

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**“INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES
PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES A
PARTIR DE RESIDUOS HIDROBIOLÓGICOS
GENERADOS POR LAS PLANTAS
PESQUERAS DE TACNA, 2018”**

TESIS

PRESENTADA POR:

IVETTE ELISA ISIQUE HUAROMA

Para obtener el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

"INFLUENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE RESIDUOS HIDROBIOLÓGICOS GENERADOS POR LAS PLANTAS PESQUERAS DE TACNA, 2018"

Tesis sustentada y aprobada el 15 de febrero del 2021; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :

Dr. Freddy Walter Delgado Cabrera

SECRETARIO :

Dr. Pablo Juan Franco León

MIEMBRO :

Dr. Luis Antonio Espinoza Ramos

ASESOR :

Dr. Luis Antonio Espinoza Ramos

DEDICATORIA

A mis padres Julio César Isique Calderón y
Paulina Isabel Huaroma Pampa, por ser los
pilares fundamentales en todo lo que soy, en toda
mi educación, tanto académica, como de la vida,
por su incondicional apoyo perfectamente
mantenido a través del tiempo, con la bendición
de nuestro Señor Padre Todo Poderoso
Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo dicha y felicidad.

Al Dr. Luis Antonio Espinoza Ramos, por su asesoría y colaboración incondicional en la realización y culminación del presente trabajo.

Al Dr. Julio César Isique Calderón, co-asesor del presente por su apoyo en el proyecto, afinamiento de los resultados y discusión de los mismos.

Al Ing. Marco Huacollo Torres, por su apoyo moral y asesoría en la culminación del presente trabajo.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal de la planta de pesquería de UNJBG, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento.

De igual manera un agradecimiento especial a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Tacna, al Vicerrectorado de Investigación por su apoyo financiero con fondos del canon minero, quienes hicieron posible la realización del presente trabajo de investigación.

Gracias a mis padres, hermanos e hijos; porque son el apoyo incondicional ante cualquier proyecto y apoyarme sin condiciones. Gracias por facilitarme las cosas para alcanzar el éxito.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1. Antecedentes del problema.....	3
1.1.2. Problemática de la Investigación	4
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos	6
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES	7
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.5.1. Objetivo general.....	7
1.5.2. Objetivos específicos.....	7
1.6. HIPÓTESIS	8
1.6.1. Hipótesis general.....	8
1.6.2. Hipótesis específicas	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	9

2.2. BASES TEÓRICAS.....	11
2.2.1 Generación de residuos de la industria pesquera	11
2.2.2 Procesos productivos de recursos hidrobiológicos en Tacna	12
2.2.3 Marco legal para la gestión de los residuos pesqueros.....	14
2.2.4 Microorganismos eficientes.....	15
2.2.5 Importancia de los microorganismos eficientes.....	16
2.2.6 Microorganismos eficientes presentes del EM-1®.....	17
2.2.7 Activación de los microorganismos eficientes EM-1®.	18
2.2.8 Biofertilizante	19
2.2.9 Aplicaciones y beneficios de los biofertilizantes.....	19
2.2.10 Melaza	21
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	21
2.3.1 Residuos sólidos.....	21
2.3.2 Residuos de recursos hidrobiológicos	21
2.3.3 Microorganismos eficientes.....	22
2.3.4 Biofertilizantes.....	22
2.3.5 Manejo integral de residuos sólidos.....	22
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	23
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	24
3.2.1 Población	24
3.2.2 Muestra.....	24
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	24
3.3.1. Identificación de variables.....	24
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	25
3.4.1 Elaboración del biofertilizante.....	25

3.4.2	Procesamiento y análisis de datos.....	28
3.4.3	Evaluación del biofertilizante	28
CAPÍTULO IV:	MARCO FILOSÓFICO	30
CAPÍTULO V:	RESULTADOS	31
5.1.	CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE POTA	31
5.2.	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL BIOFERTILIZANTE	33
5.3.	CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL BIOFERTILIZANTE	48
CAPÍTULO VI:	DISCUSIÓN.....	63
6.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE POTA.....	63
6.2.	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL BIOFERTILIZANTE	63
6.3.	CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL BIOFERTILIZANTE	66
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Establecimientos industriales pesqueros en Tacna	5
Tabla 2	Producción y residuo orgánico generado por las plantas pesqueras año 2015 y 2016 Tacna.....	13
Tabla 3	Materiales y porcentajes necesarios para la activación de EM-1® al 5 %...18	
Tabla 4	Tipos de fertilizantes orgánicos.	20
Tabla 5	Operacionalización de variables	25
Tabla 6	Aplicaciones de EM-1® en % y contenido de melaza.....	27
Tabla 7	Composición física de la pota entera	31
Tabla 8	Análisis proximal de los residuos de pota	32
Tabla 9	Análisis fisicoquímico de los residuos de pota.....	32
Tabla 10	Análisis de varianza de pH en biofertilizante	33
Tabla 11	Prueba de comparación múltiple de Duncan de evaluación de pH en biol....	34
Tabla 12	Análisis de varianza de la conductividad eléctrica del biofertilizante	35
Tabla 13	Prueba de comparación múltiple de Duncan de evaluación de conductividad eléctrica en biofertilizante.....	36
Tabla 14	Análisis de varianza de concentración nitrógeno (%) en biofertilizante.....	37
Tabla 15	Prueba de comparación múltiple de Duncan de concentración de nitrógeno (%) en biofertilizante.....	38
Tabla 16	Análisis de varianza del fósforo disponible (ppm) en biofertilizante	39
Tabla 17	Prueba de comparación múltiple de Duncan de fósforo disponible (ppm) en biofertilizante	40
Tabla 18	Análisis de varianza de potasio disponible (ppm) en biofertilizante	41
Tabla 19	Prueba de comparación múltiple de Duncan de potasio disponible (ppm) en biofertilizante	42
Tabla 20	Análisis de varianza de materia orgánica (%) en biofertilizante	43

Tabla 21	Prueba de comparación múltiple de Duncan de materia orgánica (%) en biofertilizante	44
Tabla 22	Análisis de varianza de materia seca (%) en biofertilizante	45
Tabla 23	Prueba de comparación múltiple de Duncan de materia seca (%) en biol ...	46
Tabla 24	Análisis de varianza de relación C/N en biofertilizante	47
Tabla 25	Prueba de comparación múltiple de Duncan de Relación C/N en biofertilizante.	47
Tabla 26	Análisis de varianza de bacterias totales (UFC/ml) en biofertilizante	48
Tabla 27	Prueba de comparación múltiple de Duncan de bacterias totales (UFC/ml) en biofertilizante	49
Tabla 28	Análisis de varianza de actinomicetos (UFC/ml) en biofertilizante	50
Tabla 29	Prueba de comparación múltiple de Duncan de actinomicetos (UFC/ml) en biofertilizante	51
Tabla 30	Análisis de varianza de mohos (UFC/ml) en biofertilizante	52
Tabla 31	Prueba de comparación múltiple de Duncan de mohos (UFC/ml) en biol...	52
Tabla 32	Análisis de varianza de levaduras (UFC/ml) en biofertilizante	53
Tabla 33	Prueba de comparación múltiple de Duncan de levaduras (UFC/ml) en biol.....	54
Tabla 34	Análisis de varianza de fijadores de nitrógeno de vida libre (UFC/ml) en biofertilizante	55
Tabla 35	Prueba de comparación múltiple de Duncan de fijadores de nitrógeno de vida libre (UFC/ml) en biofertilizante	56
Tabla 36	Análisis de varianza de fosfatosolubilizadores (UFC/ml) en biofertilizante	57
Tabla 37	Prueba de comparación múltiple de Duncan de fosfatosolubilizadores (UFC/ml) en biofertilizante	58
Tabla 38	Análisis de varianza de lactobacilos (UFC/ml) en biofertilizante	59

Tabla 39	Prueba de comparación múltiple de Duncan de lactobacilos (UFC/ml) en biofertilizante	59
Tabla 40	Rendimiento del biofertilizante	61
Tabla 41	Relación del mejor tratamiento biofertilizante y residuos de pota	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Comportamiento de la materia prima y residuos generados por las 4 empresas pesqueras en los años 2015 y 2016.	13
Figura 2	Diagrama de flujo para la elaboración del biofertilizante.	28
Figura 3	Resultado de la evaluación de pH en biofertilizante.....	35
Figura 4	Resultado de la evaluación de conductividad eléctrica en biofertilizante	37
Figura 5	Resultado de la evaluación de concentración de N (%) en biofertilizante ...	39
Figura 6	Resultado de la evaluación de Fósforo disponible (ppm) en biofertilizante	41
Figura 7	Resultado de la evaluación de potasio disponible (ppm) en biofertilizante.	43
Figura 8	Resultado de la evaluación de materia orgánica (%) en biofertilizante.	45
Figura 9	Resultado de la evaluación de materia seca (%) en biofertilizante.....	46
Figura 10	Resultado de la evaluación de relación C/N en biofertilizante.....	48
Figura 11	Resultado de la evaluación de bacterias totales (UFC/ml) en biol.	50
Figura 12	Resultado de la evaluación de actinomicetos (UFC/ml) en biofertilizante. .	51
Figura 13	Resultado de la evaluación de mohos (UFC/ml) en biofertilizante.	53
Figura 14	Resultado de la evaluación de levaduras (UFC/ml) en biofertilizante.....	55
Figura 15	Evaluación de fijadores de N de vida libre (UFC/ml) en biofertilizante.	57
Figura 16	Resultado de la evaluación de fosfatosolubilizadores (UFC/ml) en biofertilizante.	58
Figura 17	Resultado de la evaluación de Lactobacilos (UFC/ml) en biofertilizante....	60
Figura 18	Generación de residuos hidrobiológico – pota	81
Figura 19	Activación de microorganismos EM-1	81
Figura 20	Acondicionamiento para la elaboración del biofertilizante.....	81
Figura 21	Molienda de residuos de pota	82
Figura 22	Homogenización y monitoreo de los tratamientos.....	82

Figura 23	Medición de parámetros de biofertilizantes.....	82
------------------	-------------------------------------------------	----

RESUMEN

Esta investigación postula como hipótesis general que empleando residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna es posible la obtención de biofertilizante, utilizando microorganismos eficientes. Su relación es directamente proporcional a la presencia de residuos pesqueros, para ello se plantearon los tratamientos T1= 5% EM-1 (microorganismos eficientes) y 2,5% melaza; T2=5% EM-1 y 5% melaza; T3= 10% EM-1 y 5% melaza; T4=10% EM-1 y 10% melaza; T5=15% EM-1 y 10% melaza; T6= 15% EM-1 y 15% melaza. El análisis proximal a partir de residuos de pota dio: 82,02 % humedad, proteínas 14,69%, pH 7,58 y sodio 3439 ppm. La caracterización del biofertilizante produjo para T6 un valor de pH 4,35 ocupando la primera ubicación; para T1 se obtuvo un 0,66 % de nitrógeno, T6 366,33 ppm de fósforo disponible, T4 2048,33 ppm de potasio disponible, en T6 se obtuvo 2,60 % de materia orgánica y relación C/N 8,20. Existe una relación directa entre residuos hidrobiológicos y biofertilizante, a mayor concentración de EM-1 y melaza en T6 (15% EM-1 y 15% de melaza), con relación a los residuos de pota (*Dosidicus gigas*) se obtiene una diferencia de pH con alcalinidad ligera (7,58) y mediante la acción de los EM-1 se obtiene acidez fuerte (4,34). Hubo un incremento favorable de fósforo de los residuos de pota de 199 ppm a 366,33 ppm en el tratamiento 6 (15% EM-1 y 15% de melaza).

En el mismo tratamiento también se obtuvo mayor concentración de potasio disponible de 1881 ppm (residuos de pota) con la acción de los EM-1 a 2048,00ppm. En T3 (10 % EM-1 +5 % melaza) se obtuvo una reducción de la conductividad eléctrica de 29,14 mS/cm a 27,42 mS/cm extremadamente salino.

Se logró un incremento de la relación C/N de 1,119 de residuos de pota (*Dosidicus gigas*) a 8,2 con acción de los EM-1, incremento de materia orgánica de 0,826% a 2,6 %, así mismo de materia seca de 0,62 % de residuos de pota a 8,08 % por acción de EM-1.

Palabras clave: Microorganismos eficientes (EM), residuos hidrobiológicos, pota, biofertilizante, melaza.

ABSTRACT

This research work It has as a general hypothesis that using hydrobiological waste generated by the Tacna fishing plants is possible obtaining biofertilizer, using efficient microorganisms. Whose ratio is directly proportional to the presence of fishery residues, for this purpose the treatments T1 = 5% of MS (efficient microorganisms) and 2.5% Molasses; T2 = 5% MS and 5% Molasses; T3 = 10% MS and 5% Molasses; T4 = 10% MS and 10% Molasses; T5 = 15% MS and 10% Molasses; T6 = 15% of MS and 15% of Molasses. Obtaining the following results. 82.02% of moisture, protein with 14.69%, pH of 7.58 and sodium 3439 ppm were obtained from the residue. In the characterization of the biofertilizer it was obtained that the treatment 6 with a value of 4.35 of pH occupies the first location, it was also obtained in the T1 with 0.66% nitrogen, the T6 with 366.33 ppm of available phosphorus, the T4 treatment with 2048.33 ppm of available potassium, T6 obtained 2.60% organic matter and C / N ratio of 8.20; There is a direct relationship between hydrobiological and biofertilizer residues The higher the concentration of EMAS and molasses in treatment 6 (15% EMAS and 15% molasses), in relation to the remains of pota (*Dosidicus gigas*) an alkalinity pH difference is obtained light (7.58) and with the action of EMAS strong acidity is obtained (4.34). There is a favorable increase in phosphorus from the remains of 199 ppm to 366.33 ppm in treatment 6 (15% EMAS and 15% molasses).

In the same treatment, a higher concentration of available potassium of 1881 ppm (pot remains) is also obtained with the action of EMAS at 2048.00ppm.

In the T-3 (10 MS + 5 Molasses) a reduction in the EC is obtained from 29.14 mS / cm to 27.42 mS / cm extremely saline.

There was an increase in the C / N ratio of 1,119 pota remains (*Dosidicus gigas*) to 8.2 is obtained with the action of EMAS, an increase in organic matter from 0.826% to 2.6% and an increase in dry matter of 0.62% of pota remains at 8.08% per share of EMAS.

Keywords: Efficient microorganisms (MS), hydrobiological waste, biofertilizer, squid, molasses.

INTRODUCCIÓN

La industria pesquera de transformación, en sus diversas formas, congelado, conservas u otros genera una gran cantidad de residuos conformados por vísceras, piel, cola, cabeza, espinazos, entre otros, así mismo como descartes procedentes de los desembarcaderos pesqueros artesanales y gran parte de ellos son desechados sin aprovechamiento alguno. FAO (2014). Algunas veces, cuando no son adecuadamente eliminados dan lugar a problemas de contaminación ambiental, trayendo problemas colaterales de salud. Esto además ocasiona la contaminación de los medios receptores como el agua, suelo y el aire con gases del efecto invernadero (CH₄ y CO₂).

La generación de subproductos de pescado se caracteriza por tener un valor comercial bajo o inexistente, por lo que son descartados al no haber tecnologías de reaprovechamiento y ocasionando problemas ambientales. Por ejemplo, Valdez Rojas & Vargas Rivera, (2015) señalan que, en la Piscifactoría, ubicada en Cajamarca, se procesa normalmente de 2 a 3 veces por semana una cantidad de 450 kg trucha/día, donde los subproductos generados principalmente son vísceras. Estos subproductos generalmente son desechados sin aprovechamiento alguno. Gutiérrez Buitron & Fernández Armas, (2002) indican que el proceso de congelado y tratamiento primario de trucha fresca generan residuos sólidos que afectan al medio ambiente, debido a que son dispuestos en excavaciones en el suelo, que imitan a un relleno sanitario, pasando a ser un foco de proliferación de vectores plagas, además de arrastre de carga hacia las aguas subterráneas y/o cuerpos hídricos cercanos ocasionadas en zonas de altas precipitaciones. Algunos subproductos de pescado son reutilizados para producción de harina de pescado. Sin embargo, este proceso es costoso y el valor requerido para el secado ocasiona que el producto disminuya su digestibilidad (Yamamoto et al., 2005, citado por Kim et al., 2010).

En la actualidad existen diversas formas de aprovechar los residuos sólidos orgánicos, como la producción de biogás metano, compost, humus, otros. Una opción importante de aprovechamiento de residuos pesqueros es la fermentación biológica, la cual se caracteriza por su bajo costo. Los residuos orgánicos contienen componentes que

son capaces de promover el crecimiento de las plantas (Day y Katterman, 1992, citados por Kim et al., 2010).

En el año 2014 Proexpansión señaló que el abono orgánico (agrupa los abonos y fertilizantes orgánicos) es un producto importante ya que es uno de los que hace posible la existencia del sistema de productos orgánicos.

En la ciudad de Tacna, específicamente en la zona industrial, se encuentran ubicadas 8 empresas pesqueras que se dedican al rubro del procesamiento de recursos hidrobiológicos. En verano, por la mayor extracción de estos recursos se constituyen más de 14 empresas que se dedican a procesar congelado y conservas. Aunque existen personas que se dedican al recojo de estos residuos sólidos orgánicos, no es suficiente. Las empresas en gran parte eliminan los residuos al botadero municipal, debido a que principalmente no existen proyectos de manejo de residuos sólidos orgánicos (Delgado Cabrera, 2018).

El trabajo de investigación tuvo como objetivos: la elaboración de un biofertilizante utilizando residuos hidrobiológicos, dada la temporada de pesca se trabajó solo con residuos de pota procedentes de las plantas pesqueras de Tacna, con la aplicación de microorganismos eficientes (EM); determinar un flujo de procesamiento y parámetros de trabajo para su elaboración; caracterizar físico químico, microbiológicamente, el producto obtenido principalmente el contenido de macro y microelementos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Antecedentes del problema

Al transcurrir los años los residuos sólidos se han convertido en un grave problema, no solo para la sociedad, sino también para el medio ambiente. Los niveles de generación de los residuos son tales que han sobrepasado la tasa de amortiguamiento natural y equilibrio; que por sí posee el medio ambiente, causando una contaminación global y a su vez generando una cadena de problemas. (FAO, 2014).

En nuestra opinión: El Perú, actualmente carece de una buena gestión de residuos y se refleja en la gran cantidad de botaderos informales en las diferentes regiones y en los cúmulos de desechos en medio de las ciudades provocando la atracción de vectores (roedores, insectos, moscas, buitres, etc.) y diversas enfermedades gastrointestinales, micóticas y respiratorias. Además, sin dejar de lado el efecto que trae consigo la mala disposición: contaminación del suelo y agua por lixiviados, emisión de gases de efecto invernadero, contaminación visual, entre otros.

Según el “Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales”, en el año 2013 el 47,02% son residuos orgánicos, los cuales se pueden aprovechar; sin embargo, ¿por qué no se aprovecha? Es quizá por falta de interés, la falta de educación ambiental o principalmente por la mala gestión.

Los residuos municipales y agroindustriales, en la actualidad constituyen uno de los problemas del planeta tierra de mayor preocupación para los seres humanos, pues se acumulan en botaderos y/o rellenos sanitarios.

La explosión demográfica ha incrementado los residuos sólidos en el planeta, el manejo inadecuado de dichos residuos sigue generando contaminación de aguas, suelos, aire, la afección a la diversidad biológica de animales y plantas que en muchas ocasiones

acumulan metales pesados y el hombre los consume está poniendo en riesgo la salud de las personas disminuyendo su calidad de vida. (Machaca, 2017).

El manejo y disposición final de los residuos en Tacna se ha convertido en un verdadero problema, solo se conducen al botadero municipal tanto residuo orgánico e inorgánico, lugar donde escasamente se recupera algún porcentaje de plásticos y fierros.

1.1.2. Problemática de la Investigación

Uno de los problemas más grandes que enfrenta nuestra industria pesquera y acuícola es el inadecuado manejo de los residuos orgánicos, que están conformados por vísceras, piel, cola, cabeza, espinazos, entre otros, así como descartes procedentes de las plantas pesqueras. Estos residuos son considerados subproductos de la pesca y de sus procesos de transformación; y gran parte de ellos son desechados sin aprovechamiento alguno, estima que, a escala mundial, se elaboran 70 millones de toneladas de pescado por fileteado, congelado, enlatado o curado. Estos procesos generan subproductos y desechos. Por ejemplo, en la industria del fileteado de pescado el producto obtenido suele suponer entre un 30 a 50 %.

En la industria de procesamiento de productos pesqueros, y considerando que en la ciudad de Tacna existen más de 8 empresas pesqueras que se dedican al rubro de congelados y conservas para exportación, los cuales constituyen hasta un 30% de residuos sólidos orgánicos generados en el procesamiento de recursos hidrobiológicos.

Los residuos sólidos orgánicos aumentan a medida que se incrementa la producción y el número de plantas industriales que se dedican a este rubro.

En la tabla 1, se presenta las empresas procesadoras de recursos hidrobiológicos autorizadas por DIREPRO-TACNA, (2016).

Tabla 1 *Establecimientos industriales pesqueros en Tacna*

N°	EMPRESAS	DERECHO OTOGADO	NORMA LEGAL	ACTIVIDAD
1	PROD. PERLA DEL PACIFICO	Lic. Operación	RM. N° 267-94-PE	CONSERVA
2	FRIÓ DEL SUR S.A.	Lic. Operación	RM. N° 524-96-PE	CONGELADO
3	CONS. INDUS. PACIFICO	Lic. Operación	RM N° 096-2003- PE	CONGELADO
4	ALIMENTOS JURADO S.A.	Lic. Operación	RM. N° 005-2000- PE	CONSER/CONG.
5	ATLANTICO FISH S.R.L.	Lic. Operación	RM. N° 107-2003- PE	CONSER/CONG
6	PROCONSUR	Lic. Operación	RM. N° 129-2000-PE	CONGELADO
7	PROPESUR S.A.	Lic. Operación	RM. N° 374-97-PE	CONGELADO
8	CONGELADOS MARINOS TACNA S.A.C.	Lic. Operación	RM. N° 475-2009- PE	CONGELADO

Fuente: DIREPRO-TACNA, (2016).

Sin embargo, las empresas de congelado que procesan pota (*Dosidicus gigas*) y perico (*Coryphaena hyppurus*), eliminan residuos sólidos orgánicos que pueden ser utilizados para la elaboración de subproductos de la pesca. (Delgado, 2018).

A partir de los problemas planteados anteriormente, se puede indicar que el sistema de manejo de residuos hidrobiológicos en la ciudad de Tacna es deficiente, y por ello se requiere de estudios de investigación, con alternativas de solución y de políticas ambientales para el manejo adecuado. El presente estudio pretende trazar una línea de base sobre la situación del biofertilizante a base de residuos hidrobiológicos con la aplicación de microorganismos eficientes (EM) sobre la cual puedan generarse alternativas para mejorar aquellos aspectos que no han dado resultado o generar nuevas propuestas metodológicas de acción en cuanto a su aprovechamiento y valorización.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general.

Se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible elaborar biofertilizantes a partir de residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna, utilizando microorganismos eficientes?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo será la caracterización física, química y microbiológica de los residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna?
- b) ¿Qué característica tendrán los biofertilizantes a obtener a partir de los residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna?
- c) ¿Qué relación hay entre biofertilizantes utilizados para la agricultura y residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la presente investigación se justifica bajo los siguientes criterios:

Conveniencia ya que la presente investigación está relacionada con la gestión ambiental; buscando la utilización de residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna y la consecuente producción de biofertilizantes utilizados para la agricultura; siendo necesario encontrar soluciones de producción adecuadas. Las nuevas tecnologías deben estar orientadas a mantener la sostenibilidad del sistema mediante la explotación racional de los recursos naturales y aplicación de medidas adecuadas para preservar el ambiente.

El valor teórico de la investigación se sustentará en la indagación, recopilación, sistematización y organización de la información correspondiente a la producción de biofertilizantes, empleando un sustrato poco común en la producción de aquel; con lo cual se pretende llenar un vacío en conocimiento respecto a la teoría de producción de biofertilizantes, como resultado de la presente investigación, empleando residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna.

Su utilidad metodológica se fundamenta en que la investigación contribuirá a la búsqueda de un método de producción y optimización de biofertilizantes a partir de un sustrato de origen pesquero, el mismo que es desechado normalmente como residuo hidrobiológico generado por las plantas pesqueras de Tacna.

Con respecto a la implicancia social, los beneficiados serán la población de la ciudad de Tacna, en primer lugar, porque de los resultados esperados se espera disminuir la contaminación ambiental por la producción de residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna. En segundo lugar, se espera darle un valor agregado a los residuos mencionados que conlleva al uso agrícola en la aplicación de biofertilizantes.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

La disponibilidad de facilidades para el acopio de los residuos hidrobiológicos a obtener de las plantas pesqueras. Disponibilidad de los residuos hidrobiológicos, según temporada de su aprovechamiento.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

- Obtener una formulación óptima del proceso de biofertilizantes a partir de los residuos hidrobiológicos utilizando microorganismos eficientes para la utilización en la agricultura.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las características de los residuos hidrobiológicos a emplear, física, química y microbiológicamente.
- Determinar las características del biofertilizante a obtener a partir de los residuos hidrobiológicos.
- Relacionar la producción de biofertilizante y residuos hidrobiológicos.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis general.

- Empleando residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna es posible la obtención de biofertilizantes, utilizando microorganismos eficientes, cuya relación es directamente proporcional a la presencia de residuos pesqueros.

1.6.2. Hipótesis específicas

- Los residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna son caracterizados física, química y microbiológicamente, encontrándose que ricos son sustratos para la producción de biofertilizantes.
- Los biofertilizantes obtenidos de los residuos sólidos hidrobiológicos tendrán un buen nivel de proteínas y sustancias fermentables, así como minerales aptos para la utilización en la agricultura.
- Existe una relación directa entre la cantidad de residuos hidrobiológicos generados por las plantas pesqueras de Tacna y la producción de biofertilizantes utilizables para la agricultura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En el 2017 se realizó un trabajo de investigación “Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas”, el objetivo de esta investigación fue caracterizar el proceso de elaboración de biol y evaluar la variación de las propiedades físicas (temperatura, color y olor), químicas (pH, CE y, macro y micro nutrientes) y microbiológicas (población de bacterias, hongos y actinomicetos), durante el proceso de digestión anaerobia. Con 4 formulaciones de biol elaborados en 121 días. Los resultados de los parámetros físicos mostraron: (1) temperaturas de biol superiores a la temperatura ambiental, (2) color final de los bioles similar para tres tratamientos (pardo olivo) y, (3) olor predominantemente normal y agradable. Los parámetros químicos mostraron: (1) una fase de acidificación al inicio del proceso migrando hacia la neutralidad con similar tendencia para todos los tratamientos, (2) incremento gradual de la CE en todos los tratamientos, (3) contenido de macro y micronutrientes con variación significativa; nitrógeno, potasio, calcio y boro presentaron curvas de variación con similar tendencia. Los parámetros microbiológicos mostraron una disímil variación poblacional de bacterias, hongos y actinomicetos mesófilos entre los tratamientos. (Montoya,2017).

En el 2017 se realizó en Lima, una investigación denominada “Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*)”, con el objetivo de elaborar un biofertilizante líquido utilizando subproductos de trucha y caracterizar el producto obtenido física y químicamente. El contenido de nitrógeno, fósforo y potasio fue de 12057 mg/L, 953 mg/L, 4230 mg/L respectivamente Mientras el contenido total de aminoácidos y proteína fue de 3,8 g/100 g y 6,2 g/100 g respectivamente. El biofertilizante no contuvo coliformes totales, coliformes fecales, E. coli, Pseudomonas sp., Staphylococcus aureus y Salmonella sp. Luego se realizó una prueba de toxicidad en semillas de lechuga y se determinó el índice

de germinación evaluando las concentraciones de biofertilizante: 100 %, 10 %, 1 %, 0,1 %, 0,01 % y 0,001 %. Las concentraciones de 0,1 a 0,001 % estuvieron libres de sustancias tóxicas. (Flores,2017).

Peña, N. (2008), cita en su investigación titulada “Utilización de residuos de papa (*Dioscorea* *gigas*), para la obtención de un fertilizante orgánico líquido”, cuyo objetivo general fue: obtener un flujo de procesamiento para elaborar un fertilizante orgánico líquido utilizando los residuos de papa. Se experimentaron nueve tratamientos con tres repeticiones cada uno, con la aplicación de microorganismos probióticos (B-lac) y melaza de azúcar a diferentes proporciones 5,10,15 %, incubados a 40°C por cuatro días, finalmente se obtuvo 12.55 litros de biofertilizante, con un pH de 4,3 y un contenido nutricional de nitrógeno 16800 ppm, potasio 8160, fósforo (1.2%) y materia orgánica 186,28 mg/L.

En el 2004 se realizó un trabajo de investigación Tulcán- Ecuador, titulado “Elaboración de abono orgánico líquido fermentado biológico, a partir de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), de los criaderos piscícolas de la parroquia de Tufiño” experimento seis tratamientos además del testigo con tres repeticiones cada uno, con diseño de bloques completos al azar (D.B.C.A), donde el factor A representó el porcentaje de vísceras de trucha arco iris, con tres niveles y el factor B fue el tipo de microorganismo, con dos niveles; obedeciendo a un arreglo factorial A*B+ 1.

El tratamiento T2 que se elaboró utilizando 30% de vísceras de trucha arco iris, con un 55,71% de agua y microorganismos eficientes del bosque de los Arrayanes fue identificado como el mejor, en cuanto a la calidad nutricional con un contenido de 0,28% de N; 1,8% de K; 0,017% de P; de 1,6% para el Ca; 0,021% de S; 4308 ppm para Mg; 331 ppm de Fe; 123 ppm de Mn; 2,23 ppm de Cu; 4,56 ppm de Zn y 1,48 ppm de B.

Finalmente, el pH de 6,7; conductividad eléctrica de 11,04 mS/cm, rendimiento de la parte líquida (biol) de 89,74 %. (Jiménez J., 2012).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Generación de residuos de la industria pesquera

El procesamiento de pescado requiere la remoción de huesos, piel, cabeza y víscera (subproductos), que representa aproximadamente el 60 a 70 g/100 g del peso del pescado (Bozoglu et al., 2009, citado por Albuzio et al., 2011). El fileteado comercial de especies como bacalao, salmón, tilapia, besugo y abadejo tienen rendimientos aproximadamente de 60 a 70 % de subproductos y de 30 % a 40 % de filetes del peso de un pescado entero (Torres et al., 2007, citado por Chen et al., 2007).

Martínez (2003) menciona que para especies salmónidas las pérdidas en peso corresponden al 28 % para los productos congelados, para conserva en trozo (incluye esqueleto y piel) a 38 % y para la conserva de pescado desmenuzado un 60 %. Estas pérdidas porcentuales, no son otra cosa que los residuos primarios generados en estas líneas productivas; los cuales están constituidos de un 60 % por residuos sólidos y el 40% restante son transportados por aguas residuales.

Para la elaboración de una tonelada de pescado como producto congelado, la carga residual de sólidos totales evacuada corresponde a 135,2 kg/ton de materia prima, mientras que la pérdida real de materia prima (carga neta) de este proceso productivo a través del efluente residual es de 80,17 kg/ton de materia prima. Por lo tanto, en el procesamiento de una tonelada de pescado (materia prima inicial) para la obtención de fresco-refrigerado o congelado se tiene una pérdida total del 27,86 %, en donde el 17 % es residuo sólido y el 10,86 % restante corresponde a material evacuado en las aguas residuales. Mientras que, en la elaboración de conservas, el pescado descamado es seleccionado de acuerdo a la calidad (consistencia de la carne), ya sea para elaborar conservas de pescado en trozo o pescado desmenuzado. En esta selección, los de mejor calidad (82,5 %) siguen directamente a trozado y el de menor consistencia (17,5 %) a cocción para ser posteriormente desmenuzado (Martínez, 2003).

La composición física del calamar gigante, está constituida por un 49,3% cuerpo, un 13,4% aletas, 21,4% y un 15,4% vísceras (IMARPE,1996), la parte utilizada para consumo humano es 84,1% conformada por cuerpo, aletas y tentáculos, de los cuales

aproximadamente un 5 % de estos se elimina en la limpieza de las mismas, por ejemplo, la piel, parte de la pulpa, entre otros, por deducción la parte no apta para consumo humano considerada como residuos de pota se encuentran alrededor de 21 %.

2.2.2 Procesos productivos de recursos hidrobiológicos en Tacna

En la tabla 2 y figura 1, se observa la cantidad de materia prima total que han trabajado las empresas pesqueras durante los años 2015 y 2016, de igual manera la cantidad de residuos sólidos orgánicos disponibles que pueden ser aprovechados en la elaboración de productos para consumo humano directo y también abonos orgánicos, se observa que en relación del año 2015 al 2016 ha tenido un incremento considerable en su producción, originando mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos. La empresa que más ha procesado pota (*Dosidicus gigas*), en el año 2016 fue Consorcio Industrial el Pacífico S.A.C (COIPSAC) con una producción anual de 1 386,51 toneladas, dejando como residuo con posibilidades de darle un valor agregado de 277,30 toneladas, seguido de la Empresa Frio del Sur S.A. (FRISUR S.A.) con 1 249,83 toneladas de materia prima dejando como materia disponible 249,97 toneladas.

Sin embargo, la empresa que más ha procesado perico (*Coryphaena hippurus*) en el año 2016 fue la empresa Productos Pesqueros del Sur PROPELUR S.A. con 848,50 toneladas dejando como residuo con posibilidades de darle un valor agregado de 38,23 toneladas, seguido de la Empresa Frio del Sur S.A. (FRISUR S.A.) con 419,39 toneladas de materia prima dejando como materia disponible 18,87 toneladas.

Y la producción anual que han realizado las cuatro empresas pesqueras dedicadas al rublo de congelado de pota y perico en diferentes presentaciones tanto para el mercado nacional e internacional fue de 4 015,37 toneladas para el año 2016 con 803,08 toneladas de residuos orgánicos de pota y de 1630,35 toneladas de perico obteniendo 73,36 toneladas de pulpa de perico para su aprovechamiento. (Delgado 2018).

Tabla 2 Producción y residuo orgánico generado por las plantas pesqueras año 2015 y 2016-Tacna

PESQUERAS	PRODUCCION DE POTA (<i>Dosidicus gigas</i>) (Toneladas)				PRODUCCION DE PERICO (<i>Coryphaena hippurus</i>) (Toneladas)			
	Año 2015		Año 2016		Año 2015		Año 2016	
	Materia prima	Residuo orgánico	Materia prima	Residuo orgánico	Materia prima	Residuo orgánico	Materia prima	Residuo orgánico
CONGELADOS MARINOS TACNA S.A.C.	800,30	160,06	407,64	81,53	52,40	2,36	133,40	5,11
FRISUR	142,00	28,40	1249,83	249,97	305,88	13,75	419,39	18,87
CONSORCIO INDUSTRIAL EL PACÍFICO S.A.C.	429,44	85,88	1386,51	277,30	25,89	1,13	229,06	10,31
PROPEUR S.A.	567,51	113,50	971,39	194,28	205,11	9,23	848,50	38,23
TOTAL	1939,25	387,85	4015,37	803,08	589,28	26,47	1630,35	73,36

Fuente: Delgado 2018.

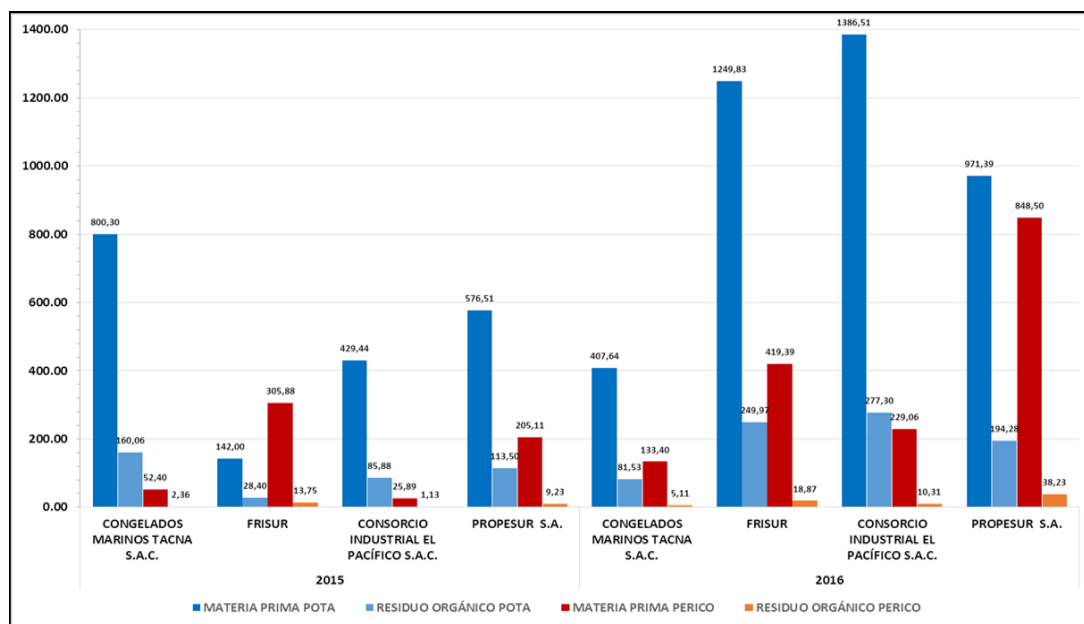


Figura 1 Comportamiento de la materia prima y residuos generados por las 4 empresas pesqueras en los años 2015 y 2016.

Fuente. Delgado 2018.

2.2.3 Marco legal para la gestión de los residuos pesqueros

La gestión y el manejo de los residuos sólidos enfocados a restos orgánicos están regulados por la siguiente normatividad:

Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

Que establece en su Art. 74° que todo titular de operaciones es responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generan sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales como consecuencia de sus actividades, incluye los riesgos y daños ambientales que se generen por acción u omisión.

Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314)

Esta ley fue aprobada el 20/07/2000; luego derogada con el D.L. 1278

En su Artículo 1°, estableció los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuados, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

Nueva Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.L. 1278) del 24/04/2017 y su Reglamento (D.S. 014-2017-MINAM) del 20/12/2017

Esta nueva ley, a la fecha vigente ha reemplazado a la antigua ley 27314, señala en su:

Artículo 2.- Finalidad de la gestión integral de los residuos sólidos

La gestión integral de los residuos sólidos en el país tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente.

La disposición final de los residuos sólidos en la infraestructura respectiva constituye la última alternativa de manejo y deberá realizarse en condiciones ambientalmente adecuadas, las cuales se definirán en el reglamento del presente Decreto Legislativo

emitido por el Ministerio del Ambiente.

Ley General de Pesca N°25977

Establece que la actividad de procesamiento será ejercida cumpliendo la norma de sanidad, higiene y seguridad industrial, calidad y preservación del medio ambiente, de igual manera; El Decreto Supremo N° 040-2001-PE, cuya norma es controlada por el Instituto Tecnológico del Perú (SANIPES), lo cual indica que los residuos sólidos orgánicos, no deben permanecer más de 24 horas en las Empresas pesqueras deben ser evacuados por las Empresas Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos. (Delgado,2018).

Ley General de Salud - Ley N°26842-1997

El Ministerio de Salud (MINSA, 1997), menciona en dos de sus artículos, aspectos vinculados a la protección y vigilancia del medio ambiente en relación a una inadecuada disposición de residuos sólidos. El más importante es el artículo 104°.

El artículo 99° señala que los residuos procedentes de establecimientos donde se fabriquen, formulen, envasen o manipulen sustancias y productos peligrosos deben ser sometidos al tratamiento y disposición que señalan las normas correspondientes. Dichos residuos no deben ser vertidos directamente a las fuentes, cursos o reservorios de agua, al suelo o al aire, bajo responsabilidad”.

El artículo 104° señala que toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección al ambiente.

2.2.4 Microorganismos eficientes

Son una combinación de microorganismos beneficiosos conocidos como EM, de los géneros principales: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además, mediante su acción cambian la micro y macroflora de los suelos y mejoran el equilibrio

natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y ésta se transforme a su vez en tierra (suelo) azimogénico. (Piedrabuena, 2003).

La tecnología de los microorganismos eficientes, fue desarrollada por Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. A comienzos de los años sesenta, el profesor Higa comenzó la búsqueda de una alternativa que reemplazaría los fertilizantes y plaguicidas sintéticos y en los últimos años ha incursionado en su uso en procesos de compostaje, tratamiento de aguas residuales, ganadería y para el uso en la limpieza del hogar (Arismendi, 2010).

Es una combinación de varios microorganismos benéficos. Hoy en día los EM son usados no solo para producir alimentos de altísima calidad, libres de agroquímicos, sino también para el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, fábricas de papel, mataderos y municipalidades entre otros. También manifiesta que los EM son usados en los 5 continentes, cubriendo más de 120 países (APROLAP, 2007).

Los EM son una combinación de varios microorganismos beneficiosos, de origen natural que se usan principalmente para los alimentos o que se encuentran en los mismos. Contienen organismos beneficiosos de 3 géneros principales: bacterias fototróficas, bacterias de ácido láctico y levaduras (Álvarez, 2012).

Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Esto ayuda a mejorar el crecimiento de la planta y sirven como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica (FUNDASES, 2009).

2.2.5 Importancia de los microorganismos eficientes.

Existen microorganismos en el aire, en el suelo, en nuestros intestinos, en los alimentos que consumimos, en el agua que bebemos. Las condiciones actuales de contaminación y uso excesivo de sustancias químicas sintéticas han causado la proliferación de especies de microorganismos considerados degeneradores. Estos

microorganismos, son causantes de enfermedades en plantas, y animales; generan malos olores, así como gases nocivos al descomponer residuos orgánicos (Álvarez, 2012).

Los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conservan los recursos naturales, generando una agricultura sostenible (EARTH, 2009).

2.2.6 Microorganismos eficientes presentes del EM-1®.

Los principales grupos de microorganismos presentes en el EM-1® son: Bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, levaduras (Biosca, 2001).

Las bacterias fototróficas o fotosintéticas. (*Rhodospseudomonas* spp), son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones naturales de las plantas, materia orgánica y gases nocivos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía. Las sustancias generadas son aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el desarrollo y crecimiento de las plantas. Los metabolitos son absorbidos por ellas y actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficaces (APROLAP, 2007).

Las bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* spp), producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por las bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso (Biosca, 2001).

Las levaduras. (*Saccharomyces* spp), son microorganismos que sintetizan sustancias antimicrobiales, útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados también por las bacterias fototróficas, la materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas como hormonas y enzimas producidas por las

levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para los EM como bacterias ácido lácticas y actinomicetos (Higa, 1994).

Los actinomicetos funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos, efectos biostáticos y biocidas (Biosca, 2001).

Los hongos de fermentación como el *aspergillus* y el *penicilium*, actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas. Esta propiedad produce desodorización y previene la aparición de insectos (APROLAP, 2007).

2.2.7 Activación de los microorganismos eficientes EM-1®.

Los microorganismos del EM-1® se encuentran en un estado latente, por lo que al utilizarlo el efecto de éste es un poco lento, para evitar esto se puede activar el EM-1® y el subproducto es llamado EM-1; el proceso para activar el EM-1® consiste en mezclar el producto con agua de buena calidad y melaza, se debe procesar en un recipiente cerrado para ofrecer un ambiente anaeróbico y la solución estará finalizada cuando alcance un pH de 3,5 (APROLAP, 2007).

Se utiliza melaza como fuente de energía para la activación de los EM-1®, ya que también contiene proteínas y minerales útiles para los microorganismos, la temperatura óptima de activación es entre 25 °C y 37 °C, ya que fuera de estos rangos la velocidad de reproducción de estos microorganismos se reduce considerablemente (Álvarez, 2012). Ver tabla 3.

Tabla 3 *Materiales y porcentajes necesarios para la activación de EM-1® al 5 %.*

Materiales	Porcentaje (%)
Agua sin cloro	90
EM-1®	5
Melaza	5

Fuente: (FUNDASES, 2006).

2.2.8 Biofertilizante

Los biofertilizantes son el resultado de la descomposición de animales y vegetales en ausencia de oxígeno, conteniendo nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas (INIA, 2005, citado por Jiménez, 2012). Generalmente para elaborar biofertilizantes se mezcla agua junto con una fuente de nitrógeno como estiércol o desechos de verduras, una fuente de energía como melaza de caña y una fuente de microorganismos (levaduras, leche, suero, etc.) responsables de la transformación de los materiales orgánicos (Restrepo, 2001, citado por Criollo et al., 2011). Su utilización permite disminuir los insumos químicos y reducir el impacto ambiental desfavorable, permitiendo obtener ahorros económicos, mejorar la salud general de las plantas y regenerar paulatinamente las características físicas, químicas y biológicas de los suelos (Peralta, 2010).

La agricultura orgánica no solo proviene de compostas, sino también de la elaboración de fermentaciones, en la que se descomponen aeróbicamente residuos orgánicos, por medio de poblaciones de microorganismos que existen en los mismos residuos. Esta descomposición es controlada, dando como resultado un material parcialmente estable que continuará su ciclo de descomposición, pero más lentamente. Además, la eficiencia del biofertilizante depende de la materia prima usada (residuos, desechos o subproductos animales y vegetales), el tipo de fermentación y los microorganismos implicados (Ngampimol y Kunathigan, 2008, citados por Criollo et al., 2011).

2.2.9 Aplicaciones y beneficios de los biofertilizantes

El biol tiene diferentes funciones dependiendo del tipo, existe tres tipos de biol: el biocida cuya finalidad es controlar plagas y enfermedades; para suelos y hojas, nutrir a la planta y mejorar la fertilidad del suelo y el de abono foliar, nutre directamente a la planta. Este último tipo, tiene mayor ventaja porque acelera el crecimiento de las plantas e incrementa los rendimientos. (AEDES, 2006).

El biol puede ser utilizado en labores agrícolas para una gran variedad de plantas sean de periodos vegetativos cortos o largos, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales con aplicaciones dirigidas al follaje, suelo, semilla y/o raíz. Sus posibles usos son los siguientes (AEDES, 2006):

- Uso directo al suelo: estimula la recuperación de la fertilidad de los suelos, para obtener resultados más duraderos las aplicaciones al suelo pueden realizarse en el agua de irrigación aplicando alrededor del tallo en una dilución de 10 hasta el 30%.
- Uso foliar: busca un resultado más inmediato por lo cual es aplicado a las hojas de cultivo. La dilución debe ser del 1 hasta el 10%. La aplicación foliar puede repetirse de 3 a 4 veces durante el desarrollo vegetativo.
- Uso en la semilla: el biocida se puede utilizar para desinfectar y desinfestar las semillas y como biofertilizante a la vez para acelerar el enraizamiento. La semilla se deja en remojo antes de la siembra, el tiempo de remojo y la concentración del bioles es muy importante.

Entre los tipos de fertilizantes se encuentran aquellos procesados y sin procesar como se observa en la tabla 4.

Tabla 4 *Tipos de fertilizantes orgánicos.*

Estado del fertilizante	Sin procesar	Procesados
Sólidos	Excretas de animales	Compost
	Desechos Vegetales: Rastrojos o follajes Abonos verdes	Bocashi Lombricompost
Líquidos	Efluentes industriales	Té de compost
		Té de estiércol Biofermentos

Fuente: Soto y Meléndez, 2004.

2.2.10 Melaza

La melaza es el efluente resultante de la preparación del azúcar mediante cristalización repetida final, de la cual no se puede extraer más azúcar. También es conocida como mieles finales o melaza “blackstrap”. Es una mezcla compleja que contiene sacarosa, azúcar invertido, sales y otros compuestos solubles en álcali que normalmente están presentes en el jugo de la caña. La composición de las melazas es muy heterogénea y puede variar considerablemente dependiendo de la variedad de caña de azúcar, suelo, clima, periodo de cultivo, sistema ebullición del azúcar, tipo y capacidad de los evaporadores, entre otros. Por otro lado, la melaza de caña se caracteriza por tener entre 68 – 75% de sólidos disueltos y un pH de 5 a 6 (Fajardo y Sarmiento, 2007).

La melaza es muy utilizada para alimento de ganado, producción de alcohol o para la industria alimentaria, la industria de las medicinas naturales, entre otras. (López E., 2009). Los principales componentes de la melaza son agua, sacarosa, glucosa, levulosa, cenizas, compuestos nitrogenados, compuestos no nitrogenados, ceras esteroideas y esterofosfolípidos (Vega et al, 2007).

Restrepo (2001), menciona que la función principal de la melaza es aportar la energía necesaria para activar el metabolismo microbiológico, para que el proceso de fermentación se potencialice.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1 Residuos sólidos

Según el D.L. 1278, residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final. Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida.

2.3.2 Residuos de recursos hidrobiológicos

Según el Decreto Supremo N°017-2011-PRODUCE, los residuos de recursos hidrobiológicos, están constituidos por mermas y pérdidas generadas durante los

procesos pesqueros de las actividades de procesamiento para consumo humano directo, así como los generados durante las tareas previas realizadas en los desembarcaderos pesqueros artesanales.

2.3.3 Microorganismos eficientes

También llamados microorganismos eficientes EM, también microorganismos efectivos o EM, es un cultivo mixto de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas y productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores) que puede ser aplicado como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, incrementando el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Soriano,2016).

2.3.4 Biofertilizantes

Los biofertilizantes, también conocidos como fertilizantes orgánicos, abonos orgánicos y abonos verdes, constituyen un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo agregando importantes cantidades de nutrientes, mejorando sus características físicas, químicas y biológicas y aumentando la productividad de los cultivos sin necesidad de utilizar fertilizantes químicos (Xelhuantzi et al, 2012).

2.3.5 Manejo integral de residuos sólidos

Según OEFA, (2014), manifestado por Brown, 2003, se señala que el manejo integral de los residuos sólidos, es un conjunto de acciones normativas, financieras y de planeamiento que se aplica a todas las etapas de la gestión y manejo de residuos sólidos desde su generación, basándose en criterios sanitarios, ambientales y de viabilidad técnica y económica para la reducción en la fuente, aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos (OEFA, 2014).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto fue de carácter experimental, propositivo y de corte transversal; dado que se trabajaron con diferentes formulaciones, correspondientes a los ingredientes en empleo de cantidades variadas de los residuos pesqueros. Hernández, Fernández y Baptista, (2010).

Diseño del estudio:

En el diseño de investigación, se consideró lo siguiente:

Experimental; porque responde a los diseños experimentales, recurre a la manipulación de las variables en estudio, éstas se analizan tal y como suceden en los tratamientos propuestos. Hernández et al. (2010).

Esquema de diseño:

$$X_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} : Observación cualesquiera dentro del experimento.

μ : Media poblacional.

T_i : Efecto aleatorio del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} : Error experimental.

i : 1, 2, ..., t ; tratamientos.

j : 1, 2, ..., r ; muestras o repeticiones.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

La conformación de la población estuvo pre definida por residuos hidrobiológicos en general. No obstante, dada la temporada solo se trabajó con residuos de pota generados por las empresas pesqueras del parque industrial de Tacna que se dedican al rubro de congelados en diferentes presentaciones.

3.2.2 Muestra

El muestreo fue de tipo intencional o de conveniencia. La muestra estuvo conformada por la porción de biofertilizante muestreado para los análisis correspondientes que ascendieron a 19 litros de muestra uniformizada.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Identificación de variables

A) Variable independiente:

Microorganismos eficientes

B) Variable dependiente:

Biofertilizante

Tabla 5 Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
V.D.: Biofertilizante	Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos para los suelos, formados especialmente de bacterias y hongos . Estos microorganismos viven asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su proceso natural de nutrición, además de ser regeneradores de suelo. (Piedrabuena, 2003).	La variable biofertilizantes se operacionalizó, mediante las propuestas de las dimensiones;	*Análisis físico *Análisis químico *Análisis microbiológico	pH Conductividad eléctrica Materia orgánica, macro, micro elementos, grasa humedad, proteína, Bacterias totales, actinomicetos, mohos, levaduras, fosfatosolubilizadores, Fijadores de N de vida libre, lactobacilus
V.I.: Microorganismos eficientes (EM-1®)	Combinación de microorganismos beneficiosos conocidos como EM, de los géneros bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. En contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelados y antioxidantes. Además, cambian micro y macroflora de los suelos y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y ésta se transforme a su vez en tierra (suelo) azimogénico. (Piedrabuena, 2003).	La variable conocida como EM-1® se operacionaliza mediante las dimensiones: empleo de diversas dosis o proporciones de una mezcla de los géneros: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación.	o Dosis EM-1® o Dosis EM-1® o Dosis EM-1®	- Porcentaje 1 - Porcentaje 2 - Porcentaje 3

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Elaboración del biofertilizante

a) Materia prima

Disponibilidad de los residuos hidrobiológicos, según temporada, se emplearon residuos obtenidos a partir del procesamiento de pota (*Dosidicus gigas*) congelada:

cartílago, piel, cabeza, restos de tubo, vísceras, entre otros), los cuales fueron proporcionados por la Empresa Perla del Pacífico S.A.C., ubicada en el Parque Industrial de Tacna.

b) Insumos

- Melaza de caña de azúcar
- Microorganismos Eficientes EM-1®
- Agua declorada

c) Materiales

Durante el proceso de medición se emplearon los siguientes equipos proporcionados por el laboratorio de Tecnología Pesquera, Escuela Profesional de Ingeniera Pesquera, FCAG de la UNJBG y otros obtenidos con el apoyo de la subvención obtenida del concurso VIIN/UNJBG para proyectos de investigación:

- Balanza mecánica de 100 kilos
- Licuadora artesanal. Javar LCT-30
- Moledora de carne QJH-C12A 80kg/H 0,75KW 220V
- Potenciómetro digital; Hanna HI 8424 (rango -2 a 16 pH).
- Termómetro de mercurio, de 0 a 40 °C
- Conductímetro digital; Hanna instruments, HI 9033 Multi-range, rango 0 a 200 mS/cm, resolución 0,01 mS/cm.
- Depósitos de plástico de capacidad 20 y 100 L

d) Procedimiento de elaboración de biofertilizante

Se recolectaron 95 kg residuos de pota procedentes de la actividad de congelado de la planta pesquera Consorcio Industrial el Pacífico S.A.C., ubicada en el Parque Industrial de Tacna, los cuales fueron trasladados al laboratorio de Tecnología Pesquera de la Escuela Profesional de Ingeniera Pesquera, FCAG - UNJBG, donde se acondicionó para la elaboración del biofertilizante y realizó la parte experimental. Para ello los residuos de pota fueron molidos, mezclados, homogenizados y pesados.

Los tratamientos fueron preparados por triplicado, se utilizaron baldes de plástico con capacidad de 20 litros, a los cuales se le adicionó microorganismos eficientes EM-1®, melaza y residuos de pota molidos, en los porcentajes correspondientes tal como se observa en la tabla 6. Así mismo se adicionó agua declorada. Luego de homogenizar la mezcla se taparon los baldes, finalizando con el rotulado según tratamiento y repetición, colocados en un ambiente por 60 días, a temperatura promedio de 20 °C, según Bossio (2007) y García (2008), reportan que en esas condiciones de temperatura se logra obtener un biofertilizante con valores cercanos a pH 4.

Tabla 6 *Aplicaciones de EM-1® en % y contenido de melaza*

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN	DOSIS
T0	TESTIGO	SIN DOSIS
T1	T1A	5% EM-1 2,5% MELAZA
	T1B	
	T1C	
T2	T2A	5% EM-1 5 % MELAZA
	T2B	
	T2C	
T3	T3A	10% EM-1 5 % MELAZA
	T3B	
	T3C	
T4	T4A	10% EM-1 10% MELAZA
	T4B	
	T4C	
T5	T5A	15% EM-1 10% MELAZA
	T5B	
	T5C	
T6	T6A	15% EM-1 15% MELAZA
	T6B	
	T6C	

El flujo experimental empleado para la elaboración del biofertilizante se muestra en la figura 2 y fue elaborado considerando los procedimientos seguidos por Bossio (2007), Peña (2008) y Cárdenas (2014).

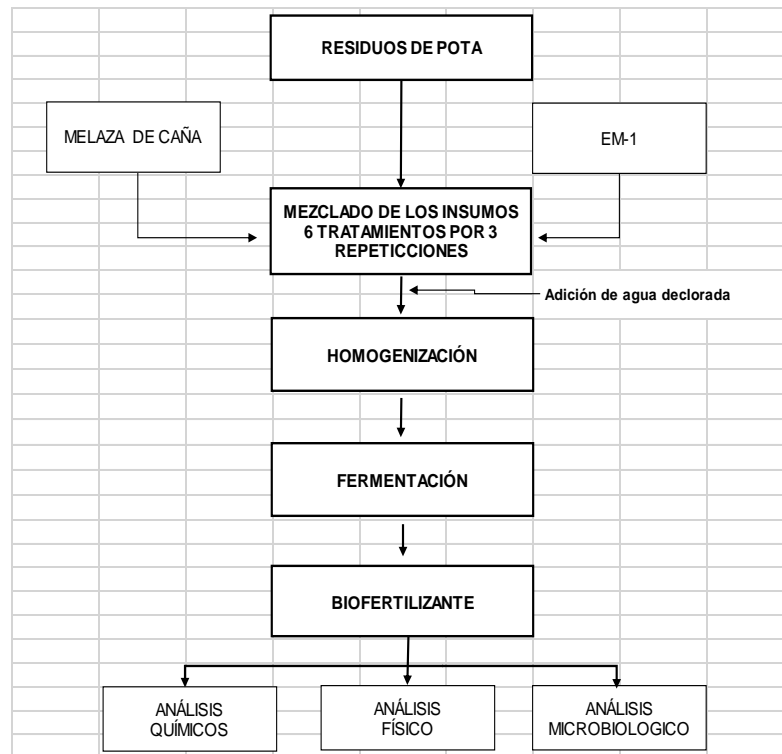


Figura 2 Diagrama de flujo para la elaboración del biofertilizante.

3.4.2 Procesamiento y análisis de datos

Para determinar los mejores tratamientos durante la elaboración del biofertilizante se evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas, para ello se empleó el diseño de bloques completos al azar con 6 tratamientos, tres repeticiones y un testigo, constituyendo un total de 19 unidades experimentales. Se utilizó el programa Microsoft EXCEL, se aplicó un análisis de varianza ($p < 0,05$). Para determinar diferencias significativas entre tratamientos, cuando el ANVA dio resultado significativo, se aplicó la prueba de DUNCAN. Para evaluar la prueba de significación de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan al 0,05%.

3.4.3 Evaluación del biofertilizante

a) Análisis físico y químico

Se realizó la caracterización físico-química al biofertilizante para determinar sus cualidades que representen interés agronómico. Este análisis consistió en evaluar pH,

conductividad eléctrica, sólidos totales, materia orgánica en solución, materia seca, cenizas, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, calcio, magnesio, hierro, sodio, cobre, zinc, manganeso y boro. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de ensayos agropecuarios, investigación y desarrollo-Pedregal - Arequipa.

b) Análisis microbiológico

La parte líquida o biofertilizante recolectada de los tratamientos, se analizó microbiológicamente en el laboratorio de ensayos agropecuarios, investigación y desarrollo Pedregal - Arequipa. Para ello se consideró los siguientes análisis: bacterias totales, actinomicetos, fijadores de nitrógeno de vida libre, fosfatosolubilizadores, recuento de lactobacillus, mohos y levaduras. De esta manera, se consiguió saber la calidad fitosanitaria del biofertilizante producido.

CAPÍTULO IV

MARCO FILOSÓFICO

En la búsqueda del fundamento teórico científico para el aprovechamiento de residuos hidrobiológicos utilizando microorganismos eficientes (EM) para la utilización en la agricultura, la presente investigación filosóficamente se fundamenta en encontrar como el hombre busca que maximizar la utilización de los recurso naturales, en este caso, el recurso pesquero, buscando un aprovechamiento integral y sostenible de sus residuos para la agricultura tradicional como son el biol; empleando para ello un medio que permita su eficiente utilización y dejando de lado aquellos esquemas tradicionales de producción con efectos negativos para la salud y el medio ambiente, es así que el propósito intrínseco del trabajo de investigación es optimizar el conocimiento que es parte de la solución al problema.

Adán Smith, en su obra se basa en el estudio de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones en el que puso las bases sobre las cuales tiempo después se habría planteado el liberalismo. Como la riqueza de las naciones trata sobre las causas que originan la capacidad distribuye la riqueza entre el pueblo.

Smith argumenta que la riqueza de una nación no se mide por la cantidad de metales preciosos que acumule, como aseveraban los mercantilistas, sino por la magnitud de su capacidad productiva en periodos y condiciones determinadas.

Aristóteles, esboza sus concepciones en cuanto a la relación hombre naturaleza y ofrece varias definiciones de naturaleza, la reconoce como sustancia de aquellos seres que tienen en sí mismos el movimiento y el cambio, o sea, los inserta en ella, esto permitió distinguir los entes naturales, como animales, plantas, tierra, fuego, aire, y los entes artificiales como cama o manto (Aristóteles, 1950:79).

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE POTA

Tal como se ha señalado, debido a la temporada de pesca, el residuo pesquero empleado fue el proveniente de la actividad de congelado de pota. En la tabla 7, se puede apreciar la composición física de la pota entera y el mayor porcentaje del peso corporal de esta corresponde al manto o tubo con 49,3%, seguido por los tentáculos, las vísceras y las aletas (IMARPE/ITP, 1996).

Tabla 7 *Composición física de la pota entera*

Componentes	Cantidad (%)
Manto o tubo	49,3
Aleta	14,9
Tentáculos	21,4
Vísceras	15,4

Fuente: IMARPE e ITP (1996).

En lo que respecta a la caracterización de residuos de pota, esto se llevó a cabo en el laboratorio de ensayos agropecuarios, investigación y desarrollo Pedregal - Arequipa. En la Tabla 8 se muestra los análisis resultados del análisis proximal de dichos residuos, el cual muestra alto valor de humedad con un 82,02 %, seguido de proteínas con un 14,69%.

Se considera como residuos de pota a las vísceras y los recortes del aprovechamiento de esta especie para el congelado.

Tabla 8 *Análisis proximal de los residuos de pota*

Parámetro	Resultado	Unidad
Humedad	82,02	%
Cenizas	1,22	%
Proteínas	14,69	%
Grasa	1,76	%
Fibra	-	%
Carbohidratos	0,26	%
Energía	75,81	Kcal/100 g

En la tabla 9, se muestran los resultados de la composición fisicoquímica de los residuos de pota, siendo el pH ligeramente alcalino con un valor de 7,58 y la concentración mineral mayor fue de sodio con un valor de 3439 ppm.

Tabla 9 *Análisis fisicoquímico de los residuos de pota*

Determinación	Resultado	Unidades
pH	7,58	-
Conductividad eléctrica	29,14	mS/cm
Nitrógeno	0,428	%
Fósforo disponible	199	ppm
Potasio disponible	1881	ppm
Materia orgánica	0,826	%
Materia seca	0,62	%
Cenizas	0,019	%
Carbono orgánico C	0,0479	%
Relación C/N	1,119	-
Calcio	103	ppm

Magnesio	102,6	ppm
Sodio	3439	ppm
Boro	0,43	ppm
Manganeso	0.04	ppm
Hierro	0,24	ppm
Cobre	0,03	ppm
Zinc	0,05	ppm

5.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL BIOFERTILIZANTE

Los resultados de los análisis de los productos obtenidos en los seis tratamientos experimentales y el testigo de cada uno de los tratamientos, se exhiben en el anexo 2, donde se encuentran los informes del laboratorio LEAID con los resultados de los análisis.

5.2.1. pH

Tabla 10 *Análisis de varianza de pH en biofertilizante*

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	F tab.	
					0,05	0,01
Tratamiento	20,697	6	3,450	16,38	2,85	4,46
Error Exp.	2,948	14	0,211			
Total	23,645	20				

$$CV = 7,87 \%$$

En el análisis de varianza de la evaluación del pH en biofertilizante que figura en la tabla 10 se obtuvo un F calculado de 16,38 que superó al F tabulado del 0,01%, por lo que se concluye que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, esto es al menos uno de los tratamientos supera a los demás en esta evaluación. El coeficiente de variabilidad con un 7,87% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 11 Prueba de comparación múltiple de Duncan de evaluación de pH en biofertilizante

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación $\alpha=0.05$
1°	T6	4,347	a
2°	T5	5,263	b
3°	T4	5,267	b
4°	T2	5,80	b
5°	T3	5,82	b
6°	T1	6,643	c
7°	T0	7,673	d

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos, los datos se sometieron a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los siguientes resultados que se observa en la tabla 11; el tratamiento 6 con un valor de 4,347, ocupa la primera ubicación, seguido y en segundo lugar se ubican los tratamientos T5, T4, T2 y T3 con 5,263, 5,267, 5,80 y 5,82 respectivamente, al no mostrar diferencias significativas entre ellas, en tercera ubicación está el tratamiento T1 con un promedio de 6,643 y en último lugar el testigo con un valor de 7,673. (Ver figura 3). Aplicando el 10% y 15% de melaza hay una mejor activación de los microorganismos eficientes, obteniendo un pH de 4,347 a 5,263, los cuales son más beneficiosos en la incorporación del biofertilizante al suelo ya que se hacen más disponibles los elementos minerales del suelo.

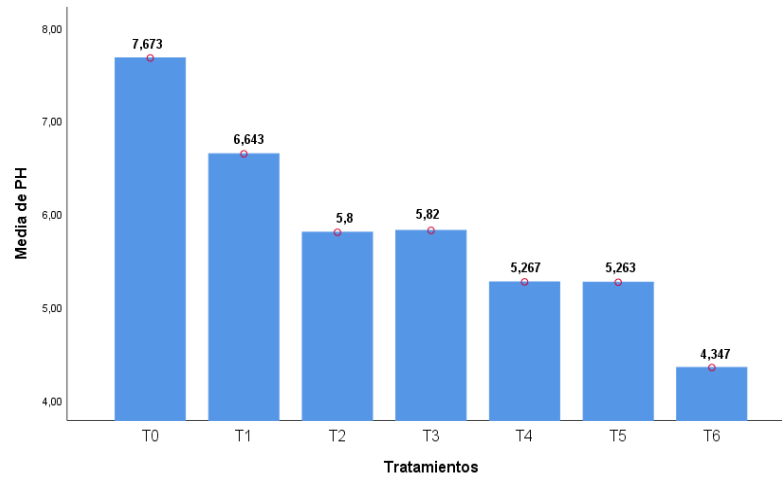


Figura 3 Resultado de la evaluación de pH en biofertilizante

5.2.2. Conductividad eléctrica

Tabla 12 Análisis de varianza de la conductividad eléctrica del biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	F tab		*
					0,05	0,01	
Tratamientos	62,316	6	10,386	3,93	2,85	4,46	*
Error exp.	36,975	14	2,641				
Total	99,292	20					

CV=5,44 %

En el análisis de varianza de la evaluación de la conductividad eléctrica para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 12 se obtuvo un F calculado de 3,93 que no superó al F tabulado al 0,01%, por lo tanto, se aceptó la hipótesis nula y se rechazó la hipótesis alterna. Por lo tanto, no existen diferencias altamente significativas en los valores de la conductividad eléctrica de los tratamientos. El coeficiente de variabilidad con un 5,44% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 13 *Prueba de comparación múltiple de Duncan de evaluación de conductividad eléctrica en biofertilizante*

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación $\alpha=0.05$
1°	T3	27,42	a
2°	T1	28,63	a
3°	T2	28,65	a
4°	T0	29,06	a b
5°	T6	31,75	b
6°	T5	31,77	b
7°	T4	31,86	b

Los datos de los tratamientos se sometieron a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los siguientes resultados que se ven en la tabla 13; ocupando la primera ubicación los tratamientos T3, T1 y T2 con un valor de 27,42; 28,63 y 28,65 respectivamente, al no mostrar diferencias significativas entre ellas, y en segundo lugar se ubican los tratamientos T6, T5 y T4 con 31,75; 31,77 y 31,86 respectivamente, al no mostrar diferencias significativas entre ellas. Finalmente, el tratamiento usado como testigo T0 estuvo conformado por el valor de conductividad eléctrica medio (Ver figura 4). Mejores resultados se obtuvieron aplicando T3 con 5% de microorganismos y 10% de melaza ya que se obtuvo el biofertilizante de más baja conductividad eléctrica.

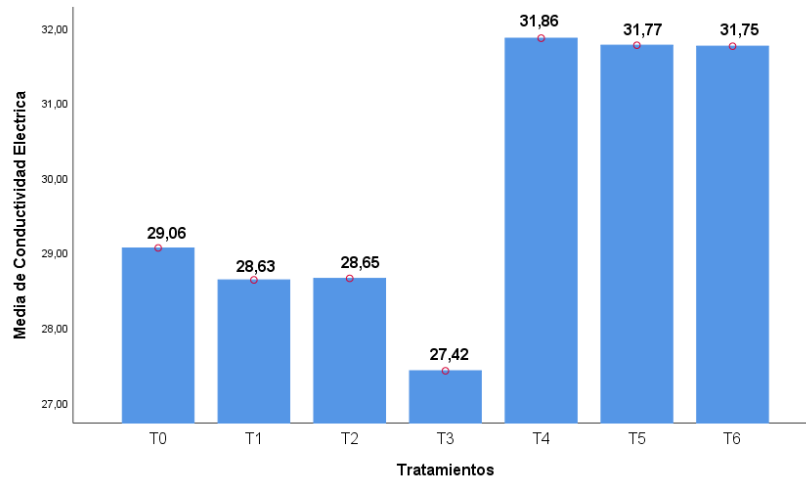


Figura 4 Resultado de la evaluación de conductividad eléctrica en biofertilizante

5.2.3. Concentración de Nitrógeno

Tabla 14 Análisis de varianza de concentración nitrógeno (%) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.		
					0,05	0,01	
Tratamientos	0,382	6	0,064	7,83	2,85	4,46	*.*
Error exp.	0,114	14	0,008				
Total	0,496	20					

$$CV = 22,56 \%$$

En el análisis de varianza de la evaluación de concentración de nitrógeno (%) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 14 se obtuvo un F calculado de 7,83 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluye que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna, esto es al menos uno de los tratamientos superó a los demás en esta evaluación. El coeficiente de variabilidad con un 22,56% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 15 Prueba de comparación múltiple de Duncan de concentración de nitrógeno (%) en biofertilizante

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación $\alpha=0.05$	
1°	T1	0,66	a	
2°	T0	0,54	a	b
3°	T2	0,43	b	c
4°	T4	0,33	c d	
5°	T5	0,32	c d	
6°	T3	0,31	c d	
7°	T6	0,25	d	

Al haber diferencias altamente significativas entre los diversos tratamientos: se someten los datos a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, según esto puede confirmarse que el tratamiento 1 con un valor de 0,66, presentó diferencias significativas con los tratamientos T2, T4, T5, T3 y T6 con valores de 0,433; 0,33; 0,32; 0,313 y 0,253 respectivamente; sin embargo, no muestra diferencias significativas con el testigo que tiene un valor de 0,537 (Ver figura 5). El mayor porcentaje de nitrógeno se obtuvo con T1 con la aplicación de 2,5 % de microorganismos y 5% de melaza, obteniéndose un biofertilizante apropiado para la aplicación de diferentes cultivos, preferentemente hortalizas de hoja como alternativa viable en la implementación de cultivos orgánicos de hortalizas.

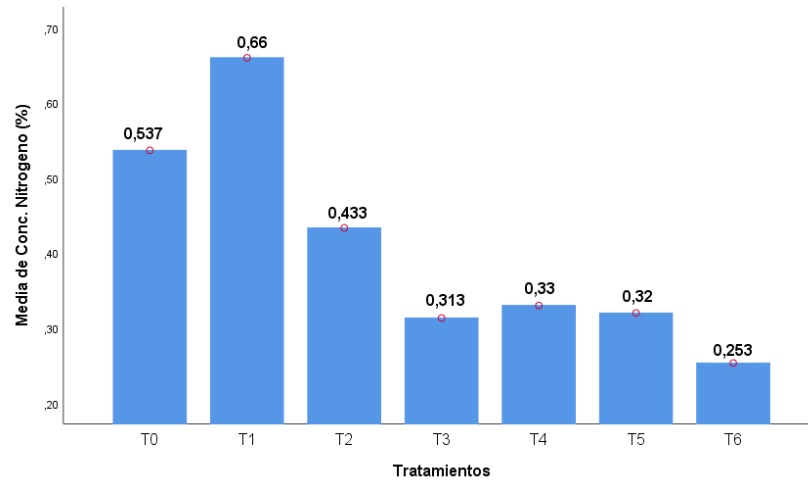


Figura 5 Resultado de la evaluación de concentración de nitrógeno (%) en biofertilizante

5.2.4. Fósforo disponible

Tabla 16 Análisis de varianza del fósforo disponible (ppm) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	Fc	Sig.		
					0,05	0,01	
Tratamientos	74052,667	6	12342,111	12,731	2,85	4,46	*.*
Error exp.	13572,000	14	969,429				
Total	87624,667	20					

CV= 10,40 %

En el análisis de varianza del fósforo disponible (ppm) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 16 se obtuvo un F calculado de 12,731 que supera al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluye que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 10,40% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 17 *Prueba de comparación múltiple de Duncan de fósforo disponible (ppm) en biofertilizante*

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación
			$\alpha=0.05$
1º	T6	366,33	a
2º	T4	349,00	a
3º	T1	336,67	a
4º	T5	334,33	a
5º	T2	277,00	b
6º	T3	235,00	b c
7º	T0	197,00	c

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos los datos se sometieron a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los siguientes resultados que se ven en la tabla 17; los tratamientos T6, T4, T1 y T5 con valores de 366,33; 349,00; 336,67 y 334,33 respectivamente, ocuparon la primera ubicación, al no mostrar diferencias significativas entre ellas, y en segundo lugar se ubicaron los tratamientos T2 y T3 con valores de 277,00 y 235,00 respectivamente, y en último lugar el testigo con un valor de 197,00. (Ver figura 6). Con la adición en iguales proporciones de microorganismos y melaza 15 %, se obtuvo 366,33 ppm de fósforo disponible lo cual es una característica muy ventajosa para la aplicación del biofertilizante en plantas de raíz y tubérculos, ya que este tipo de cultivos son más exigentes en fósforo, y como fuente de fósforo orgánico.

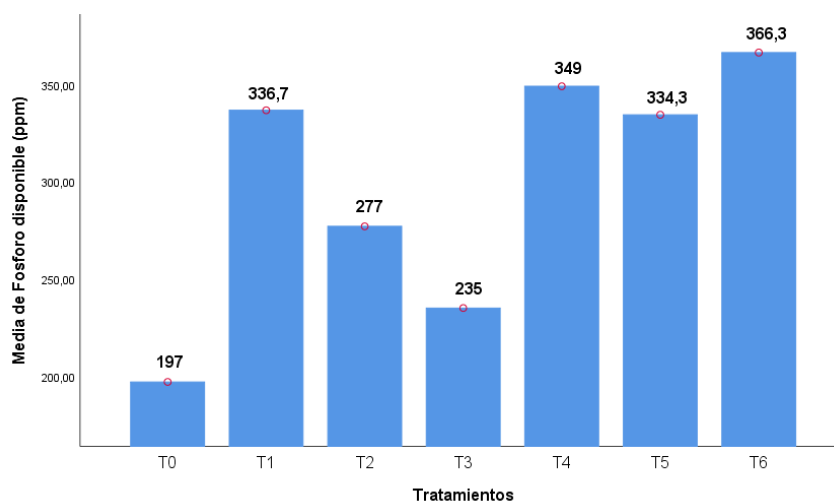


Figura 6 Resultado de la evaluación de Fósforo disponible (ppm) en biofertilizante

5.2.5. Potasio disponible

Tabla 18 Análisis de varianza de potasio disponible (ppm) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	Fc	Sig.		
					0,05	0,01	
Tratamientos	477689,905	6	79614,984	4,921	2,85	4,46	*-*
Error exp.	226478,667	14	16177,048				
Total	704168,571	20					

CV= 6,80 %

En el análisis de varianza del potasio disponible (ppm) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 18 se obtuvo un F calculado de 4,921 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluye que existieron diferencias significativas entre los tratamientos empleados. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 6,80% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 19 *Prueba de comparación múltiple de Duncan de potasio disponible (ppm) en biofertilizante*

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación
			$\alpha=0.05$
1°	T4	2,048	a
2°	T6	2,048	a
3°	T5	2,008	a
4°	T0	1,858	a b
5°	T1	1,738	b
6°	T3	1,712	B
7°	T2	1,686	b

Al haber diferencias significativas entre los tratamientos los datos se sometieron a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los siguientes resultados que se ven en la tabla 19; los tratamientos T4, T6 y T5 con valores de 2,048; 2,048,00 y 2,008 respectivamente, ocuparon la primera ubicación, al no mostrar diferencias significativas entre ellas, y en segundo lugar se ubicaron los tratamientos T1, T3 y T2 con valores de 1,738; 1,712 y 1,686 respectivamente. Finalmente, el testigo To resultó estar conformado por un valor de potasio disponible (ppm) medio (Ver figura 7). El tratamiento 4 con dosis de 10% de melaza y 10% de microorganismos obtuvo 2,048 ppm de potasio disponible, lo cual es una fuente de potasio orgánico para la implementación de dosis de fertilización en frutales o en plantas cuyo órgano de consumo son los frutos.

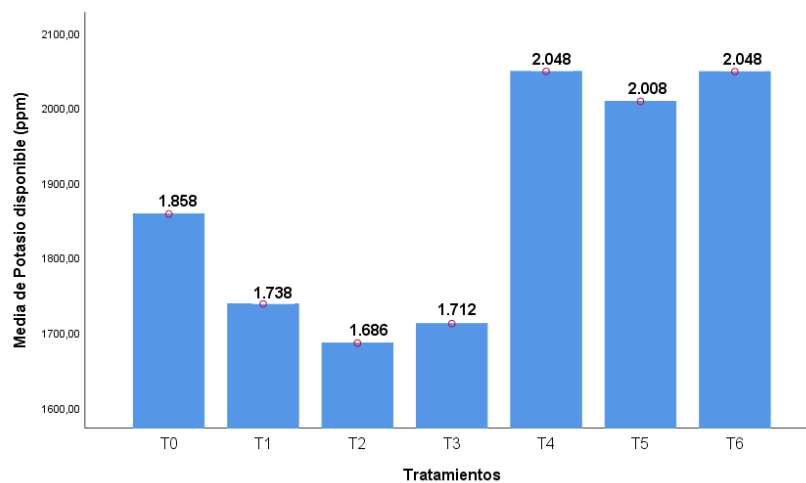


Figura 7 Resultado de la evaluación de potasio disponible (ppm) en biofertilizante.

5.2.6. Materia orgánica

Tabla 20 Análisis de varianza de materia orgánica (%) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.		
					0,05	0,01	
Tratamientos	9,436	6	1,573	64,705	2,85	4,46	*-*
Error exp.	0,340	14	0,024				
Total	9,776	20					

CV= 8,36 %

En el análisis de varianza de materia orgánica (%) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 20 se obtuvo un F calculado de 64,705 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluyó que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos empleados. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 8,36% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 21 Prueba de comparación múltiple de Duncan de materia orgánica (%) en biofertilizante

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación $\alpha=0.05$	
1°	T6	2,60	a	
2°	T4	2,52	a	b
3°	T2	2,25	b	
4°	T5	2,24	b	
5°	T3	1,48	c	
6°	T2	1,24	c	
7°	T0	0,70	D	

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos se sometieron los datos a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla 21; el tratamiento 6 con un valor de 2,603, ocupó la primera ubicación, no mostrando diferencias significativas con el tratamiento 4 que tiene un valor de 2,517; seguido de los tratamientos T2 y T5 con valores de 2,247 y 2,243 respectivamente, al no mostrar diferencias significativas entre ellos, en tercera ubicación, los tratamientos T3 y T2 con 1,48 y 1,24 respectivamente y en último lugar el testigo con un valor de 0,703 (ver figura 8). El mayor porcentaje de materia orgánica se obtuvo en el tratamiento 6 obteniéndose el 2,603 % de materia orgánica la cual interviene en el incremento de la capacidad de intercambio catiónico (sic) lo cual es muy beneficioso en la disponibilidad de los macros y micro elementos del suelo en diferentes cultivos, interviniendo también en el incremento de los microorganismos del suelo.

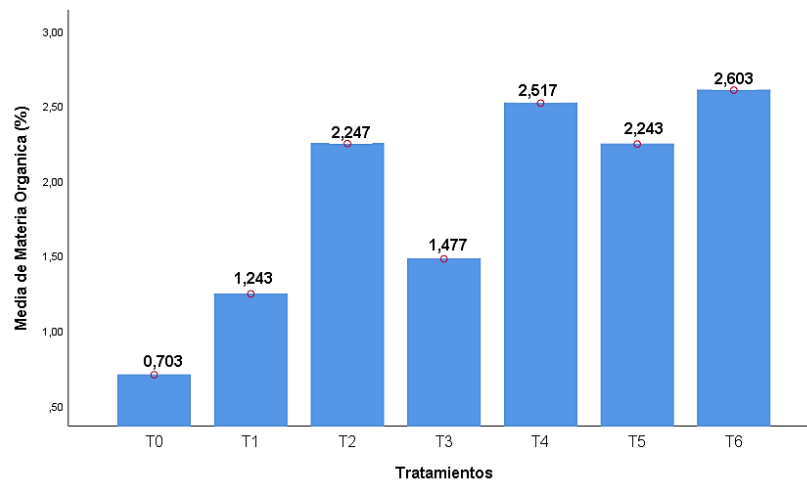


Figura 8 Resultado de la evaluación de materia orgánica (%) en biofertilizante.

5.2.7. Materia seca

Tabla 22 Análisis de varianza de materia seca (%) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.		
					0,05	0,01	
Tratamientos	110,384	6	18,397	74,936	2,85	4,46	*-*
Error exp.	3,437	14	0,246				
Total	113,822	20					

CV = 12,65 %

En el análisis de varianza de materia seca (%) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 22 se obtuvo un F calculado de 74,936 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que concluye que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 12,65% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 23 Prueba de comparación múltiple de Duncan de materia seca (%) en biofertilizante

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación
$\alpha=0.05$			
1°	T6	8,083	a
2°	T4	5,667	b
3°	T5	4,407	c
4°	T2	3,91	c
5°	T3	2,867	d
6°	T1	1,89	e
7°	T0	0,607	f

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos se sometieron los datos a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla 23; el tratamiento 6 con un valor de 8,083, ocupó la primera ubicación, en segundo lugar se ubicó T4 con un valor de 5,667, en tercer lugar se ubicaron los tratamientos T5 y T2 con 4,407 y 3,91 respectivamente; en cuarto lugar se ubicaron el tratamiento 3 con un valor de 2,867, en quinto lugar el tratamiento 1 con un valor de 1,89 y en último lugar el testigo con un valor de 0,607. (ver figura 9).

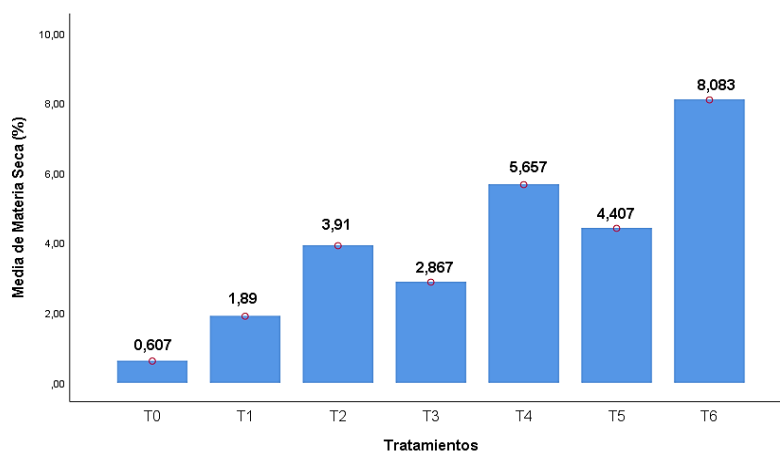


Figura 9 Resultado de la evaluación de materia seca (%) en biofertilizante

5.2.8. Relación C/N

Tabla 24 *Análisis de varianza de relación C/N en biofertilizante*

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.		
					0,05	0,01	
Tratamientos	122,280	6	20,380	94,165	2,85	4,46	*-*
Error exp.	3,030	14	0,216				
Total	125,310	20					

CV= 12,24 %

En el análisis de varianza de relación C/N para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 24 se obtuvo un F calculado de 94,165 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluye que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos empleados. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 12,24% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 25 *Prueba de comparación múltiple de Duncan de Relación C/N en biofertilizante.*

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación
$\alpha=0.05$			
1°	T6	8,203	a
2°	T4	5,747	b
3°	T5	4,607	c
4°	T2	3,05	d
5°	T3	2,86	d
6°	T1	1,23	e
7°	T0	0,82	e

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos se sometieron los datos a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla 25; el tratamiento 6 con un valor de 8,203, ocupó la primera ubicación; en segundo lugar se ubicó T4 con un valor de 5,747; en tercer lugar se ubicó el tratamiento T5 con un valor de 4,607; en cuarto lugar se tuvieron los tratamientos T2 y T3 con 3,05 y 2,86 respectivamente; en último lugar el tratamiento 1 y el testigo con valores de 1,23 y 0,82 respectivamente. (ver figura 10).

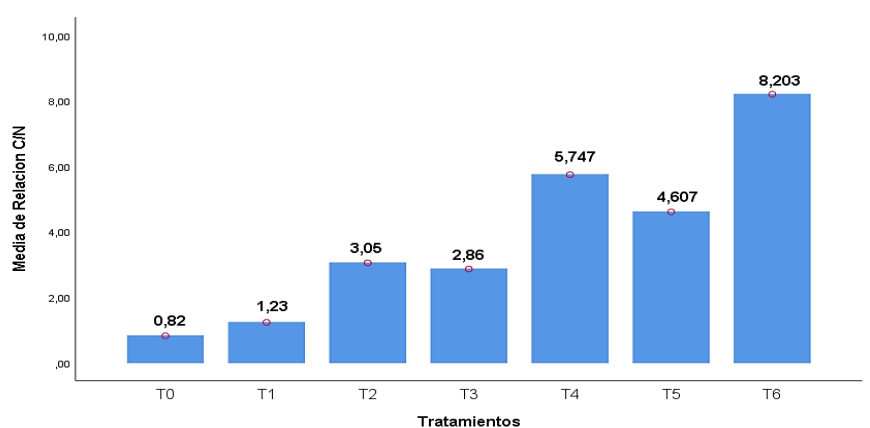


Figura 10 Resultado de la evaluación de relación C/N en biofertilizante

5.3. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL BIOFERTILIZANTE

5.3.1. Bacterias Totales

Tabla 26 Análisis de varianza de bacterias totales (UFC/ml) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.		
					0,05	0,01	
Tratamientos	11132448908847,62	6	1855408151474,60	55,46	2,85	4,46	*.*
Error exp.	468382836333,33	14	33455916880,95				
Total	11600831745180,95	20					

CV= 17,67 %

En el análisis de varianza de bacterias totales (UFC/ml) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 26 se obtuvo un F calculado de 55,46 que supera al F tabulado 0,01%, por lo que se concluye que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 17,67% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 27 Prueba de comparación múltiple de Duncan de bacterias totales (UFC/ml) en biofertilizante

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación
$\alpha=0.05$			
1°	T6	2,123.423	a
2°	T0	1,926.250	a
3°	T5	1,443.420	b
4°	T2	638.326	c
5°	T4	553.407	c
6°	T1	416.633	c d
7°	T3	144.293	d

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos los datos se sometieron a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se observan en la tabla 27; el tratamiento T6 y el testigo con valores de 2,123.423 y 1,926.250 respectivamente, ocuparon la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicó el T5 con un valor de 1,443.420, en tercer lugar, se ubicaron los tratamientos T2, T4 y T1 con valores de 638.326, 553.406 y 416.633 respectivamente, y en último lugar el tratamiento 3 con un valor de 144.293. (ver figura 11).

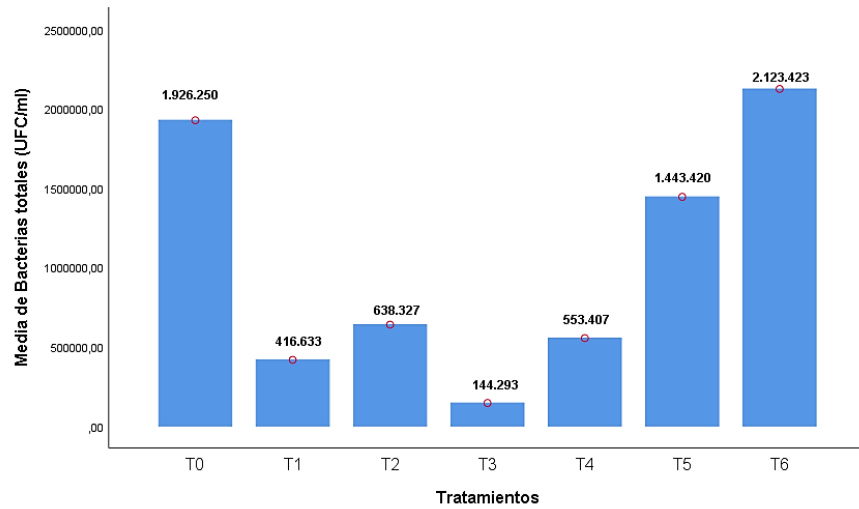


Figura 11 Resultado de la evaluación de bacterias totales (UFC/ml) en biofertilizante.

5.3.2. Actinomicetos

Tabla 28 Análisis de varianza de actinomicetos (UFC/ml) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.	
					0,05	0,01
Tratamientos	107213103647,62	6	17868850607,94	147,98	2,85	4,46 ***
Error exp.	1690562733,33	14	120754480,95			
Total	108903666380,95	20				

$$CV = 11,17\%$$

En el análisis de varianza de actinomicetos (UFC/ml) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 28 se obtuvo un F calculado de 147,98 que superó al F tabulado 0,01%, por lo que se concluye que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 11,17% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 29 Prueba de comparación múltiple de Duncan de actinomicetos (UFC/ml) en biofertilizante

Orden de Mérito	Tratamiento	Promedios	Significación $\alpha=0.05$
1°	T6	203,333	a
2°	T5	174,070	b
3°	T2	134,400	c
4°	T4	103,333	d
5°	T1	51,900	e
6°	T3	19,500	f
7°	T0	2,000	f

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos los datos se sometieron a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla 29; el tratamiento T6 con un valor de 203,333 ocupó la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicó T5 con un valor de 174,070, en tercer lugar, se ubicó T2 con 134,400 , en cuarto lugar el T4 con 103,333, en quinto lugar se ubicó T1 con 51,900 y en último lugar los tratamientos T3 y el testigo con valores de 19,500 y 2,000 respectivamente (ver figura 12).

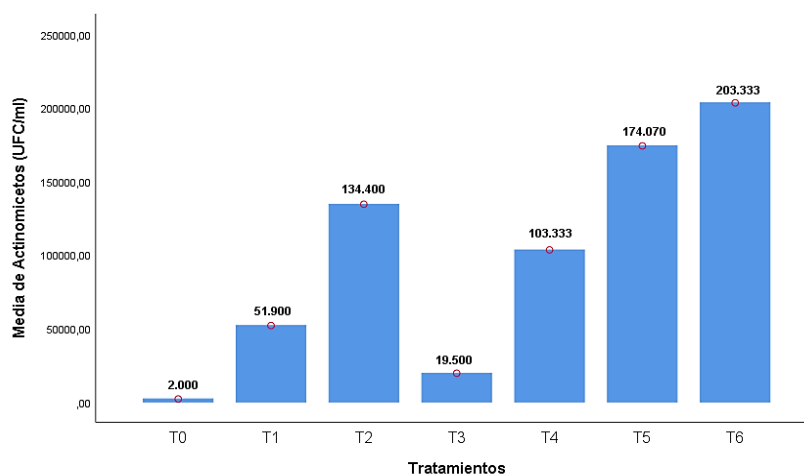


Figura 12 Resultado de la evaluación de actinomicetos (UFC/ml) en biofertilizante.

5.3.3. Mohos

Tabla 30 *Análisis de varianza de mohos (UFC/ml) en biofertilizante*

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.		
					0,05	0,01	
Tratamientos	6050,952	6	1008,492	96,71	2,85	4,46	*-*
Error exp.	146,000	14	10,429				
Total	6196,952	20					

$$CV = 16,46 \%$$

En el análisis de varianza de mohos (UFC/ml) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 30 se obtuvo un F calculado de 96,71 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluyó que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 16,46% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 31 *Prueba de comparación múltiple de Duncan de mohos (UFC/ml) en biofertilizante*

Orden de Mérito	Tratamiento	Promedios	Significación
			$\alpha=0.05$
1°	T2	56,67	a
2°	T6	30,00	b
3°	T5	16,67	c
4°	T3	13,33	c
5°	T0	7,667	d
6°	T1	7,333	d
7°	T4	5,667	d

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos se sometieron los datos a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla 31; el tratamiento T2 con un valor de 56,67 ocupó la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicó T6 con un valor de 30,00, en tercer lugar, se ubicaron los tratamientos T5 y T3 con 16,67 y 13,33 respectivamente, y en último lugar el testigo To y los tratamientos T1 y T4 con valores de 7,667, 7,333 y 5,667 respectivamente (ver figura 13).

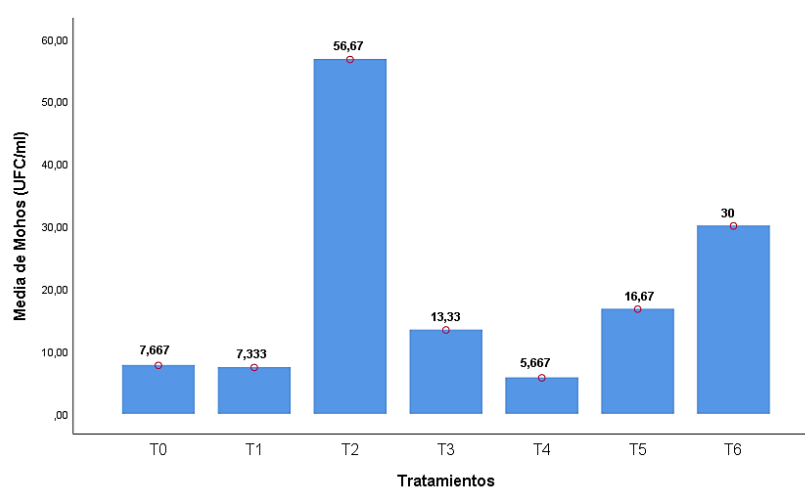


Figura 13 Resultado de la evaluación de mohos (UFC/ml) en biofertilizante.

5.3.4. Levaduras

Tabla 32 Análisis de varianza de levaduras (UFC/ml) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.	
					0,05	0,01
Tratamientos	1147390,476	6	191231,746	62,95	2,85	4,46 *.*
Error exp.	42533,333	14	3038,095			
Total	1189923,810	20				

CV = 18,26 %

En el análisis de varianza de levaduras (UFC/ml) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 32 se obtuvo un F calculado de 62,95 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluyó que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 18,26% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 33 *Prueba de comparación múltiple de Duncan de levaduras (UFC/ml) en biofertilizante*

Orden de Mérito	Tratamiento	Promedios	Significación
			$\alpha=0.05$
1°	T2	590,00	a
2°	T3	563,3	a
3°	T6	553,33	a
4°	T4	173,3	b
5°	T1	96,67	b
6°	T5	76,67	b c
7°	T0	60,00	c

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos se sometieron los datos a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla 33; los tratamientos T2, T3 y T6 con valores de 590,00, 563,3 y 553,3 ocuparon la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicaron los tratamientos T4, T1 y T5 con valores de 173,3, 96,67 y 76,67 respectivamente, y en último lugar el testigo To con un valor de 60,00 (ver figura 14).

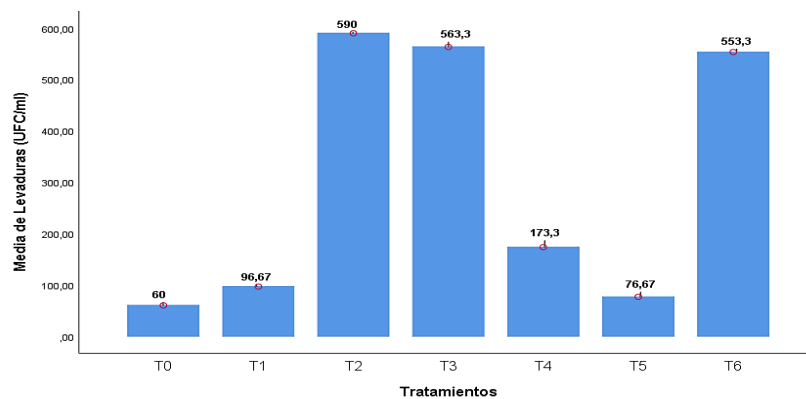


Figura 14 Resultado de la evaluación de levaduras (UFC/ml) en biofertilizante.

5.3.5. Fijadores de nitrógeno de vida libre

Tabla 34 Análisis de varianza de fijadores de nitrógeno de vida libre (UFC/ml) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.
					0,05 0,01
Tratamientos	555189565714,29	6	92531594285,71	168,21	2,85 4,46 *-*
Error exp.	7701200000,00	14	550085714,29		
Total	562890765714,29	20			

$$CV = 14,91 \%$$

En el análisis de varianza de levaduras (UFC/ml) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 34 se obtuvo un F calculado de 168,21 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluyó que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 14,91% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 35 *Prueba de comparación múltiple de Duncan de fijadores de nitrógeno de vida libre (UFC/ml) en biofertilizante*

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación
			$\alpha=0.05$
1°	T6	493,333	a
2°	T5	292,333	b
3°	T2	111,667	c
4°	T4	101,667	c
5°	T1	78,933	c
6°	T3	18,466	d
7°	T0	4,600	d

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos se sometieron los datos a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla 35; el tratamiento T6 con un valor de 493,333 ocupó la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicó el tratamiento T5 con un valor de 292,333, en tercer lugar se encontraron los tratamientos T2, T4 y T1 con valores de 111,667, 101,667 y 78,933 respectivamente, y en último lugar los tratamientos T3 y el testigo To con valores de 18,467 y 4,600 respectivamente (ver figura 15). El tratamiento 6 se perfiló con 493,333 (UFC/ml) la mayor cantidad de fijadores de nitrógeno, lo cual es una característica positiva en la implementación de niveles de fertilización para leguminosas.

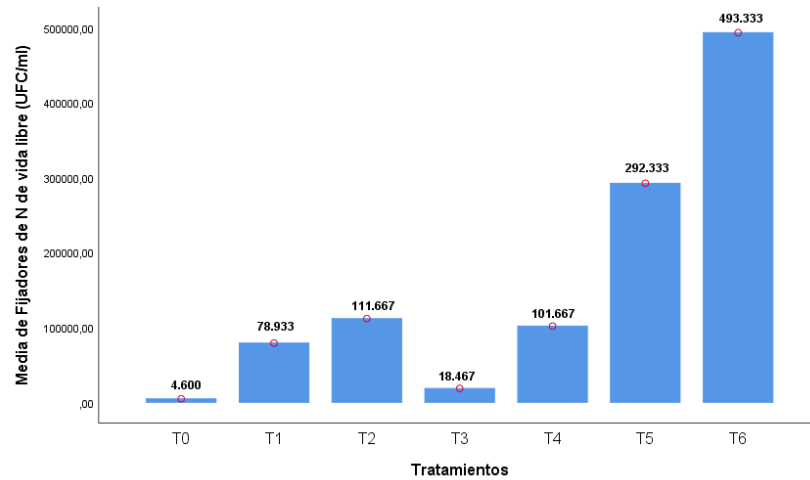


Figura 15 Evaluación de fijadores de nitrógeno de vida libre (UFC/ml) en biofertilizante.

5.3.6. Fosfatosolubilizadores

Tabla 36 Análisis de varianza de fosfatosolubilizadores (UFC/ml) en biofertilizante

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.	
					0,05	0,01
Tratamientos	4211392525714,29	6	701898754285,71	121,38	2,85	4,46
Error exp.	80955126666,67	14	5782509047,62			
Total	4292347652380,95	20				

CV= 16,85 %

En el análisis de varianza de fosfatosolubilizadores (UFC/ml) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 36 se obtuvo un F calculado de 121,38 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluyó que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 16,85% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 37 Prueba de comparación múltiple de Duncan de fosfatosolubilizadores (UFC/ml) en biofertilizante

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación
			$\alpha=0.05$
1°	T6	1,426.667	a
2°	T5	750,000	b
3°	T2	308,000	c
4°	T4	267,667	c d
5°	T1	207,333	c d e
6°	T0	131,000	d e
7°	T3	68,067	e

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos los datos se sometieron a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla 36; el tratamiento T6 con un valor de 1,426.667 ocupó la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicó el tratamiento T5 con un valor de 750,000 en tercer lugar se encontró el tratamiento T2 con un valor de 308,000, el tratamiento T4 con un valor de 267,667 no presentó diferencias significativas con el tercer y cuarto lugar, el testigo To con un valor de 131,000 no presentó diferencias significativas con el cuarto y quinto lugar, y en último lugar el tratamiento T3 con un valor de 68,067 (ver figura 16).

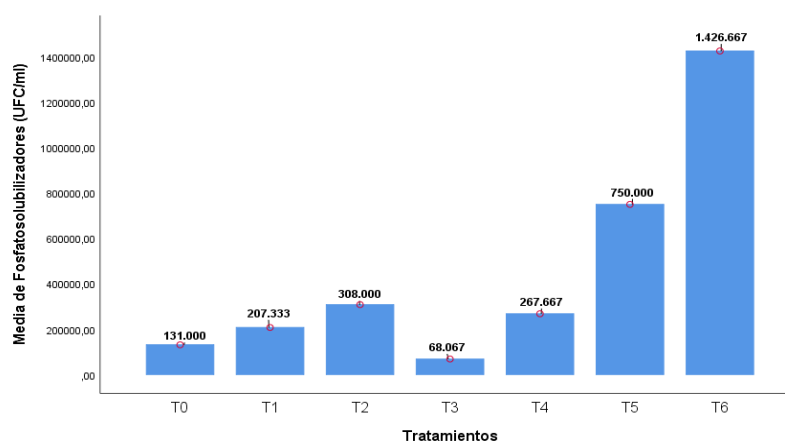


Figura 16 Resultado de la evaluación de fosfatosolubilizadores (UFC/ml) en biofertilizante.

5.3.7. Lactobacilos

Tabla 38 *Análisis de varianza de lactobacilos (UFC/ml) en biofertilizante*

F de V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fc	Sig.	
					0,05	0,01
Tratamientos	46017016447,62	6	701898754285,71	84,50	2,85	4,46
Error exp.	1270646133,33	14	90760438,09			
Total	47287662580,95	20				
CV=					17, 83 %	

En el análisis de varianza de lactobacilos (UFC/ml) para los resultados de biofertilizante que figura en la tabla 38 se obtuvo un F calculado de 84,50 que superó al F tabulado al 0,01%, por lo que se concluyó que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna. El coeficiente de variabilidad con un 17,83% indica que el arreglo del experimento ha sido el adecuado.

Tabla 39 *Prueba de comparación múltiple de Duncan de lactobacilos (UFC/ml) en biofertilizante*

Orden de Mérito	Tratam.	Promedios	Significación $\alpha=0.05$	
1°	T6	131,667	a	
2°	T5	114,333	b	
3°	T2	476,667	c	
4°	T4	41,000	c	d
5°	T1	29,933	d	
6°	T3	7,467		e
7°	T0	1,890		e

Al haber diferencias altamente significativas entre los tratamientos se sometieron los datos a la prueba de comparación múltiple de Duncan a un nivel de significación del 0,05%, obteniéndose los resultados que se ven en la tabla 39; el tratamiento T6 con un valor de 131,667 ocupó la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicó el tratamiento T5 con un valor de 114,333, en tercer lugar, se encontró el tratamiento T2 con un valor de 47,667. El tratamiento T4 con un valor de 41,000 no presentó diferencias significativas con el tercer y cuarto lugar. Este lugar fue para el tratamiento T1 con un valor de 29,933 y el último lugar fue para los tratamientos T3 y el testigo T0 con valores de 7,467 y 1,890 respectivamente (ver figura 17). El tratamiento 6 señala que es muy ventajoso su incorporación al suelo ya que son organismos lactobacilus que intervienen en la degradación de la materia orgánica.

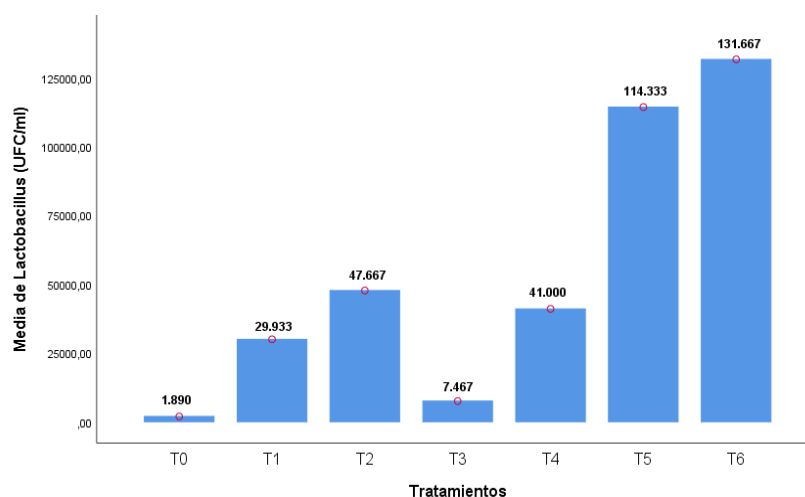


Figura 17 Resultado de la evaluación de Lactobacilos (UFC/ml) en biofertilizante.

5.4 RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE Y RESIDUOS DE POTA.

Al culminar la homogenización se obtuvo 380 kilos de biofertilizante. Finalizado el proceso fermentativo se logró 266 kilos de biofertilizante líquido y 105 kg de biofertilizante sólido lo que representó un rendimiento de 70 % y 27,63 % respectivamente tal como se muestra en la tabla 40. Peralta (2010), Noa (2013) Buchelli (2014), Quiñonez (2016) obtuvieron rendimientos de biofertilizantes líquidos de 70,2 por ciento, 77,21 por ciento, 83,1 por ciento y 57,0 por ciento respectivamente. Restrepo,

citado por Quiñonez (2016) sostiene que los fertilizantes varían en cuanto a su composición nutricional y rendimiento, debido a la calidad y cantidad de insumos, así mismo la eficiencia del prensado.

Por otra parte, se tuvo una merma de 9,0 kg que representa (2,37 %). Aparcana citado por Quiñonez (2016) señala es posible obtener una pérdida de hasta 10 por ciento en la preparación de biofertilizantes, cosechado a los 3 meses.

Tabla 40 *Rendimiento del biofertilizante*

Componente final	Biofertilizante en laboratorio		Biofertilizante en escala	
	peso (kg)	Porcentaje (%)	peso (kg)	Porcentaje (%)
Biofertilizante líquido	266,00	70,00	22 486,24	70,00
Biofertilizante sólido	105,00	27,63	8 876,15	27,63
Merma	9,00	2,37	760,81	2,37
Total	380,00	100,00	32 123,20	100,00

En la tabla 41 se observan los resultados obtenidos en la elaboración del biofertilizante en el presente trabajo, en relación a los residuos de pota, se encuentran cercanos a los reportados por Restrepo (2001) en cuanto al contenido de N, P y K.

Se evidencia que este producto es rico en nutrientes y posee una relación C/N de 8, la cual favorece los procesos de mineralización y humificación según Cairo y Herrera (1994), lo que conlleva a un aporte más rápido de nutrientes hacia las plantas, un incremento del humus en el suelo, y por consiguiente mejora la calidad del medio edáfico.

En lo que respecta a producción del biofertilizante, se observó un claro aumento de nutrientes y esto fue por el aporte del EM-1 y la melaza. Por tanto, se comprobó que estos últimos no solo fueron importantes para la fermentación, sino que, además, contribuyeron con el contenido de nutrientes.

En ambas comparaciones, los residuos de pota presentaron los menores valores. Esto demuestra que la mayor cantidad de nutrientes se concentró en el biofertilizante.

Los valores en promedio de conductividad eléctrica en restos de pota fueron 29,14 mS/cm con un pH en promedio de 6,42; mientras que el mejor tratamiento de biofertilizante, el valor en promedio fue de 27,42 mS/cm con un pH en promedio de 4,347.

Tabla 41 *Relación del mejor tratamiento biofertilizante y residuos de pota*

Parámetros	Unidades	Residuos de pota	Biofertilizante
pH	-	7,58	4,347
Materia orgánica	%	0,826	2,60
Materia seca	%	0,62	8,083
Conductividad eléctrica	mS/cm	29,14	27,42
Nitrógeno	%	0,428	0,66
Fósforo disponible	ppm	199	366,33
Potasio disponible	ppm	1881	2,048
Relación C/N	-	1,119	8,203

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE POTA

El valor de la humedad de los residuos de pota fue de 82,02 %. Este valor es cercano a los valores de composición proximal de los residuos de pota reportado por Peña (2008) en su estudio “Utilización de residuos de pota (*Dosidicus gigas*), para la obtención de un fertilizante orgánico líquido”, que obtuvo un valor de 88,43% de humedad; pero, en nuestro caso, fue superior en proteínas con un 14,69%, a diferencia del obtenido por Peña (2008) que obtuvo solo un 7,67% de proteínas. Esta diferencia puede deberse en primer lugar al contenido de humedad menor para nuestro caso y a las partes anatómicas empleadas como residuo.

6.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL BIOFERTILIZANTE

6.2.1. pH

El valor de pH más eficiente obtenido fue con el tratamiento 6 con la aplicación de 15% de melaza y 15% de microorganismos eficientes, obteniendo un pH de 4,347 (ver tabla 10). En trabajos similares como el de Peña (2008) bajo condiciones similares, obtuvo un pH de 4,3. Esto se debe, según García (2008), a que los microorganismos eficientes utilizan la melaza como fuente de carbono y que esta contiene microorganismos que generan acidez incluyendo, posiblemente a bacterias ácidos lácticas, siendo el mínimo a emplear un 10% de melaza para lograr esta disminución de pH.

El valor del pH de 4,347 (ácido), asegura que el fertilizante mantenga sus características en el tiempo por su presencia de ácido láctico, el cual es responsable de inhibir el crecimiento de bacterias patógenas putrefactivas.

La reducción del valor de pH es significativa debido a la acción de las bacterias existentes en el EM-1. La diferencia de pH en 3,28, implica un aumento en las concentraciones de materia orgánica en solución, potasio, calcio y magnesio lo que

coincide con Mosquera (2010), indica que, al adicionar melaza de caña en el proceso de fermentación, como fuente de energía favorece la actividad microbológica generando el aumento de concentraciones de K, Ca, Mg y micronutrientes como el boro.

6.2.2. Conductividad eléctrica

Con el menor tratamiento T3, se obtuvo un valor de conductividad eléctrica de 27,42 dS/m, tal como se observa en la tabla 12 valor superior al encontrado por Peña (2008) que encontró un valor de 20,40 dS/m al trabajar con un fertilizante a partir de residuos de pota, y muy superior al obtenido por Bossio (2007) que trabajó con residuos de pescado y obtuvo 16,50 dS/m; sin embargo, estos valores son aceptables y se encuentran dentro del promedio general de los fertilizantes orgánicos.

6.2.3. Concentración de nitrógeno

El nitrógeno resultante en el biofertilizante obtenido fue de 0,66% que equivale a 6,600 ppm, (ver tabla 14) lo cual es apropiado para las plantas ya que requieren grandes cantidades de este elemento. Este nutriente se incrementa debido a que la materia prima tiene altos niveles de proteínas, las cuales fueron degradadas hasta péptidos y aminoácidos por acción de las proteasas con ayuda de la fermentación bacteriana, permitiendo una asimilación fácil de nutrientes a las plantas.

6.2.4. Fósforo disponible

El valor del fósforo disponible en el biofertilizante de residuos de pota trabajado en el presente fue 366,33 ppm. Se puede observar en la tabla 16, valor que supera al contenido de fósforo del fertilizante de residuos de pescado con 310 ppm (Bossio, 2007) pero inferior al valor del fósforo obtenido por Peña (2008) en su elaboración de fertilizante con residuos de pota, el cual fue de 1222 ppm. Sin embargo, estos valores no son lo suficientemente altos para satisfacer la demanda de los vegetales.

6.2.5. Potasio disponible

El contenido de potasio llegó a 2,018 ppm. Este valor es alto y se debe a los aportes de la especie y de la melaza que es también una fuente muy buena de este nutriente. Sin embargo, es un valor muy inferior al obtenido en el trabajo realizado por Peña (2008), el cual fue 8160 ppm, que trabajó bajo las mismas condiciones.

6.2.6. Materia orgánica

El biofertilizante que se elaboró a base de residuos de pota obtuvo un total del 2,60% de materia orgánica. Según Herrera (2000), la materia orgánica (M. O.) se refiere a la cantidad total de los compuestos de origen orgánico que se superponen a la fracción mineral del suelo y es benéfica para la estructura de éste. Está compuesta de moléculas pequeñas, grasas y ceras, polisacáridos, sustancias húmicas, enzimas y la biomasa de microorganismos; estos provienen de la descomposición de material vivo. Incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo es posible gracias a la adición de abonos, fertilizantes orgánicos o biofertilizantes; con esto se logra mejorar las propiedades físicas del suelo, permitiendo que se formen espacios libres en él (poros) que permiten el intercambio de gases, aumentando la capacidad de retención de agua y de elementos nutritivos para las plantas (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+1} , NH^{+4} , Mn^{+2} , Cu^{+2} , Fe^{+3}).

6.2.7. Materia seca

El porcentaje de materia seca encontrado en este estudio fue de 8,08%, (ver tabla 22) valor acertado para la elaboración de un biofertilizante, que coincide con el empleado por Salvador y Sánchez, (2015) en la elaboración de biol a partir de residuos de trucha, con una concentración de carga de 8% (materia seca).

6.2.8. Relación C/N

Según Werner (1989) reportó un valor de C/N de 8,20; valor muy inferior al obtenido en la investigación de “Biol de residuos de trucha mediante una digestión anaerobia” de Salvador y Sánchez, (2015), quienes con restos de trucha con 10% B-LAC, obtuvieron un valor en relación C/N de 28,50.

En base a la relación C/N propuesta para otros abonos se consideró un rango ideal entre 8 y 12 (Vázquez 2003; Uribe 2003; García-Serrano et al. 2009).

6.3. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL BIOFERTILIZANTE

6.3.1 Bacterias totales

El tratamiento testigo To, que no tuvo en su preparación ningún EM-1 mostró un elevado conteo de bacterias totales. Esto se explica por la ausencia de la cepa de EM-1 y melaza que han favorecido la producción total y descontrolada de bacterias totales, favorecidas por la presencia de un pH 7,67 ideal para un desarrollo no controlado de bacterias putrefactivas. Los valores similarmente altos para el tratamiento T6 podrían deberse a otros microorganismos como los lactobacilos que crecen a pH ácido (4,35), favorecidos por la presencia de cepas EM y melaza. Esto concuerda con Gerardi (2003) quien señala que la abundancia relativa de bacterias dentro de un digestor anaeróbico frecuentemente es mayor a 10^{16} células por ml, población compuesta por bacterias sacarolíticas, proteolíticas, lipolíticas y formadoras de metano.

6.3.3 Actinomicetos

Resultados se ven en la tabla 29; el tratamiento T6 con un valor de $2,03 \times 10^5$ (UFC/ml) ocupó la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicó el T5 con un valor de $1,74 \times 10^5$ (UFC/ml), en tercer lugar, el T2 con $1,34 \times 10^5$ (UFC/ml) en cuarto lugar, el T4 con $1,03 \times 10^5$ (UFC/ml), en quinto lugar, se ubicó el T1 con $0,5 \times 10^5$ (UFC/ml) y en último lugar los tratamientos T3 y el testigo con valores de $0,1 \times 10^5$ (UFC/ml) $0,02 \times 10^5$ (UFC/ml) respectivamente.

Díaz Montoya (2017) obtuvo valores similares al del tratamiento T6 de $2,27 \times 10^5$ UFC/ml para un biol preparado con melaza y vísceras de pescado.

El comportamiento fluctuante (aumento y disminución) en las poblaciones de los microorganismos estudiados sería el resultado de la sucesión de poblaciones de organismos diferenciados esto estaría fuertemente influenciado por los insumos

empleados, las proporciones empleadas en cada formulación, y también la variación del pH durante el proceso.

Por otro lado, el olor y color del biol puede deberse a la actividad microbiana, dando lugar a metabolitos secundarios.

6.3.4 Mohos

El tratamiento T2 con un valor de 56,67 (UFC/ml) ocupó la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicó T6 con un valor de 30,00 (UFC/ml), en tercer lugar, se ubicaron los tratamientos T5 y T3 con 16,67 (UFC/ml) y 13,33 (UFC/ml) respectivamente, y en último lugar el testigo To y los tratamientos T1 y T4 con valores de 7,333 (UFC/ml), 5,667 (UFC/ml) respectivamente (ver tabla 31). En nuestro caso los resultados no siguen un patrón definido de reproducción y concuerdan con los resultados obtenidos por Díaz Montoya (2017).

Díaz Montoya (2017) obtuvo valores no definidos con altibajos que variaron desde 143 a 6390 UFC/ml biol producido artesanalmente, no habiendo encontrado un patrón definido de variación.

6.3.5 Levaduras

Los tratamientos T2, T3 y T6 con valores de 590,00 (UFC/ml), 563,3 (UFC/ml) y 553,33 (UFC/ml) ocuparon la primera ubicación, en segundo lugar, se ubicaron los tratamientos T4, T1 y T5 con valores de 173,3 (UFC/ml), 96,67 (UFC/ml) y 76,67 (UFC/ml) respectivamente, y en último lugar el testigo To con un valor de 60,00 (UFC/ml) tal como se muestra en la tabla 32. Estos valores son mucho menores a los obtenidos por Aguirre (2017), quien obtuvo cifras de 610×10^3 (UFC/ml) para biol preparado con cuyinaza.

Florez Jalixto (2017) registró $5,9 \times 10^3$ UFC/ml. Mientras que Sastro et al. (2013) indican que un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación biológica contiene $8,5 \times 10^6$ UFC/mL de levaduras. Faid et al., 1994, citados por Kim et al. (2010) indican que la importancia de las levaduras y bacterias lácticas empleadas en la fermentación de

residuos de pescado radica en la remoción de los olores fuertes a pescado. García (2008) menciona que es común encontrar presentes mohos y levaduras junto a las bacterias ácido lácticas, siendo responsables del olor característico a malta. Peña (2008) añade que la presencia de formación de gas puede deberse a las levaduras, los cuales son uno de los microorganismos más abundante en la melaza.

6.3.6 Fijadores de nitrógeno de vida libre

El tratamiento T6 con un valor de $49,33 \times 10^4$ (UFC/ml) ocupó la primera ubicación, lo cual es una característica positiva en la implementación de niveles de fertilización en leguminosas; en segundo lugar, se ubicó el tratamiento T5 con un valor de $29,23 \times 10^4$ (UFC/ml), en tercer lugar, los tratamientos T2, T4 y T1 con valores menores de $11,17 \times 10^4$ (UFC/ml) y en último lugar los tratamientos T3 y el testigo To con valores de $1,85 \times 10^4$ (UFC/ml) y $0,46 \times 10^4$ (UFC/ml) respectivamente (ver tabla 34). El tratamiento 6 con una cifra de $49,33 \times 10^4$ (UFC/ml) con mayor cantidad de fijadores de nitrógeno. Aquí se aprecia que los resultados tampoco siguen un patrón definido.

Ayala (2015) señaló resultados de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre de $7,3 \times 10^4$ a $10,8 \times 10^5$ (UFC/ml) en biofertilizante B Lac, el cual contuvo melaza, afrecho y agua; señalando que la población obtenida a partir de bacterias lácticas aumenta significativamente la población de hongos, actinomicetos y biomasa microbiana.

6.3.7 Fosfatosolubilizadores

El tratamiento T6 con un valor de 1 426,667 (UFC/ml) ocupó la primera ubicación, en segundo lugar, el tratamiento T5 con un valor de 750,000 (UFC/ml) en tercer lugar, se encontró el tratamiento T2 con un valor de 308,000 (UFC/ml). El tratamiento T4 con un valor de 267,667 (UFC/ml) no presentó diferencias significativas con el tercer y cuarto lugar, el testigo To con un valor de 131,000 (UFC/ml) no presentó diferencias significativas con el cuarto y quinto lugar, y en último lugar el tratamiento T3 con un valor de 68,067(UFC/ml) como se puede observar en la tabla 36.

Viera y Bernal (2004) obtuvieron valores de 6 a 6,42 UFC/g para compost de suelo. Las diferencias se deben entre otros motivos a las características de los materiales que componen la mezcla del biol a producirse, quienes evidentemente influyen en la producción del tipo de bacterias.

6.3.8 Lactobacilos

El tratamiento T6 con un valor de $13,2 \times 10^4$ (UFC/ml) ocupó la primera ubicación, en segundo lugar, el tratamiento T5 con un valor de $11,43 \times 10^4$ (UFC/ml), en tercer lugar se encontró el tratamiento T2 con un valor de $4,8 \times 10^4$ (UFC/ml) el tratamiento T4 con un valor de $4,1 \times 10^3$ (UFC/ml) no presentó diferencias significativas con el tercer y cuarto lugar, en cuarto lugar se ubicó el tratamiento T1 con un valor de $2,9 \times 10^3$ (UFC/ml) y en último lugar los tratamientos T3 y el testigo To con valores de $7,5 \times 10^2$ (UFC/ml) y $1,9 \times 10^2$ (UFC/ml) respectivamente (ver tabla 38). Se observa que la muestra testigo al no contener bacterias EM, no es favorecida la producción de bacterias lácticas. Un aspecto importante fue también el contenido de melaza de 10 y 15 %, al parecer como fuentes de carbono, favorecieron la producción de lactobacilos.

Quiñonez et al., 2016, citado por Quiñonez Ramírez (2016) señalan el contenido de *Lactobacillus* sp. de $7\,000 \times 10^4$ UFC/ml para B-Lac (consorcio microbiano ácido láctico con diversos niveles de melaza).

El tratamiento testigo To, sin EM en su formulación, mostró un elevado conteo de bacterias totales. Esto se explica por la ausencia de la cepa de EM y melaza, hecho que ha favorecido la producción creciente y descontrolada de bacterias totales, ayudados por la presencia de pH 7,67 ideal para un desarrollo no controlado de bacterias putrefactivas. Los valores similarmente altos para el tratamiento T6 podrían deberse a otros microorganismos como los lactobacilos que crecen a pH ácido (4,35), favorecidos por la presencia de cepas EM y melaza.

Gerardi (2003) señala que la abundancia relativa de bacterias dentro de un digestor anaeróbico frecuentemente es mayor a 10^{16} células por ml, población compuesta por bacterias sacarolíticas, proteolíticas, lipolíticas y formadoras de metano.

CONCLUSIONES

1. La composición fisicoquímica de los residuos de pota (*Dosidicus gigas*) fue 14,69 % de proteína, 7,58 de pH (ligeramente alcalino), conductividad eléctrica 29,14 mS/cm, nitrógeno 0,48 %, fósforo disponible 199 ppm, potasio disponible 1881 ppm, materia seca 0,62 %, relación C/N 1,119 y micro elementos, como calcio 103 ppm, magnesio 102,6 ppm, sodio 3439 ppm, boro 0,43 ppm, manganeso 0,04 ppm, hierro 0,24 ppm, cobre 0,03 ppm y zinc 0,05 ppm.
2. El valor de pH más eficiente obtenido fue con el tratamiento 6 con aplicación de 15% de melaza y 15% de microorganismos eficientes, dando un pH de 4,355 (acidez fuerte), el tratamiento 3 (con 10% de EM-1 y 5% de melaza) dio la más baja conductividad eléctrica 27,42 mS/cm, la mayor concentración de nitrógeno 0,66 % se obtuvo con el tratamiento 1 (5% de EM-1 y 2,5 % de melaza), la mayor concentración de fósforo disponible 366,3 ppm se obtuvo con el tratamiento 6 (15% EM-1 y 15% de melaza); la mayor concentración de potasio disponible se logró con el tratamiento 4 (10% EM-1 y 10% de melaza) con 2048,33 ppm, la relación C/N más elevada se obtuvo con el tratamiento 6 (15% EM-1 y 15% de melaza).
3. A mayor concentración de EM-1 y melaza en el tratamiento 6 (15% EM-1 y 15% de melaza), con relación a los restos de pota (*Dosidicus gigas*) se obtuvo una diferencia de pH de alcalinidad ligera (7,58) y con la acción de los EM-1 se obtuvo acidez fuerte (4,34). Hay un incremento favorable de fósforo de los residuos de pota de 199 ppm a 366,33 ppm en el tratamiento 6 (15% EM-1 y 15% de melaza). En el mismo tratamiento también se obtuvo mayor concentración de potasio disponible de 1881 ppm (residuos de pota) con la acción de los EM-1 a 2048,00 ppm.
4. A nivel de laboratorio se obtuvo un rendimiento 70,00 % de biofertilizante. Entonces, considerando los residuos de pota generados por las plantas pesqueras de Tacna en el año 2016 las cuales fueron 8 030,80 kg se produciría 32 123,2 kg de biofertilizante.

RECOMENDACIONES

1. A la UNJBG, Carrera de Ingeniería Pesquera, orientar a tesis en nuevos estudios de aprovechamiento de residuos hidrobiológicos.
2. Se recomienda a PRODUCE realizar eventos de capacitación con respecto a la importancia económica y aprovechamiento de los residuos de especies hidrobiológicas para la elaboración de diferentes abonos orgánicos a efectos de poder obtener nutrientes para diferentes especies vegetales.
3. A MINAGRI, propiciar con los agricultores recomendaciones para la elaboración de abonos orgánicos con otras especies diferentes a la pota (*Dosidicus gigas*).
4. A MINAGRI, propiciar en los agricultores el ensayo y la utilización del abono orgánico vía foliar a diferentes especies frutales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Textos:

- Aguirre (2017), *Producción de biofertilizante mediante fermentación de la cuyinaza por bacterias del género lactobacillus aisladas del fermento de la chicha de cebada*. Tesis de grado. Lima, Perú. Universidad Católica.
- Albuzio, A.; Durigon, V.; Provenzano, M. (2011). *Anaerobic digestion of trout by-products*. Waste and Biomass Valorization 2 (2): 127–131.
- Bossio, F. (2007). *Obtención de un biofertilizante basado en residuos de pescado y roca fosfatada*. Tesis Biólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 68 p.
- Criollo, H; Lagos, T; Piarpuezan, E; Pérez, R. (2011). *The effect of three liquid bio-fertilizers in the production of lettuce (Lactuca sativa L.) and cabbage (Brassica oleracea L. var. capitata)*. Agronomía Colombiana 29 (3):415-421.
- Chen, Y.; Tou, J.; Jaczynski, J. (2007). *Amino acid, fatty acid, and mineral profiles of materials recovered from rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) processing by-products using isoelectric solubilization/precipitation*. Journal of Food Science 72(9): 528-536 p.
- Fajardo, E. y Sarmiento, S. (2007). *Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de Saccharomyces cerevisiae*. Bogotá. 24 p.

- FAO (2014) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). *El estado mundial de la pesca y acuicultura*. Roma. 253 p.
- Fernández, G; Gutiérrez, C. (2002). *Diagnóstico ambiental y medidas de mitigación de impactos ambientales de la Empresa Piscifactoría de Los Andes S.A.* Ciclo Optativo de Profesionalización en Gestión de Calidad y Auditoría Ambiental. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 142 p.
- FUNDASES (2006). *Compostaje con la Tecnología EM*. Boletín Técnico. Bogotá-Colombia.
- Flórez, M. (2017). *Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*)*. Tesis Ing. Pesquero. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 60 p.
- García, L. (2008). *Uso de bacterias probióticas en el ensilado de residuos de pescado*. Tesis Blgo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 142 p.
- Delgado, F. (2018). *Diseño de una planta piloto de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, generados por las empresas pesqueras de la zona industrial de Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *“Metodología de la investigación”*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Higa, T. (1994). *Una Revolución para Salvar la Tierra*. Okinawa, Japón. 332 p.
- Jiménez, J. (2012). *“Elaboración de abono orgánico líquido fermentado (biol), a partir de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), de los criaderos*

- piscícolas de la parroquia de Tufiño*". Tesis de grado. Tulcán, Ecuador. Universidad politécnica estatal del Carchi.
- Kim, J.; Dao, V.; Kong, I.; Lee, H. (2010). *Identification and characterization of microorganisms from earth worm viscera for the conversion of fish wastes into liquid fertilizer*. *Bioresource Technology* 101 (14): 5131–5136.
- López, E. (2009). *Estudio de la prefactibilidad para la construcción de un sistema de almacenamiento de melaza para optimizar la capacidad instalada de la producción de alcohol en Ingenio Taboga. S. A., en Bebedero de Cañas, Guanacaste*. Costa Rica 37-38 p.
- Machaca, J. (2017). *Influencia del uso de microorganismos eficientes en el tiempo de elaboración del compost a partir de residuos sólidos orgánicos en Tacna, 2017*.
- Martínez, R. (2003). *Producción de un ensilado biológico a partir de vísceras de pescado de las especies Prochilodus mariae (coporo), Pseudoplatystoma fasciatum (bagre rayado) y Phractocephalus hemiliopterus (cajaro)*. Tesis Ing. Ambiental. Arauca. Universidad Nacional de Colombia. 83 p.
- Peña, N. (2008). *Utilización de residuos de pota (Dosidicus gigas), para la obtención de un fertilizante orgánico líquido*. Tesis Ing. Pesquero. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 108 p.
- Peralta, R. (2010). *Determinación de parámetros óptimos en la producción de fast biol usando las excretas del ganado lechero del establo de la UNALM*. Trabajo de

Investigación (Biólogo). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
120 p.

Proexpansión, (2014). *Productos orgánicos de exportación*.

Restrepo, J. (2001). Elaboración de abonos orgánicos, fermentados y biofertilizantes foliares. San José, Costa Rica: IICA.

Salvador, M.; Sánchez, Z. (2015). *Evaluación de biogás y biol en un biodigestor tipo batch utilizando residuos de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) tratado con Bio Lac*. Trabajo de Titulación (Ing. Pesquero). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 78 p.

Suarez, D. 2010. *Obtención de hidrolizado de proteína de pescado a partir de tilapia roja (Oreochromis sp.)*. Trabajo final para optar al título de Especialista en Ciencia y Tecnología de alimentos. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 49 p.

Soto, G. y Meléndez, G. 2004. *Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos*. Hoja técnica. Costa Rica. 91 y 92 p.

Soriano, J. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de Microorganismos eficaces*. Concepción. Universidad Nacional del centro del Perú.

Valdez, C.: Vargas, M. 2015. *Evaluación de ciclo de vida en el cultivo de trucha (Oncorhynchus mykiss) en la empresa Piscifactoría Peña SAC*. Tesis Ciclo

optativo de profesionalización de Calidad y Auditoría Ambiental. Lima, Perú.
Universidad Nacional Agraria La Molina. 159 p.

Vega J., Delgado K., Sibaja M. y Alvarado P. (2007). *Uso alternativo de la melaza de la caña de azúcar residual para la síntesis de espuma rígidas de poliuretano de uso industrial*. Costa Rica. 102 p.

Viera y Bernal (2004). *Determinación de la calidad microbiológica del compost para la producción ecológica de cultivos en la región interandina*.

Windsor, M; Barlow, S. (1984). *Introducción a los subproductos de pesquería*. Editorial Acribia, Zaragoza. España. 204 p.

Xelhuantzi J., Salazar G., Domínguez G., Arias L., Chávez A. (2012). *Manual para la elaboración de abonos orgánicos a partir de técnicas como la composta y lombricomposta*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias 2012, Folleto Técnico Número 2. México. 12p

Webgrafía

Álvarez, E. (2012). *Modo de activar los EM*. Consultado el 28 marzo de 2018
Disponible de <http://www.alaguaecotec.com/%28S%>.

APROLAP. (2007). *"Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces"*. Consultado el 29 de marzo de 2018. Disponible de http://www.emla.com/archivos-de_usuario/basedatos/manual-para_elaboracion_de_compost.pdf.

Arismendi, E. (2010). "*Microorganismos eficientes*". Consultado el 30 de marzo de 2018.

Disponible de

<http://www.rapaluruaguay.org/organicos/articulos/microorganismos>.

Biosca, A. (2001). *Que son los Microorganismos eficientes*. Consultado 30 de marzo.

Disponible de http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mgbr_eficientes.html.

DIREPRO-Tacna, (2016) "*Establecimientos industriales pesqueros en Tacna*".

Ministerio de la producción cede Tacna, Consultado el 19 de abril del 2018.

Disponible de: www.produce.gob.pe/.

Duxbury, J. M. (1994). *The significance of agricultural sources of greenhouse gases*.

Fert. Res. 38: 151-163. Consultado el 02 de marzo de 2018. Disponible en: <http://www.scirp.org/.../reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID>.

EARTH. (2009). *La tecnología EM y sus aplicaciones en la agricultura*. Consultado 10

de abril 2018. Disponible de www.emro.com.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012.

El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA). Consultado 14 abril 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/sofia/es>.

FUNDASES (Fundación de Asesorías para el Sector Rural) y EMRO (EM-Research

Organization) JAPÓN. (2009). Consultado 16 abril 2018. Disponible en: www.fundases.com.

Fernández, A. Sánchez, M. (2007). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

Argentina, Consultado 16 abril 2018 Disponible en:
https://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf.

IMARPE 1996. Laboratorio de costero Paita. Consultado de 17 abril de 2018. Disponible en: <http://www.imarpe.gob.pe/paita/pota.html>.

Piedrabuena (2003). *Microorganismos eficientes*. Consultado el 18 de abril de 2018. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid>.

Rodríguez, M. (2009). *Microorganismos eficientes (EM)*. Consultado: 30 de abril de 2018. Disponible en:
<http://aia.uniandes.edu.co/documentos/articulo%20em%20manuel%20r>.

ANEXOS

Anexo N°1. Resultados de la investigación

En lo que respecta a la caracterización de residuos de pota y biofertilizantes, esto se llevó a cabo en el laboratorio de ensayos agropecuarios, investigación y desarrollo Pedregal - Arequipa.

En el siguiente link <https://n9.cl/6i2hsv>, proporciono los resultados del análisis proximal de dichos residuos y análisis fisicoquímico y microbiológico del biofertilizante obtenido a partir de los residuos de pota.

Anexo N°2. Evidencias fotográficas



Figura 18 *Generación de residuos hidrobiológico – pota*



Figura 19 *Activación de microorganismos EM-1*



Figura 20 *Acondicionamiento para la elaboración del biofertilizante*



Figura 21 *Molienda de residuos de pota*



Figura 22 *Homogenización y monitoreo de los tratamientos.*



Figura 23 *Medición de parámetros de biofertilizantes.*