



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20



Artículo

Científico

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

EFFECT OF A BIOFERTILIZER FROM FISH WASTE FOR SOIL IMPROVEMENT IN LA YARADA - LOS PALOS

Alexia Valeria Maquera Pilco¹

avmaquerap@unjbg.edu.pe

ORCID: [0009-0006-7815-7093](https://orcid.org/0009-0006-7815-7093)

Francy Jhoselin Apaza Flores⁴

fapazaf@unjbg.edu.pe

ORCID: [0000-0002-2943-0544](https://orcid.org/0000-0002-2943-0544)

Hilary del Carmen Florez Encinas²

hdcfloreze@unjbg.edu.pe

ORCID: [0009-0006-9884-4886](https://orcid.org/0009-0006-9884-4886)

Yamile Sumi Manchaco Cerron⁵

manchacoc@unjbg.edu.pe

ORCID: [0009-0000-7442-5843](https://orcid.org/0009-0000-7442-5843)

Nikol Medalit Guillermo Jacobo³

nmguillermoj@unjbg.edu.pe

ORCID: [0009-0003-9818-1451](https://orcid.org/0009-0003-9818-1451)

1, 2, 3, 4, 5 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, Tacna, Perú.

Aceptación: 01 de Octubre del 2024

Publicación: 12 de Octubre del 2024

RESUMEN

El biofertilizante a base de residuos de pescado aprovecha los desechos generados por el sector pesquero. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de un biofertilizante elaborado a base de residuos de pescado para el mejoramiento de la calidad del suelo de La Yarada - Los Palos. Para ello, se elaboró el biofertilizante a base de residuos de pescado extraídos del mercado La Agronómica. El proceso de elaboración duró 30 días; se hizo un seguimiento al biofertilizante un día por semana, para medir el pH, conductividad y temperatura. Se extrajo una muestra de suelo de La Yarada - Los Palos; a la cual se le midió los parámetros de pH y conductividad eléctrica en cuatro tratamientos (T1, T2, T3, T4), aplicando distintas concentraciones, 0 %, 20 %, 40 % y 60 %, con dos repeticiones c/u. Según los resultados, para la conductividad eléctrica, hubo una mayor diferencia significativa entre el T1 y el T2 con una diferencia de media de 5,4 mS/cm; para el pH, hubo una mayor diferencia significativa entre el T1 y el T4. En síntesis, a menor concentración del biofertilizante mayor será el efecto sobre la conductividad eléctrica, reduciéndose; mientras que, a mayor concentración, disminuirá el pH del suelo, volviéndolo ácido. La dosis óptima fue la concentración al 20 % de biofertilizante, disminuyendo la conductividad eléctrica significativamente y manteniendo el pH a uno casi neutro.

Palabras claves: Biofertilizante, residuos de pescado, suelo, pH, conductividad eléctrica.

ABSTRACT

The biofertilizer based on fish waste takes advantage of the waste generated by the fishing sector. The study's objective was to evaluate the effect of a biofertilizer made from fish waste on improving the quality of the soil in La Yarada - Los Palos. To do this, the biofertilizer was made from fish waste extracted from the La Agronómica market. The elaboration process lasted 30 days; the biofertilizer was monitored one day per week, to measure the pH, conductivity, and temperature. A soil sample was extracted from La Yarada - Los Palos; to which the pH and electrical conductivity parameters were measured in four treatments (T1, T2, T3, T4), applying different concentrations, 0%, 20%, 40%, and 60%, with two repetitions each. According to the results, for electrical conductivity, there was a greater significant difference between T1 and T2 with a mean difference of 5.4 mS/cm; For pH, there was a significant difference between T1 and T4. In summary, the lower the concentration of biofertilizer, the greater the effect on electrical conductivity, reducing it; While the higher the concentration, the lower the soil pH, making it acidic. The optimal dose was the 20% concentration of biofertilizer, significantly reducing electrical conductivity and keeping the pH almost neutral.

Keyword: Biofertilizer, fish waste, soil, pH, electrical conductivity.

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

Y. Manchaco Cerron
ORCID: 0009-0000-7442-5843

F. Apaza Flores
ORCID: 0000-0002-2943-0544

N. Guillermo Jacobo
ORCID: 0009-0003-9818-1451

H. Florez Encinas
ORCID: 0009-0006-9884-4886

A. Maquera Pilco
ORCID: 0009-0006-7815-7093

<https://revista.scienceevolution.com/>





scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

A. Maquera Pilco

ORCID: 0009-0006-7815-7093

H. Florez Encinas

ORCID: 0009-0006-9884-4886

N. Guillermo Jacobo

ORCID: 0009-0003-9818-1451

F. Apaza Flores

ORCID: 0000-0002-2943-0544

Y. Manchaco Cerrón

ORCID: 0009-0000-7442-5843

<https://revista.scienceevolution.com/>



INTRODUCCIÓN

El sector pesquero es un elemento estratégico para la economía del Perú, principalmente por ser una importante fuente generadora de divisas después de la minería (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2010). El mayor porcentaje de extracción es de origen marítimo, alcanzando así una extracción de 546 831 toneladas en el 2023 (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2023), de los cuales el 70% representan el volumen de residuos orgánicos generados por esta actividad (Olsen et al., 2014), que incluyen las vísceras, esqueleto, piel, aletas, entre otros (Dirección de Investigación, Desarrollo, Innovación y Transferencia Tecnológica [DIDITT], 2018). Sin embargo, hoy en día en las ciudades costeras, muchos de estos residuos pesqueros son arrojados a vertederos informales o directamente al mar, lo que genera riesgos para la salud pública, focos infecciosos y contaminación ambiental (Palacin, 2017).

Por otro lado, el uso excesivo de fertilizantes en la agricultura convencional ha provocado efectos negativos, como la lixiviación y el deterioro del suelo, afectando tanto el pH, como la microfauna (González, 2019), lo que a su vez perjudica la capacidad productiva del agroecosistema puesto que el nivel de producción depende de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Bello et al., 2008); investigaciones han demostrado que los cultivos pueden absorber entre el 30 % y 50 % de los fertilizantes químicos que resultan dañinos para los seres humanos y animales que los consumen, el resto se pierde en el suelo (Wang et al., 2018). Asimismo, la eficiencia del uso de fertilizantes químicos sobre los cultivos ha disminuido debido a la saturación del suelo que estos producen (Móznér et al., 2012; Carter et al., 2012). Por ende, es necesario una agricultura más sostenible, como el uso a gran escala de los biofertilizantes, que en cualquier sistema de producción agrícola traería grandes beneficios sin ejercer un impacto perjudicial sobre el ambiente (Cabrera et al., 2012).

El biofertilizante a base de residuos de pescado no solo aprovecha los desechos generados por el sector pesquero, que constituyen el 40 % de su producción total correspondiente a vísceras, cabeza, colas y aletas (Delgado et al., 2019), también proporciona beneficios significativos para la agricultura al ofrecer nutrientes esenciales como nitrógeno (4 - 10 %), fósforo (5 - 6 %), potasio (1 %), calcio, magnesio, azufre y hierro, importantes para el crecimiento de las plantas, promoviendo un suelo saludable y el desarrollo de las raíces (Palacin, 2017). Además, aporta beneficios para la fertilización al igual que la producción de microorganismos en el suelo, mejorando su estructura, restableciendo la humedad y la producción agrícola (Chirito, 2024).

En la provincia de Tacna, el consumo de productos hidrobiológicos frescos son los de mayor demanda, esto gracias a que Tacna presenta una gran variedad de pescados en su litoral (Coronel, 2019). Actualmente los residuos de pescado se tratan de diversas formas, suelen convertirse en productos de menor valor comercial, como alimento para animales y harina de pescado (Cardoza et al., 2021), mientras que otros son dejados en basureros ilegales, poniendo en riesgo nuestra salud y degradándose lentamente, haciendo que su disposición final contamine el medio ambiente, a pesar de que aquellas partes del pescado que no son aptas para el consumo humano, como la cabeza, huesos, piel y vísceras son ricos en nutrientes, teniendo el potencial de convertirse en fertilizantes útiles (Afreen & Uçak, 2020). Por ello, el biofertilizante derivado de residuos de pescado representa una alternativa sostenible para el tratamiento del suelo de La Yarada - Los Palos, que es una zona costera cerca del mar y desértica, escenario ideal para que los suelos sean salinos debido a la intrusión del agua marina en los acuíferos subterráneos. Lo cual supone un problema para los cultivos de La Yarada - Los Palos, ya que el estrés salino puede causar alteraciones fisiológicas y bioquímicas en el suelo (Santana & Turpo, 2021).

Así que, el objetivo de nuestra investigación fue evaluar el efecto de un biofertilizante elaborado a base de residuos de pescado para el mejoramiento de la calidad del suelo de la Yarada - Los Palos. Los objetivos específicos fueron analizar los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad y temperatura) del biofertilizante elaborado a base de residuos de pescado para determinar su calidad; y determinar el aporte nutritivo del biofertilizante al suelo de la Yarada - Los palos mediante el efecto sobre su pH y conductividad eléctrica.



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

A. Maquera Pilco

ORCID: 0009-0006-7815-7093

H. Florez Encinas

ORCID: 0009-0006-9884-4886

N. Guillermo Jacobo

ORCID: 0009-0003-9818-1451

F. Apaza Flores

ORCID: 0000-0002-2943-0544

Y. Manchaco Cerron

ORCID: 0009-0000-7442-5843

<https://revista.scienceevolution.com/>



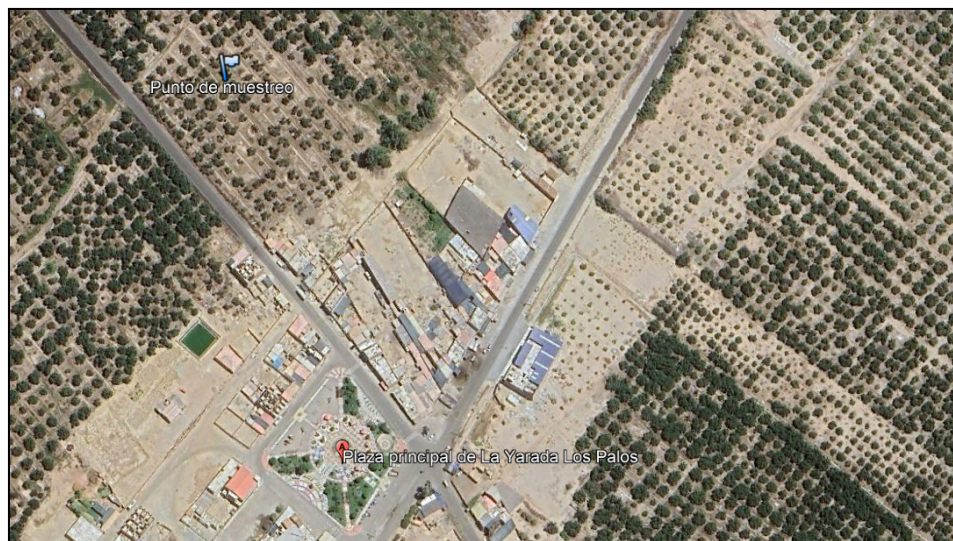
MÉTODO

Área de Estudio

El muestreo de suelos se llevó a cabo en una parcela de suelo agrícola como se muestra en el Gráfico 1, perteneciente al distrito La Yarada - Los Palos, en la provincia de Tacna, Perú, ubicado en las coordenadas UTM 347869 m E y 7977866 m S. Asimismo, se siguió la "Guía para el muestreo de Suelos" aprobada por el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, 2017, donde se realizó un Muestreo por Comprobación de la Remediación, siendo la técnica de muestreo utilizada, para muestras superficiales. Para el análisis, se recolectó 1 kg de suelo, a una profundidad de 15 cm.

Gráfico 1

Ubicación del punto de extracción de la muestra de suelo, La Yarada - Los palos



Elaboración del Biofertilizante

Materia prima e insumos

Los residuos de pescado fueron la materia prima en la elaboración del biofertilizante, fueron adquiridos en el mercado "La Agronómica", ubicado en las coordenadas UTM 367424 m E y 8006182 m S cerca del Óvalo Cusco, en la ciudad de Tacna, como se observa en el Gráfico 2. Cabe resaltar que únicamente se emplearon los residuos de pescado como, cabeza, piel, escamas, aletas, recortes, vísceras (principalmente el estómago, los ciegos pilóricos y el intestino, que son una fuente importante de proteasas). Estos desechos son descartados sin intentos de recuperación y representan entre el 50 y el 70% de la producción total dependiendo de la especie (Silva et al., 2014; Villamil et al., 2017).

Gráfico 2

Ubicación del punto de adquisición de residuos de pescado en el mercado "La Agronómica"





scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

Y. Manchaco Cerrón
ORCID: 0009-0000-7442-5843

F. Apaza Flores
ORCID: 0000-0002-2943-0544

N. Guillermo Jacobo
ORCID: 0009-0003-9818-1451

H. Florez Encinas
ORCID: 0009-0006-9884-4886

A. Maquera Pilco
ORCID: 0009-0006-7815-7093

<https://revista.scienceevolution.com/>



Se recolectó 20 kilogramos de residuos de pescado, estos fueron almacenados en bolsas para su posterior traslado al CEA III “Fundo los Pichones” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, donde se realizó la elaboración del biofertilizante, el Gráfico 3 muestra el punto de elaboración con coordenadas UTM 366844 m E y 8005976 m S.

Gráfico 3

Ubicación del punto de elaboración del biofertilizante en el CEA III “Fundo los Pichones” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann



También, se empleó 1 kg de melaza de caña de azúcar; un residuo de la fabricación del azúcar, con contenido de sacarosa, glucosa, fructosa y nitrógeno, ideal para la producción de ácido láctico (Dumbrepatil et al., 2007). Este fue adquirido en un establecimiento especializado en venta de fertilizantes, en un local denominado “FORAGRO”. Por otro lado, se utilizó bacterias ácido lácticas, con el fin de acelerar el proceso de descomposición de los residuos de pescado, materia prima, como nos menciona Florez (2017) en su estudio. La mayoría de estos obtienen energía del metabolismo de azúcares fermentables, produciendo ácido láctico en ambientes azucarados (Leveau & Boiux, 2000). Asimismo, se utilizaron dos papayas medianas, que sirvieron como catalizadoras durante el proceso de hidrólisis (Salgado et al., 2010).

En la Tabla 1 se puede observar los insumos empleados en kilogramos (kg) y porcentajes (%) para la obtención del biofertilizante

Tabla 1

Materia prima e Insumos para la elaboración del biofertilizante

Insumos	Cantidad (kg)	Porcentaje(%)
Melaza	1	4%
Residuos de pescado	20	80%
Microorganismos	0.5	2%
Total:	25	100%

Procedimiento para la elaboración del biofertilizante

Para la etapa experimental, en un bidón de agua de 40 litros de capacidad, se mezcló los residuos de pescado recolectados, las papayas (*Carica papaya* L.) utilizadas para ablandar la carne, modificar textura y solubilizar proteínas, separando fases acuosa y oleosa (Ha et al., 2012; Sullivan & Calkins, 2010). También se agregó la melaza, que fue necesaria como fuente de energía y para ayuda en la descomposición de la materia orgánica, aportando nutrientes como el calcio (Salgado et al., 2010). Posteriormente, se adicionaron los microorganismos ácido lácticos para iniciar y acelerar el proceso de hidrólisis.

El proceso de hidrólisis duró un total de 30 días, lo cual está en línea con lo señalado por (Fundación Chile, 2019), que también considera 30 días para el inventario de distintos procesos, incluyendo la hidrólisis de pescado. Asimismo cada día era removido con un madero debido a que se basaba en un proceso aerobio. Pasado los 30 días se procedió a hacer la separación de ambas fases, sólida y líquida, mediante el proceso de colado, como lo realizó Terry et al. (2019). Durante esos 30 días, cada semana se fueron midiendo los parámetros de pH, conductividad eléctrica y temperatura al biofertilizante.



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

Y. Manchaco Cerron
ORCID: 0009-0000-7442-5843

F. Apaza Flores
ORCID: 0000-0002-2943-0544

N. Guillermo Jacobo
ORCID: 0009-0003-9818-1451

H. Florez Encinas
ORCID: 0009-0006-9884-4886

A. Maquera Pilco
ORCID: 0009-0006-7815-7093

<https://revista.scienceevolution.com/>



Determinación del efecto del biofertilizante en los parámetros fisicoquímicos del suelo

Variables evaluadas

Una variable independiente es aquella que el investigador manipula para alcanzar los objetivos del estudio (Pérez, 2007). En este estudio, la variable independiente fue el biofertilizante elaborado con residuos de pescado, variando concentraciones del mismo.

Las variables dependientes se ven afectadas por los cambios en la variable independiente (Pérez, 2007). En este estudio, las variables dependientes fueron los parámetros analizados en el suelo; pH y conductividad eléctrica.

Diseño del experimento

El diseño del experimento corresponde a un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos, T1, T2, T3, T4; con dos repeticiones para cada uno, como se muestra en la tabla 2. El tratamiento uno (T1) fue la prueba testigo o en blanco a la cual no se le aplicó biofertilizante; el tratamiento dos (T2), se conformó con una concentración del biofertilizante al 20 %; el tratamiento tres (T3), se conformó con una concentración del 40 % de biofertilizante; y el tratamiento cuatro (T4), lo conformó una concentración al 60 % del biofertilizante.

Tabla 2

Aplicación del biofertilizante

T1 (0 %)		T2 (20 %)		T3 (40 %)		T4 (60 %)	
R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2

Aplicación del biofertilizante en el suelo

Para conocer el efecto del biofertilizante en la calidad del suelo, se midió en laboratorio los parámetros de pH y conductividad eléctrica al suelo sin aplicar biofertilizante (T1) y luego de aplicar el biofertilizante en distintas dosis (T2, T3 y T4). Para las dosis, se realizó tres disoluciones, qué consistían en la relación biofertilizante: agua; la cantidad de agua fue de 100 ml para todas las disoluciones, variando solo los ml de biofertilizante, la primera se usó 20 ml de biofertilizante, la siguiente 40 ml y la última 60 ml en 100 ml de agua cada una. El tratamiento se realizó en recipientes de plástico conteniendo 200 g de suelo cada uno. La fecha de inicio del tratamiento fue el 15 de julio del 2024 y culminó el 22 de julio del mismo año, es decir, se aplicó el tratamiento una semana, intercalando días. Se empleó el programa Statgraphics para realizar el análisis estadístico y conocer si existen diferencias significativas entre los tratamientos, y el efecto del biofertilizante en los parámetros de pH y conductividad eléctrica del suelo de La Yarada - Los Palos.

RESULTADOS

Análisis de los parámetros fisicoquímicos del biofertilizante elaborado a base de residuos de pescado

Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del biofertilizante como pH y conductividad eléctrica. Además, como parámetro adicional, se midió la temperatura. Estos tres parámetros fueron monitoreados durante el proceso de hidrólisis para la descomposición de los residuos de pescado (visceras, aletas, piel, entre otros), las evaluaciones se realizaron una vez a la semana por 30 días, los resultados obtenidos se observan en la Tabla 3.

Las temperaturas oscilan entre los 21°C a 22,9 °C las cuales resultan óptimas para el desarrollo de bacterias ácido lácticas las cuales son las encargadas de la descomposición de los residuos de pescado, por esta razón también se tiene un pH ácido que les permite seguir creciendo durante la fermentación láctica natural (Florez, 2017). Respecto a la conductividad eléctrica su valor en milisiemens representa la existencia de una elevada cantidad de nutrientes.

Tabla 3

Temperatura, pH y conductividad eléctrica del biofertilizante

Fecha	Temperatura (°C)	pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)
13/06/2024	22,1	5	14,58
17 /06/2024	22,9	5,19	26,7
24/06/2024	21	6	29,9
1/07/2024	21,9	5,437	28,1
8/07/2024	22,3	5,473	27,5



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

Y. Manchaco Cerrón
ORCID: 0009-0000-7442-5843

F. Apaza Flores
ORCID: 0000-0002-2943-0544

N. Guillermo Jacobo
ORCID: 0009-0003-9818-1451

H. Florez Encinas
ORCID: 0009-0006-9884-4886

A. Maquera Pilco
ORCID: 0009-0006-7815-7093

<https://revista.scienceevolution.com/>



En el Gráfico 4 se observa el proceso de hidrólisis de residuos de pescado para la obtención de biofertilizante, partiendo en el proceso inicial con residuos de pescado, melaza, papaya, y ácidos lácticos, para finalmente obtener el biofertilizante en un periodo de 30 días que estará ya listo para ser colado y así descartar algunos residuos grandes que hayan quedado. Cabe resaltar que, estos residuos pueden seguir siendo aprovechados para la obtención de más biofertilizante en un mayor periodo de tiempo.

Gráfico 4

Proceso de hidrólisis de pescado para la obtención de biofertilizante



Nuestro biofertilizante final, mostró una coloración oscura similar a la tierra húmeda, opaca con matices de cemento pero más saturada y sin grumos, un poco viscosa. Que coincide con el resultado final de hidrólisis del trabajo de investigación de Delgado et al. (2019), describiéndolo como un color biosol pastoso, más uniforme, sin presencia de grumos, y un líquido denso.

Determinación del efecto del biofertilizante a base de residuos de pescado sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo

Para la determinación del efecto del biofertilizante sobre los parámetros fisicoquímicos del suelo se realizó una disolución 1:1 y se midió la conductividad eléctrica y pH del suelo sin ninguna aplicación de biofertilizante (0%) en el cual se obtuvo un valor promedio de conductividad eléctrica de 48.2 mS/cm y pH de 7.63, siendo el valor de la conductividad eléctrica indicador de que el suelo de La Yarada - Los Palos es un suelo salino. Posteriormente se midieron estos mismos parámetros en las muestras de suelo que ya contaban con tratamiento (20 %, 40 % y 60 % de aplicación de biofertilizante) obteniendo los resultados que se aprecian en la Tabla 4.

Tabla 4

Conductividad eléctrica y pH del suelo extraído de la Yarada - Los Palos con y sin aplicación de biofertilizante

TRATAMIENTO (dosis de biofertilizante)	REPETICIONES	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mS/cm)N	pH
T1 (0% de biofertilizante)	1	48.4	7.60
	2	48	7.66
T2 (20% de biofertilizante)	1	42.3	7.16
	2	43.3	7.13
T3 (40% de biofertilizante)	1	42.9	6.67
	2	45.4	6.94
T4 (60% de biofertilizante)	1	45.4	6.79
	2	45.1	6.66



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

A. Maquera Pilco

ORCID: 0009-0006-7815-7093

H. Florez Encinas

ORCID: 0009-0006-9884-4886

N. Guillermo Jacobo

ORCID: 0009-0003-9818-1451

F. Apaza Flores

ORCID: 0000-0002-2943-0544

Y. Manchaco Cerrón

ORCID: 0009-0000-7442-5843

<https://revista.scienceevolution.com/>



Mediante el procesado de nuestros resultados con StatGraphics, obtuvimos los siguientes resultados:

Análisis de Varianza del parámetro fisicoquímico pH

En la tabla ANOVA (Tabla 5) se obtuvo un P valor de 0.0036, siendo este un valor menor a 0.05 por lo tanto existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos sobre el pH en las muestras de suelo de La Yarada - Los Palos, pudiendo afirmar ello con un 95% de confianza. Lo cual indica que mientras mayor sea la concentración de biofertilizante, mayor será el efecto sobre el pH del suelo, volviéndolo ácido.

Tabla 5

Tabla ANOVA para efecto del Biofertilizante sobre el pH

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,01664	3	0,338879	28,75	0,0036
Intra grupos	0,04715	4	0,0117875		
Total (Corr.)	1,06379	7			

Respecto a la prueba de múltiples rangos para pH (Tabla 6 y 7) se observa que los tratamientos 2, 3 y 4 no tienen diferencias significativas entre sí, esto quiere decir, que todos tuvieron efectos sobre el pH del suelo, sin embargo, todo ellos, sí tienen diferencias significativas con respecto al tratamiento 1, el cual no se le aplicó ninguna dosis de biofertilizante en la muestra de suelo de La Yarada - Los Palos.

Tabla 6

Pruebas de Múltiples Rangos para efecto del Biofertilizante sobre el pH

Biofertilizante	Casos	Media	Grupos Homogéneos
4	2	6.725	X
3	2	6.805	X
2	2	7.145	X
1	2	7.63	X

Tabla 7

Pruebas de Múltiples Rangos para efecto del Biofertilizante sobre el pH

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1-2	*	0.485	0.441981
1-3	*	6.805	0.441981
1-4	*	0.905	0.441981
2-3		0.34	0.441981
2-4		0.42	0.441981
3-4		0.08	0.441981

En el Gráfico 5 se presenta el gráfico de medias de Tukey para el efecto del biofertilizante sobre el pH, el cual nos ayuda a comprender mejor la diferencia significativa entre tratamientos, se observa que los tratamientos 2, 3 y 4 no tuvieron diferencias significativas entre sí, y el único significativamente diferente es el tratamiento 1.



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

Y. Manchaco Cerrón
ORCID: 0009-0000-7442-5843

F. Apaza Flores
ORCID: 0000-0002-2943-0544

N. Guillermo Jacobo
ORCID: 0009-0003-9818-1451

H. Florez Encinas
ORCID: 0009-0006-9884-4886

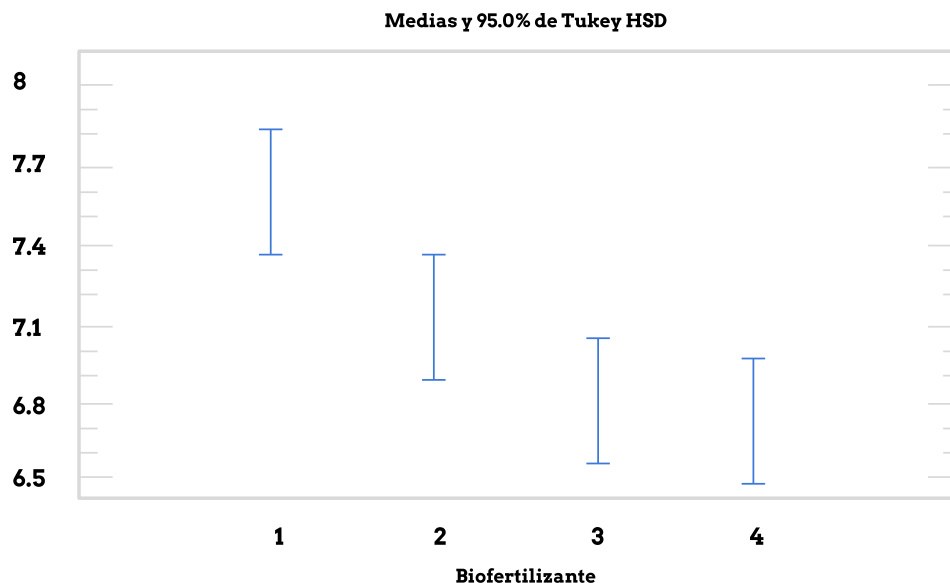
A. Maquera Pilco
ORCID: 0009-0006-7815-7093

<https://revista.scienceevolution.com/>



Gráfico 5

Gráfico de medias de Tukey HSD en el pH



Análisis de Varianza del parámetro físicoquímico de conductividad eléctrica

En la tabla ANOVA (tabla 8) se obtuvo un P valor de 0.0203, siendo este un valor menor a 0.05 por lo tanto existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos sobre la conductividad eléctrica en las muestras de suelo de La Yarada - Los Palos pudiendo afirmar ello con un 95% de confianza.

Tabla 8

Tabla ANOVA para Conductividad eléctrica por Biofertilizante

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	31.65	3	10.55	11.25	0.0203
Intra grupos	3.75	4	0.9375		
Total (Corr.)	35.4	7			

Para la prueba de múltiples rangos para conductividad eléctrica (Tablas 9 y 10), se observa que los tratamientos 2, 3 y 4 no presentan diferencias significativas entre sí, al igual que los tratamientos 4 y 1. Asimismo, la tabla indica que los tratamientos 2 y 3 tuvieron un efecto sobre la conductividad eléctrica del suelo, reduciendo su valor hasta 42.8 mS/cm y 44.15 mS/cm, respectivamente. Esto significa que, a menor concentración de biofertilizante, se reducirá en mayor medida la conductividad eléctrica, y por tanto la salinidad del suelo de La Yarada - Los Palos.

Tabla 9

Pruebas de Múltiple Rangos para Conductividad eléctrica por Biofertilizante: Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Biofertilizante	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	2	42.8	X
3	2	44.15	X
4	2	45.25	X X
1	2	48.2	X

Tabla 10

Pruebas de Múltiple Rangos para Conductividad eléctrica por Biofertilizante: Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	5.4	3.94165
1 - 3	*	4.05	3.94165
1 - 4		2.95	3.94165
2 - 3		-1.35	3.94165
2 - 4		-2.45	3.94165
3 - 4		-1.1	3.94165



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

A. Maquera Pilco

ORCID: 0009-0006-7815-7093

H. Florez Encinas

ORCID: 0009-0006-9884-4886

N. Guillermo Jacobo

ORCID: 0009-0003-9818-1451

F. Apaza Flores

ORCID: 0000-0002-2943-0544

Y. Manchaco Cerron

ORCID: 0009-0000-7442-5843

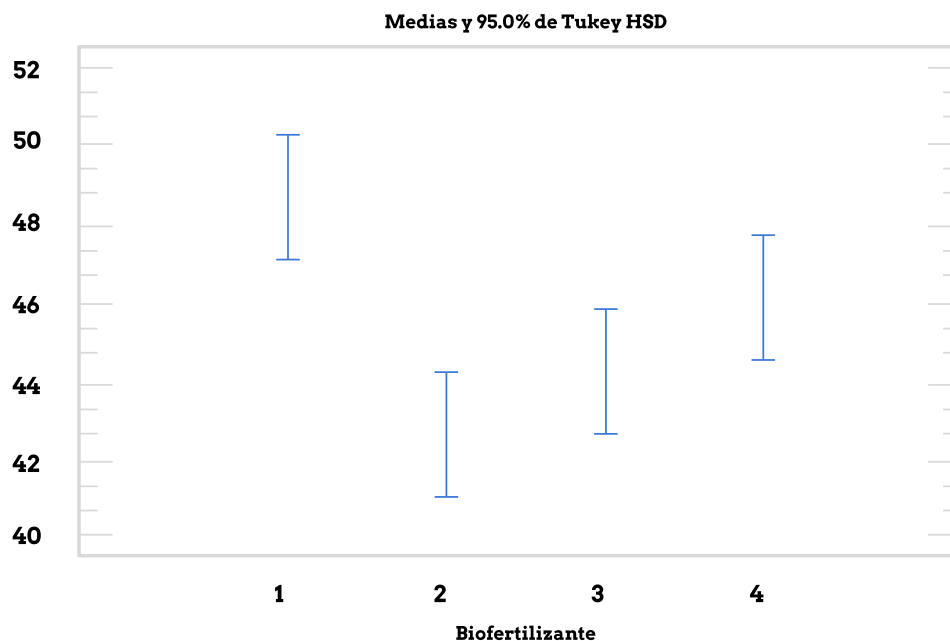
<https://revista.scienceevolution.com/>



A continuación en el Gráfico 6 se observa el gráfico de medias de Tukey para el efecto del biofertilizante sobre la conductividad eléctrica, se observa que el tratamiento 1 con los tratamientos 2 y 3 si tuvieron diferencias significativas, por el contrario el tratamiento 4 con los demás tratamientos no tuvo diferencias significativas entre sí.

Gráfico 6

Gráfico de medias de Tukey HSD en la conductividad eléctrica



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El biofertilizante elaborado a partir de residuos de pescado obtuvo resultados de pH ligeramente ácido con valores que variaron de 5 a 6. Bayona & Jomira (2022), mencionan que el biol elaborado a partir de residuos de pescado tiene un pH de 5,86, lo que lo hace ligeramente ácido. Este pH favorece la disponibilidad de nutrientes esenciales para cultivos, facilitando la actividad microbiana y la solubilidad de los nutrientes en el suelo. Para Florez (2017) en su trabajo de investigación indica que el pH tiene una máxima disponibilidad de nutrientes en ese rango de 5,9 a 5,64 para así lograr el crecimiento de las plantas. Al agregar melaza al biofertilizante, este sirvió como fuente de carbono y energía, facilitando el crecimiento y desarrollo de bacterias lácticas, lo que provocó una disminución del pH hasta el punto en que el ácido láctico producido impida el crecimiento de las propias bacterias lácticas (Flores et al., 2020), por otro lado para la elaboración del biofertilizante la temperatura oscilaba entre 22,1 a 22,9 °C donde estas temperaturas ocurrieron simultáneamente con Palacin (2017) quien en su investigación menciona que el biofertilizante orgánico obtuvo una temperatura de 22°C obteniendo un biofertilizante óptimo, asimismo para la conductividad eléctrica inició con 14,58 mS/cm, después de una semana terminó con 26,7 mS/cm, finalizando después de un periodo de 30 días con un valor de 27,5 mS/cm. Saldaña et al. (2018) en su investigación realizó una evaluación de la conductividad eléctrica después de una semana dando un valor de 24 mS/cm este resultado sugiere que el biofertilizante proporciona una gran cantidad de nutrientes al suelo y a las plantas, debido a la alta conductividad eléctrica que refleja una mayor concentración de sales solubles, indicando similitudes al resultado evaluado en la medición del biofertilizante, convirtiéndose en una opción valiosa para los agricultores que buscan aumentar la productividad de sus cultivos de manera sostenible.

Para la determinación del aporte nutritivo del biofertilizante al suelo de La Yarada - Los Palos se midió los parámetros de pH y conductividad eléctrica del suelo, se tomó medición al suelo sin tratamiento (testigo) y después de aplicar el tratamiento al 20 %, 40 % y 60 %. El suelo antes de aplicar el biofertilizante tuvo un pH ligeramente alcalino de 7,63 y una conductividad eléctrica de 48,2 mS/cm. Con respecto a los valores de la aplicación del biofertilizante en el tiempo de 1 semana, se observa que el biofertilizante de residuos de pescado en todas las dosis logra disminuir la



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

Y. Manchaco Cerrón
ORCID: 0009-0000-7442-5843

F. Apaza Flores
ORCID: 0000-0002-2943-0544

N. Guillermo Jacobo
ORCID: 0009-0003-9818-1451

H. Florez Encinas
ORCID: 0009-0006-9884-4886

A. Maquera Pilco
ORCID: 0009-0006-7815-7093

<https://revista.scienceevolution.com/>



conductividad eléctrica; pero, la dosis al 20 % tiene mejores resultados en este parámetro del suelo, disminuyendo a 42,8 mS/cm. Estos resultados coinciden con Saldaña et al., (2018) quien en su estudio a un 15 % logra disminuir de 5,44 mS/cm a 4,031 mS/cm, además, esta dosis tuvo mayor efecto en la fertilidad del suelo, puesto que se obtuvo un incremento en la materia orgánica (27%) y también en los macronutrientes de nitrógeno (87%) y potasio (20%), cabe mencionar que al aplicar dosis al 5% y 10% aumentó la conductividad. Esto indicaría que las concentraciones óptimas para lograr disminuir la salinidad de un suelo serían entre 15% y 20%. Padilla (2007) señala que una conductividad eléctrica alta se debe a la presencia de sales solubles (cloruros y sulfatos de Na, Ca y Mg con cantidades menores de bicarbonatos, nitratos y boratos de K y, a veces de Li) pero un incremento de estas sales en el suelo, se hace más difícil para las raíces de las plantas absorber agua y por ende es un indicador de baja fertilidad del suelo. Entonces, la disminución de la conductividad eléctrica en nuestra muestra de suelo de la Yarada Los Palos es positiva, ya que, es un indicador que nuestro biofertilizante es capaz de mejorar la calidad de suelo disminuyendo los excedentes de sales solubles. En cuanto al pH luego de aplicar el tratamiento se observó que a mayor dosis el pH tendía a ser ácido, pero, al 20 % lograba mantenerse en 7,145. Velásquez (2020) en su tesis aplica una dosis al 5 % donde a la primera semana de tratamiento se logra tener un pH del suelo de 7,25, pero conforme pasa el tiempo de tratamiento, el pH del suelo se va acidificando, lo cual indica que una menor dosis mantendrá un pH neutro. Florez (2017) menciona que el pH óptimo de las plantas varía según el tipo de cultivo, pero generalmente oscila entre 6 y 7,5. Por otro lado, Soriano (2018) afirma que las plantas cultivadas presentan en general mejor desarrollo a valores cercanos a la neutralidad, ya que en estas condiciones los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles y en un equilibrio más adecuado. Por ello, que el pH del suelo de La Yarada - Los -Palos, al aplicar una dosis al 20 % logre mantenerse a uno neutro y no tan ácido, es ideal, indicando un mejor desarrollo de las plantas en ese suelo.

CONCLUSIONES

El análisis de los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica y temperatura) del biofertilizante elaborado a base de residuos de pescado mostró que el proceso de hidrólisis mantuvo condiciones óptimas para la fermentación láctica natural, con temperaturas entre 21°C y 22.9°C favoreciendo el desarrollo de bacterias ácido lácticas. El pH se mantuvo en niveles ácidos, permitiendo la continuidad de la fermentación, mientras que la conductividad eléctrica aumentó significativamente, indicando una elevada concentración de nutrientes.

Asimismo, el biofertilizante tuvo un efecto positivo respecto a la mejora de calidad del suelo en La Yarada - Los Palos, en especial el tratamiento 2 con la concentración más baja (20%), que tuvo menor efecto sobre el pH (no acidifico significativamente el suelo) y mayor efecto de reducción significativa de la conductividad del suelo alcanzando valores de 42.8 mS/cm. Esto sugiere que el uso de este biofertilizante supone una estrategia efectiva para la reducción de salinidad del suelo y aporte nutritivo a este. Estos resultados confirman que el biofertilizante obtenido posee un alto valor nutritivo, adecuado para mejorar la calidad del suelo y promover un crecimiento saludable de las plantas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Ghromann (UNJBG), por proporcionar el campo CEA III "Fundo Los Pichones" para la elaboración del biofertilizante; asimismo a la Escuela de Ingeniería Ambiental por facilitar el acceso al laboratorio, para realizar los análisis sobre los parámetros del suelo y del biofertilizante elaborado. También, al Dr. Tejada, docente de la Escuela de Agronomía, por la supervisión y guía durante el proceso de elaboración del biofertilizante. A las señoras comerciantes de los puestos de venta de pescado en el mercado La Agronómica, por colaborar con la recolección de los residuos de pescado para la elaboración del biofertilizante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afreen, M., & Ucak, I. (2020). Fish processing wastes used as feed ingredients for animal feed and aquaculture feed. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*.
<https://sifisheriessciences.com/index.php/journal/article/view/198>
- Bayona, A., & Jomira, L. (2022). *Biol a partir de residuos de pescado y de estiércol vacuno en la mejora del suelo para la producción de lechuga* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/140340>



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

Y. Manchaco Cerrón
ORCID: 0009-0000-7442-5843

F. Apaza Flores
ORCID: 0000-0002-2943-0544

N. Guillermo Jacobo
ORCID: 0009-0003-9818-1451

H. Florez Encinas
ORCID: 0009-0006-9884-4886

A. Maquera Pilco
ORCID: 0009-0006-7815-7093

<https://revista.scienceevolution.com/>



Bello, A., López-Pérez, J.A., Díez-Rojo, M.A., López-Cepero, J. & García-Álvarez, A. (2008). Principios ecológicos en la gestión de los agrosistemas. *Arbor, Ciencia, Pensamiento y Cultura* 729, 19-29.

Cabrera, O., Franco, A., Peña, J., & Vera, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *SciELO México*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015

Cardoza, A., Guerra, M., & Palomino, A. (2021). Uso de hidrolizados de pescado en la acuicultura: una revisión de algunos resultados beneficiosos en dietas acuícolas. *Revista de investigación científica Manglar*. Retrieved junio, 2024, from
<https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/246/371>

Carter, C. A., Zhong, F., & Zhu, J. (2012). Advances in Chinese Agriculture and its Global Implications. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 34(1), 1-36.
<https://doi.org/10.1093/aep/ppr047>

Chirito, C. (2024). *Aprovechamiento de fertilizante a base de residuos de pescado para obtener mayor rendimiento ecológico de lechuga (Lactuca sativa L.), en Barranca, 2023* [Tesis de maestría, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].

Coronel, F., N. (2019). Impacto ambiental y socioeconómico de las actividades acuícolas y pesqueras en la región Tacna. *ALICIA*, 6.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/R_EVUNJBG_7e754d57df7ec4e89195c20920230b10

Delgado Tamayo, E. J., Benavente Velásquez, G. E., & Cáceres Abarca, G. V. (2019). Elaboración de Fertilizante Orgánico a Partir de Visceras de Trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y Jurel (*Trachurus murphyi*), Cuantificación y Evaluación del Efecto de los Nutrientes Minerales. *Anales Científicos*, 80(2), 452-461.
<https://doi.org/10.21704/ac.v80i2.1471>

Dirección de Investigación, Desarrollo, Innovación y Transferencia Tecnológica - DIDITT. (2018). *Residuos de la pesca: Aprovechamiento y valor agregado*.
https://www.itp.gob.pe/archivos/vtic/PESCA_001-2018.pdf

Dumbrepatil, A., Adsul, M., Chaudhari, S., Khire, J., & Gokhale, D. (2007). Utilization of molasses sugar for lactic acid production by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii* mutant Uc-3 in batch fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(1), 333-335.
<https://doi.org/10.1128/aem.01595-07>

FAO (2010). *Visión general del sector pesquero nacional*.
[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/FC7C63421A9270EC05257B4400756498/\\$FILE/16_VISI%C3%93N_GENERAL_DEL_SECTOR_PESQUERO_NACIONAL_PERU.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/FC7C63421A9270EC05257B4400756498/$FILE/16_VISI%C3%93N_GENERAL_DEL_SECTOR_PESQUERO_NACIONAL_PERU.pdf)

Florez, J. M. A. (2017). Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/3271>

Flores, M., Roldán, D., & Juscamaita, J. (2020). Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

Ecología, 19(2), 121-128.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v19n2/1726-2216-ecol-19-02-121.pdf>

Fundación Chile. (2019). *Estudio de prefactibilidad técnico-económica en la obtención y extracción de componentes bioactivos provenientes de los desechos del proceso de jibia y ostión del norte, en la región de Coquimbo: Informe final*.
<https://fch.cl/wp-content/uploads/2021/04/estudio-perfil-prefactibilidad-proy-jibia-y-ostion.pdf>

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

Ha, M., Bekhit, A., Carne, A., & Hopkins, D. (2012). Characterization of commercial papain, actinidin, and zingibain protease preparations and their activities toward meat proteins. *Food Chemistry*, 134(1), 95-105.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.071>

INEI. (2023). *El sector Pesca aumentó 32,96% en enero de 2023*.
<https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/sector-pesca-aumento-3296-en-enero-2023-14275>

Leveau, J. Y., & Boiux, M. (2000). *Microbiología industrial: Los microorganismos de interés industrial* (pp. 167-187). Ediciones Acribia.

Olsen, R. L., Toppe, J., & Karunasagar, I. (2014). Challenges and realistic opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish. *Trends in Food Science & Technology*, 36(2), 144-151.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.01.007>



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

9 - 20

EFFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE PESCADO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA YARADA - LOS PALOS

Y. Manchaco Cerrón
ORCID: 0009-0000-7442-5843

F. Apaza Flores
ORCID: 0000-0002-2943-0544

N. Guillermo Jacobo
ORCID: 0009-0003-9818-1451

H. Florez Encinas
ORCID: 0009-0006-9884-4886

A. Maquera Pilco
ORCID: 0009-0006-7815-7093

<https://revista.scienceevolution.com/>



Padilla, W. (2007) *Fertilización de Suelos y Nutrición Vegetal. En Grupo Clínica Agrícola* (pp. 61, 148, 163, 207). Quito.

Palacin, J. (2017). Elaboración del fertilizante orgánico líquido a partir de residuos de pescado para la producción del *Raphanus Sativus* – S.J.L. 2017

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24610/Palacin_VJ.pdf?sequence=1&visAllowed=y

Pérez, J. A. (2007). Las variables en el método científico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73(3), 1.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000300007

Saldaña, V., Vega, T. & Vigo, G. (2018) *Efecto del fertilizante elaborado con vísceras de pescado en la fertilidad del suelo y crecimiento del Capsicum pubescens* [Tesis de bachiller, Universidad Cesar Vallejo de Perú]

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/32029>

Salgado-García, S., Núñez-Escobar, R., Peña-Cabriales, J. J., Etchevers-Barra, J. D., Palma-López, D. J., & Soto-Hernández, R. M. (2010). Respuesta a la soca de caña de azúcar a la fertilización N, PK. *El Alenco*.

<https://www.redalyc.org/pdf/302/30234603.pdf>

Santana, M., & Turpo, G. (2021). *Remediación de suelos salinos con Vermicompost elaborado a partir de residuos industriales del olivo en un fundo del distrito de La Yarada - Los Palos, Tacna, 2021*.

<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2105?show=full>

Silva, J. F. X., Ribeiro, K., Silva, J. F., Cahú, T. B., & Bezerra, R. S. (2014). Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. *Animal Feed Science and Technology*, 196, 96-106.

Soriano, M. (2018) *pH del suelo* [Archivo PDF]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102382/Soriano%20-%20pHdel%20suelo.pdf>

Sullivan, G., & Calkins, C. (2010). Application of exogenous enzymes to beef muscle of high and low-connective tissue. *Meat Science*, 85 (4), 730 – 734.

<http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.033>

Terry, V., Adrian, E., & Candela, J. (2019). *Hidrolizado de pescado* [PPT]. Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/hidrolizado-de-pescado/129296361#22>

Velásquez, R. (2020) *Hidrolizado de residuos de pescado y matriz de tejido óseo aviar en el tratamiento de suelos salinos. Lima 2020* [Tesis de bachiller, Universidad Cesar Vallejo de Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61178>

Villamil, O., Váquiro, H., & Solanilla, J. F. (2016). Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. *Food Chemistry*, 224, 160-171.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.057>

Wang, Y., Zhu, Y., Zhang, S., & Wang, Y. (2018) What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers?. *Journal of Cleaner Production*, 199, 882-890. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.222>

Móznér, Z., Tabi, A., & Csutora, M. (2012). Modifying the yield factor based on more efficient use of fertilizer—The environmental impacts of intensive and extensive agricultural practices. *Ecological Indicators*, 16, 58-66. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.034>

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.01.007>