate. *Bio-protocol*, 3(17), e890-e890.

Michelis, A., & Ohaco, E. (2012). DESHIDRATACION Y DESECADO DE FRUTAS, HORTALIZAS Y HONGOS (INTA, Ed.). https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_secado.pdf



Tiquia, S. (2000). Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig on litter system. Paper presented at the Proceedings of the International Composting Symposium, CBA Press Inc. Truro, NS.

Zapata, F., y Roy, R. N. Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible.