



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del *Tenebrio molitor*
para la producción de Abono, 2017

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR

Peter Albert Daviran Yance

ASESOR

Dr. José Eloy Cuellar Bautista

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tratamiento Y Gestión De Los Residuos Sólidos

LIMA - PERU

Año 2017 - II

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a).....
cuyo título es: " BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO
POR LA LARVA DEL Tenebrio molitor PARA LA PRODUCCIÓN DE
ABONO, 2017".....
.....

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: ...17... (número)
DIECISIETE.....(letras).

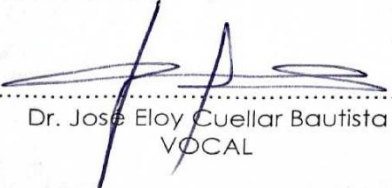
Lima, San Juan de Lurigancho. 14 de diciembre del 2017



.....
Mg. Fernando Sernaqué Aucchuasi
PRESIDENTE



.....
Mg. Marco Antonio Herrera Díaz
SECRETARIO



.....
Dr. José Eloy Cuellar Bautista
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

DEDICATORIA

Para el que me amó, me ama y amará incondicionalmente desde el principio, Dios. También mi papá Johnny Davirán, mi mamá Marcelina Yance, mi hermana Angela Davirán y Renzo Davirán, quienes me apoyaron en todas las maneras durante esta etapa en mi vida.

No junten tesoros y reservas aquí en la tierra, donde la polilla y el óxido hacen estragos, y donde los ladrones rompen el muro y roban. Junten tesoros en el Cielo, donde no hay polilla ni óxido para hacer estragos, y donde no hay ladrones para romper el muro y robar. Pues donde está tu tesoro, allí estará tu corazón (Mateo 6,19-21)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, ya que por su amor y voluntad se ha logrado realizar este trabajo de investigación.

A mi papá: Johny Davirán , mi mamá: Nancy Yance, mi hermana: Angela Davirán, mi hermano: Renzo Davirán, por haberme ayudado en mi desarrollo, desde las sonrisas, hasta las más difíciles circunstancias, los amo.

A la universidad César Vallejo, por darme las oportunidades para mi desarrollo profesional.

A mi asesor: el Dr. Eloy Cuéllar, que me ayudó con mucha paciencia en todo el proceso de esta investigación.

A mis profesores: el Dr. Antonio Delgado Arenas, Daniel Neciosup, Mg. Luis Gamarra, Ing. Máximo Zevallos, Dr. Lorgio Valdiviezo y Dr. Sabino Muñoz. Por su gran ayuda y apoyo para mi crecimiento profesional, incluso cuando no lo merecía.

A mis amigos: Jefferson Alarcón, Regina Zegarra, Miriam Soncco, Aida Cipriano, Kevin Auqui, Brenda Velásquez, Jhosili Rodríguez, Pamela Renteros y Daniela Carbajal, gracias por su compañerismo y lealtad mostrados en mi estadía por el centro de estudios.

Declaración de Autenticidad

Yo, **Peter Daviran Yance** con DNI N° 70789742, a efecto de cumplir las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Titulaciones de La Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Ambiental, declaro, bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Lima, Diciembre del 2017



Peter Daviran Yance

DNI N° 70789742

PRESENTACIÓN

Señores:

Miembros del jurado:

Presento ante ustedes la Tesis titulada “**BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor* PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017**”. Con el objetivo de evaluar en qué medida la biodegradación del EPS por la especie citada favorece a la producción de abono. El cual toma beneficio por parte del *Tenebrio molitor*, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Esperando cumplir con los requerimientos de aprobación

Peter Daviran Yance

ÍNDICE

RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA:.....	16
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	18
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	23
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	32
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	32
1.6. HIPÓTESIS.....	33
1.7. OBJETIVOS.....	33
II. MÉTODO	33
2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
2.2. VARIABLES Y DEFINICIÓN OPERACIONAL.....	34
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	35
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	36
2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	42
2.6. ASPECTOS ÉTICOS	43
III. RESULTADOS.....	43
IV. DISCUSIÓN.....	71
V. CONCLUSIONES.....	74
VI. RECOMENDACIONES.....	75
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Valoración de expertos.....	41
Cuadro 2 Consumo de EPS D10	44
Cuadro 3 Excreta producida.....	44
Cuadro 4 Variación de biomasa de EPS D10	44
Cuadro 5 Consumo de EPS D40	45
Cuadro 6 Excreta producida de EPS D40.....	45
Cuadro 7 Variación de biomasa de EPS D40	46
Cuadro 8 Contenido de Humedad de EPS D10 y D40.....	48
Cuadro 9 Conductividad eléctrica de EPS D10 y D40.....	49
Cuadro 10 Potencial de Hidrógeno de EPS D10 y D40	50
Cuadro 11 % de N,P y K de EPS D10 y D40	51
Cuadro 12 Materia orgánica de EPS D10 y D40.....	52
Cuadro 13 Prueba de normalidad de EPS D10 4 días.....	53
Cuadro 14 Prueba de normalidad de EPS D10 8 días.....	53
Cuadro 15 Prueba de normalidad de EPS D40 4 días.....	53
Cuadro 16 Prueba de normalidad de EPS D40 4 días.....	54
Cuadro 17 Prueba de varianzas todas los tratamientos.....	54
Cuadro 18 Prueba de Anova factorial 2x2 de todos los tratamientos.....	55
Cuadro 19 Prueba de normalidad para los parámetros físicos	57
Cuadro 20 Prueba de varianzas para los parámetros físicos.....	57
Cuadro 21 Prueba de Anova para los parámetros físicos.....	58
Cuadro 22 Prueba de normalidad para los parámetros químicos	58
Cuadro 23 Prueba de normalidad para Prueba U de Mann-Whitney para Materia orgánica	59
Cuadro 24 Prueba de normalidad para los parámetros químicos	59
Cuadro 25 Prueba de Anova para los parámetros químicos.....	60
Cuadro 26 Eficiencia de consumo de EPS para el tratamiento de EPS D10	61
Cuadro 27 Eficiencia para la producción de excreta de EPS D10	62
Cuadro 28 Eficiencia de variación de biomasa para el tratamiento de EPS D10.....	62
Cuadro 29 Eficiencia de consumo de EPS para el tratamiento de EPS D40	63
Cuadro 30 Eficiencia de excreta producida para el tratamiento de EPS D40	63
Cuadro 31 Eficiencia de variación de biomasa para el tratamiento de EPS D40.....	64

<i>Cuadro 35 Agrupado de Duncan para el consumo de EPS de todos los tratamientos</i>	
.....	67
<i>Cuadro 36 Agrupado de Duncan para la excreta producida de todos los tratamientos</i>	
.....	68
<i>Cuadro 37 Agrupado de Duncan para la variación de biomasa de todos los</i>	
<i>tratamientos</i>	70

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1 Consumo de EPS, excreta producida y variación de biomasa por tratamiento</i>	<i>47</i>
<i>Gráfico 2 Contenido de humedad por tratamiento</i>	<i>48</i>
<i>Gráfico 3 Conductividad eléctrica por tratamiento.....</i>	<i>49</i>
<i>Gráfico 4 Potencial de Hidrógeno por tratamiento</i>	<i>50</i>
<i>Gráfico 5 %N, P y K por tratamiento</i>	<i>51</i>
<i>Gráfico 6 % MO por cada tratamiento</i>	<i>52</i>
<i>Gráfico 7 Eficiencia del consumo de EPS por cada tratamiento</i>	<i>64</i>
<i>Gráfico 8 Eficiencia de la excreta producida por cada tratamiento</i>	<i>65</i>
<i>Gráfico 9 Eficiencia de la variación de biomasa por cada tratamiento</i>	<i>65</i>
<i>Gráfico 10 Consumo de EPS por cada tratamiento según el agrupado de Duncan.</i>	<i>67</i>
<i>Gráfico 11 Excreta producida por cada tratamiento según el agrupado de Duncan</i>	<i>69</i>
<i>Gráfico 12 Variación de biomasa según el agrupado de Duncan</i>	<i>70</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>ANEXO 1 Fases del Tenebrio molitor (gusano, pupa y escarabajo)</i>	82
<i>ANEXO 2 Crianza de la especie</i>	84
<i>ANEXO 3 Determinación de consumo de EPS, producción de excreta y variación de biomasa</i>	86
<i>ANEXO 4 Determinación de parámetros físicos</i>	89
<i>ANEXO 5 Instrumentos</i>	94
<i>ANEXO 6 Resultados de laboratorio</i>	97
<i>ANEXO 7 Validaciones</i>	101
<i>ANEXO 8 Matriz de consistencia</i>	112
<i>ANEXO 9 Acta de aprobación de originalidad de la tesis y resultados de Turnitin</i>	113
<i>ANEXO 10 Autorización de publicación de la tesis</i>	115
<i>ANEXO 11 Autorización de la versión final del trabajo de investigación</i>	116

RESUMEN

La presente investigación se basó en la biodegradación de la espuma de poliestireno, poliestireno expandido o tecnopor(EPS) por la larva del *Tenebrio molitor* para la producción de abono, 2017. La cual integra la evaluación de la medida en que esta especie puede biodegradar el EPS y producir abono a partir de ello. Para tal fin, se toman dos beneficios por parte del gusano de la harina que es la biodegradación del material y el uso de la excreta como un residuo seguro para utilizarse en plantas. Se utilizaron bloques de tecnopor de dos densidades: D10 (10Kg. /m³) y D40 (40Kg./ m³) para someterlos a degradación por los gusanos en recipientes de plástico y luego se emplearon fichas de observación para tomar datos del consumo de tecnopor (EPS), variación de biomasa y producción de excreta. Después se procedió a realizar los análisis del excremento producido a nivel nutricional (nitrógeno, fósforo extractable, potasio disponible, etc.). Hay que resaltar que el proyecto se dió en una zona en estación de invierno y las condiciones de crianza fueron a temperatura ambiente promedio de 21°C. Los resultados indican que para 4 días de biodegradación hubo un consumo de EPS D10 de 0,0416g., una excreta producida de 0,0307g. y una pérdida de biomasa de 0,0848 g. y para el EPS D40 fueron: consumo de EPS de 0,1460g., excreta producida de 0,1635 g. y una pérdida de biomasa de 0,3529 g. para un periodo de 8 días. Las eficiencias fueron de 12,20% de consumo para el tratamiento de EPS D10 por 8 días, 2,60% en producción de excreta con EPS D40 por 8 días y una pérdida de biomasa de 2,84% con EPS D10 por 4 días. De los parámetros finales de nutrientes de Nitrógeno, fósforo extractable y potasio disponible son respectivamente para el EPS D10 de: 3,92%; 0,27%; 0,78% y 1,18%; 0,3% y 0,69% para el EPS D40. Finalmente, los resultados indican una influencia de biodegradación del EPS pero poco eficiente por parte de la especie durante el proceso, además se muestran nutrientes en el excremento que se aprecian por diversos factores en la crianza como el canibalismo, restos de muda(piel) y cambio de fase a pupa.

Palabras clave: *Biodegradación, Tenebrio molitor, Espuma de Poliestireno, Abono.*

ABSTRACT

The present research was based on the biodegradation of Expandable Polystyrene (EPS) by the worm of *Tenebrio molitor* to produce fertilizer, 2017. Which includes the evaluation of how much this specie can biodegrade the EPS and produce fertilizer through that process. For that purpose, two benefits are included that are the biodegradation of the material and the use of the excrement as fertilizer. Two portions of EPS with different densities D10 (10Kg./m³) and D40 (40Kg./m³) went through degradation by the worms in plastic containers and then observation sheets were used to manage the information about the EPS consumption, biomass variation and excrement production. After that, the excrement analysis was made to know the nutrients such as nitrogen, phosphorous, available potassium, etc.). The project was made in winter and environmental temperature between 21°C. The results showed that for a period of 4 days of treatment with EPS D10 an EPS consumption, excrement production and biomass loss of 0.416 g., 0.0307 g. and 0.0848 g., and for an 8-day treatment with EPS D40 showed an EPS consumption of 0.1460 g., an excrement production of 0.1635 g. and a biomass loss of 0.3529 g. The efficiencies were: 12.20% of consumption for an 8-day treatment with EPS D10; 2.60% excrement production with EPS D40 in 8 days and a weight loss of 2.84% with EPS D10 in 4 days. Related to the final parameters of nutrients of nitrogen, extractable phosphorous and available potassium were 3.92%; 0.27%; 0.78% for the EPS D10 treatment and 1.18%, 0.3% and 0.69% for the EPS D40 treatment. Finally, the results indicate an influence of the EPS biodegradation but a low efficiency by the specie during the process. Also, there are nutrients in the excrete that appear because of some factors like cannibalism, molted skin and conversion to pupae.

Key words: *Biodegradation, Tenebrio molitor, Expandable Polystyrene, Fertilizer.*

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda el tema de la biodegradación de la espuma de poliestireno, poliestireno expandido (EPS) o tecnopor. En la actualidad, existen maneras de reciclarlo y reaprovecharlo, no obstante, se emiten contaminantes durante los procesos. Mas aún, no se habla mucho de métodos para su biodegradación segura en el medio ambiente. Sin embargo, en el 2015 se realizó un estudio con las larvas del gusano de la harina (*Tenebrio molitor*) que demostraron que la especie si consumía tal material y degradaba su estructura a moléculas más simples a través de microorganismos que habitaban en el sistema digestivo de la especie. Dicho descubrimiento abre las puertas a muchos enfoques, el cual uno de ellos es el tratamiento del EPS.

La característica del gusano de la harina o *T. molitor* es que es una especie muy conocida debido a que tiene muchas utilidades, por ejemplo: la producción de estos para el consumo de peces, aves, etc., incluso en otros países incluso es una especie comestible. También la producción de abono el cual es el tema de la investigación.

Para analizar esta problemática, se requiere mencionar las causas; en las que tenemos que el EPS por ser un material de uso rápido, es muchas veces arrojado en los distintos medios y permanece por mucho tiempo por su difícil degradación. Así mismo, el poliestireno es considerado como posible material cancerígeno por su estructura singular y su alta persistencia en el medio puede ser un riesgo para la naturaleza.

Por la cual, el interés de la investigación es dar como opción el tratamiento de este material a través de la biodegradación del EPS por la especie. Además, el uso de los residuos de este proceso como el excremento para la producción de abono a un nivel que se considere eficiente.

El estudio tiene una metodología experimental, el cual se sometieron dos tipos de EPS de distintas densidades (10Kg./m^3 y 40Kg./m^3) a biodegradación por las larvas de *T. molitor* para cuantificar el consumo de EPS, la excreta producida y la variación de biomasa del gusano. Luego se hizo luego un estudio nutricional del excremento producido en parámetros como contenido de humedad, conductividad eléctrica,

porcentajes de N,P, K y Materia Orgánica (MO) que se sometieron a evaluación. Durante los experimentos se observaron muchos factores que afectaron los resultados como el canibalismo, restos de exoesqueleto(mudas de piel) y la conversión de fase a pupa en la especie y las condiciones en las cuales se desarrolló la investigación.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar en qué medida la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* favorece a la producción de abono, la cual se hizo por los objetivos específicos que fueron: determinar la eficiencia de la biodegradación del EPS por la larva de *T. molitor* para la producción de abono y determinar el mejor tratamiento de biodegradación de la espuma de poliestireno por la especie para la producción de abono.

En la primera parte se plantean los siguientes problemas: ¿En qué medida la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* influye a la producción de abono?, ¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* para la producción de abono?, ¿Cuál es el mejor tratamiento de biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* para la producción de abono?

En la segunda parte del proyecto se presenta la metodología, el diseño de la investigación, la definición de las variables y su operacionalización, población y muestra, las metodologías de los experimentos y el procesado estadístico de los datos de la información de campo.

En la tercera parte se muestran los resultados de la biodegradación de la espuma de poliestireno, como: el consumo de EPS, producción de excreta, variación de biomasa y de los análisis de la excreta producida en el proceso como: contenido de humedad, conductividad eléctrica, pH , porcentajes de de N, P, K y MO. Los cuales se evaluaron para la medida de la biodegradación del EPS por la especie para la producción de abono.

En el cuarto punto, presenta la discusión de los resultados con el propósito de demostrar las hipótesis planteadas y la respectiva comparación con los trabajos previos de la investigación.

En el punto quinto, sexto y séptimo se muestran ordenadamente las conclusiones y recomendaciones de la investigación presente.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA:

En la actualidad los problemas de contaminación ambiental son numerosos y han dejado serios daños en el medio ambiente. Cada día la tecnología avanza para mejorar muchos aspectos de la vida cotidiana. Sin embargo, muchas veces utilizando químicos que son agresivos al medio ambiente o cuyo tratamiento al final de su uso son costosos o complejos.

La generación de nuevos materiales para las distintas actividades humanas dejan muchas ventajas como desventajas. Tanto así que se han creado materiales que se pensaban que no podían ser degradados ni naturalmente y menos artificialmente, tal es el caso de la espuma de poliestireno o poliestireno expandido(EPS) o tecnopor, que es un plástico derivado del petróleo el cual es utilizado como material aislante térmico, protección de objetos de envío, etc. Cuyo bajo costo de producción hace que sea un material muy común en las diferentes industrias. Castells (2012) indica que se estimó que el consumo en el 2012 de este material fue de aproximadamente cuatro millones de toneladas, en el cual la mayor parte iba para el sector de construcción. (p.1010)

Sin embargo, según la British Broadcasting Corporation, el poliestireno expandido posee desventajas en su mala disposición e impactos al ser arrojados al medio ambiente. Por ejemplo: puede provocar problemas bloqueos en el intestino en la alimentación de los animales o incluso la nuestra. Según McCauley , profesor de la universidad de California, EEUU. En otro aspecto puede traer problemas también sociales, ya que se pueden ingerir las especies contaminadas con este material. La alta persistencia del poliestireno expandido en el medio ambiente por su particular estructura la hace difícil de degradar, lo cual puede unirse a cuerpos más pesados, y sedimentar e irse al fondo marino. (2015, p.1).

Barnetson (2004), indica que el peso ligero del EPS es una ventaja en los empaques, pero es un problema al momento de reciclarse porque el transporte se hace

difícil, implicando altos costos a los lugares de recuperación, además de una Diferencia marginal en el reciclaje de este material. (p.51)

A pesar de poder ser tratado debido a su gran poder calorífico en plantas de recuperación energética, la informalidad en la disposición y los costos de la construcción de tales plantas pueden ser elevados, además de causar contaminantes atmosféricos, y por ende, impactos ambientales, económicos y sociales. Quintero (2013), señala que se habla mucho del reciclaje del poliestireno expandido, generando nuevos productos como resinas. (p.42). Sin embargo, no se menciona sobre métodos de degradación o reducción del material creado a componentes menos inofensivos o no duraderos en el medio.

Organizaciones como la BBC(2015), informan que a nivel internacional hay organizaciones encargadas del reciclaje del EPS. Aparte de ello, son más de 70 ciudades como New York, Washington DC; San Francisco, etc.(p.1), las cuales prohibieron su uso debido a la difícil degradación e impactos a los ecosistemas acuáticos e incluso los mismos gobiernos inducen a los fabricantes a reducir la utilización de estos materiales por la dificultad de reciclaje (Herrera,2001,p.39). En cambio, a nivel nacional de acuerdo al INEI en el año 2001 el consumo de poliestireno fue de 2219,4 t., sin especificarse la cantidad de poliestireno expandido. (Torres, 2004, p.77). El reciclaje del EPS no es muy común y termina siendo desechado por la población. En adición, Contreras (2015) toma en cuenta que los residuos de espuma de poliestireno no son material atrayente de recolección para los recicladores, ya que no hay muchas empresas que puedan tratarlo. (p. 15)

Por ello es necesario generar alternativas de solución al problema del poliestireno, el cual no tenga que pasar por otros procesos que dejen residuos de tratado, reciclaje, etc. Aunque ello pueda parecer irreal en nuestra actualidad, la naturaleza ha dado la solución y está en el *T. molitor*. Yang (2015), en su estudio señala que el EPS podría ser una alternativa en el enfoque de remediación de los desperdicios plásticos ya que se estudió y confirmó la biodegradación de la espuma de poliestireno en este animal. (p.18)

Este pequeño animal puede ser utilizado como alimento humano según estudios o consumo animal. Así pues, en la investigación de Ramos (2008), confirma el uso de su excreta como abono para la mejora de suelos de uso agrícola (p.301), y son

alternativa de ingresos económicos ya que hay grandes industrias en Asia y Europa que generan ganancias con el excremento de este animal.

Esta investigación se desarrolló para darle una posible utilidad a la capacidad de biodegradación de la espuma de poliestireno por los gusanos de la harina o *T. molitor* para hacer de esta una alternativa para la reducción de este tipo de residuos y generar ingresos o beneficios a través de la excreta de este gusano para producir abono.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Según YANG, Yu,[et. al.]. (2015). En su trabajo “Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms. 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests”, realizado en la Universidad Beihang, Beijing en China cuyo objetivo del estudio era determinar la degradación del poliestireno(PS) mediante las larvas del *T. molitor Linnaeus*. El problema señala que el consumo internacional de plástico sintético a base de petróleo fue de aproximadamente doscientos noventa y nueve toneladas métricas por año, del cual del estireno fue de veintiún toneladas métricas por año en el 2013. Se pensaba hasta hoy que el estireno no era sujeto de biodegradación por microorganismos e invertebrados del suelo, poniendo a estudio muchos organismos como isópodos, milípedos, caracoles, etc. Lo cual lleva a la prueba del *T. molitor*,. La metodología presente tomó a evaluar gusanos de la harina(*T. molitor*), a lo largo de pruebas que fueron: Pruebas de alimentación el cuál determinó la pérdida de masa con unos cubos de poliestireno expandido, la supervivencia se evaluó con los gusanos con una dieta normal a una de sólo estireno, para caracterizar la fécula, los gusanos fueron alimentados con bloques de estireno por 30 días, cada 12 horas se sacaron los gusanos y se extrajo la fécula en nitrógeno líquido para su análisis, para la prueba del balance de masa de carbono se pusieron los gusanos con trampas de CO₂, y también fueron sacrificados luego para observar la ganancia de biomasa. Los resultados indican que el estireno fue degradado eficientemente en un tiempo de retención de 24 horas, en comparación de una dieta única con estireno y una normal (trigo) las larvas vivieron durante el período de 1 mes, convirtiendo el 47,7% de carbón del estireno en CO₂ y lo demás en material biodegradable, la biomasa seca en un 0,2% en 16 días. Además, los miligramos de estireno consumido , ganancia de biomasa y excreta producida para un tratamiento

de 4 días fueron; 90,8 mg., 0,5mg. y 66,8 mg. Y para un tratamiento de 8 días fueron: 110 mg. , 0,6 mg. y 66,8mg. . La recuperación de carbono en el consumo de EPS es de 15,34% para 4 días y 18,03% para 8 días, para la excreta producida los valores son de 73,57% para 4 días y 59,73% para 8 días. Las conclusiones fueron que existe una rápida biodegradación de PS en el intestino de las larvas, destinando un nuevo destino para los residuos de plástico en el medio ambiente. Este trabajo tiene relación con la investigación en curso, porque propone la metodología de la evaluación de los gusanos de la harina para la cantidad que se consume, en qué se transforma, la cantidad de biomasa ganada, supervivencia de los organismos (si reaccionan a una dieta de sólo estireno), dando un estudio explicativo ya que el tema no se ha tocado anteriormente en un enfoque científico.

YANG, Yu.,[et.al] (2015).En su investigación “Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms. 2. Role of Gut Microorganisms”, el estudio se realizó en la Universidad Beihang, Beijing en China. El objetivo del estudio fue determinar si la supresión de los microorganismos de los intestinos de este gusano puede perjudicar su capacidad para la biodegradación de poliestireno (PS) y mineralización y aislar las bacterias degradantes de PS de los intestinos del gusano para entender el rol de la microbiota del interior del gusano en la biodegradación del PS. El problema destacaba en que el uso de ciertos antibióticos utilizados en ciertos insectos inhiben las funcionalidades como es el caso de la degradación del poliestireno expandido en su interior, esto debido a que modificaba la microbiota presente en el interior, inhibiendo su correcto funcionamiento. La metodología incluía: para el tratamiento de la supresión, el uso de un microscopio de electrones de escaneo ambiental, siendo los gusanos alimentados con estireno por 2 semanas y luego se los esterilizó con etanol, luego se le extirpó los intestinos, para luego prepararlos con 6 distintos antibióticos en cultivos, se aislaron los microorganismos presentes en los intestinos para su descripción, luego se prepararon en cultivos a los microorganismos que consumían estireno y se evaluó la disminución del peso de láminas de estireno por 28 días. Los resultados muestran que la gentamicina fue el mejor inhibidor de bacterias intestinales entre 6 antibióticos probados, perdiendo la habilidad de depolimerizar PS y mineralizar PS en CO₂, La bacteria *Exiguobacterium* sp. Formó en 28 días cavidades en superficies de PS además las conclusiones

indican el importante rol de las bacterias intestinales del *T. molitor* en la biodegradación y mineralización de PS, confirmando la biodegradación de PS por estos gusanos. Esta investigación sirve para ampliar la explicación de la función de qué microorganismos y en qué cantidad realizan la depolimerización del estireno en ambientes fuera del gusano mismo como cultivos y su posible uso en la industria. La importancia de esta investigación es la explicación y la afirmación de la teoría que la especie estudiada si puede biodegradar la espuma de poliestireno y no sólo tragarla y desecharla tal como entró, ayuda a la metodología de la investigación propuesta, dando un nivel explicativo.

Según RAMOS, Julieta, et. al. (2008). En su estudio: "Utilización potencial de la excreta del gusano amarillo de las harinas como abono orgánico". Esta investigación se presentó en la UNAM, México. Se planteó como objetivo del estudio determinar la productividad del excremento del *T. molitor*, su análisis químico proximal y eficiencia como abono. El problema trató de la ausencia de nutrientes en el suelo por las distintas actividades productivas, los cuales nos llevan a utilizar abonos, lo cual es de necesidad para dar compensación al desgaste del suelo. Por ello, la utilización de otros nutrientes como el abono de insectos es factible por la expansión de estos, además como alternativa. La metodología describe que se alimentó a los gusanos (*T. molitor*) con desechos orgánicos de origen vegetal con levadura de cerveza al 5%, en cajas de 1Kg. de capacidad con 27°C aproximadamente y 60 a 70°C de humedad relativa, fotoperiodo de 12 horas, luego se tamizó con una malla número 40 y se llevó a laboratorio para hacer el análisis químico proximal y de minerales, para la productividad se usó la calabaza (*Cucurbita argyrosperma*) a 70 cm del suelo, en 16m², se cortaron las flores, y además en 16m², se hicieron dos surcos uno con excremento de *T. molitor* y otro con un fertilizante para comparar la producción de calabazas, cortándolas y pesándolas, incluyendo la medición de las dimensiones de las plantas. La metodología utilizada permitió evaluar la productividad de la biomasa producida, cantidad de alimento dado y la excreta producida, los resultados muestran que la excreta del gusano contiene bastante cantidad de nitrógeno (30,66%), fósforo(1,86%) y sales minerales totales, también de Mg(9900ppm), Na(331,3ppm), Mn(162ppm) y otros en base seca, pero no humedad(6,53%), en la productividad se observó que 10 cajas con 500g. de sustrato c/u generó 2861,7g. de abono, donde se

observó que utilizando un fertilizante orgánico en y la excreta del gusano de la harina 16m², produjo el último 9 frutos más que el suelo con fertilizante orgánico. Las conclusiones indican que las plantaciones con abono de *T. molitor* produjeron plantas con mayor tamaño, coloración más verde oscuro y mayor superficie foliar. La investigación ayuda al trabajo al proponer la metodología para hacer los análisis de las excretas generadas de los gusanos de la harina en el proceso de digestión y además de análisis de las características para su uso como abono.

Según NG, Joseph. (2009). En su estudio “Efectos del *T. molitor Linnaeus* en la degradación y conversión de desperdicios de comida en fertilizante orgánico”. Presentada en la Universidad Tecnológica de Nanyang, Singapur. La problemática radicó en la disminución de los desperdicios de comida y convertirlos en fertilizantes, de los cuales la disminución del contenido de nitrógeno ha sido un problema muy común, la solución puede estar en el gusano de la harina o mejor conocido como *T. molitor*, cuya crianza puede ser casera y es una especie fácil de conseguir. Cuyo objetivo es investigar los efectos de la larva *T. molitor L.* en la degradación y conversión de desperdicios de comida en fertilizante orgánico. La metodología del estudio indicó sobre la crianza del gusano de la harina entre 60 a 70% de humedad y un pH entre 6 y 8,5, con una tasa de supervivencia de 88% fueron observadas en la degradación de desperdicio de comida. Lo cual se apreció una reducción de masa de 32,9% de la comida dada por la ingestión de las larvas en sus 4 fases, de las cuales la tasa más alta de alimentación fue de 29,8g./día. Referente a los nutrientes N,P,K; hubo un aumento promedio en el contenido de nitrógeno de 20,64%. Los aumentos de fósforo y potasio en las 4 fases fueron 127,36% y 27,5% respectivamente. Concluyendo que la metabolización del gusano de la harina y su excreta pueden usarse como fertilizantes, Además el proceso del gusano de la harina fue maduro y no inhibió la germinación de las semillas. La importancia de esta investigación es que ayudará a la comparación de datos en el aumento de los porcentajes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la degradación de desperdicios de comida y sobre la metodología.

De acuerdo con QUINTERO, Carlos. (2013) en su estudio “Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto

ambiental en rellenos sanitarios”. Este trabajo se presentó en Manizales, Colombia. El objetivo del estudio es evaluar el método termo-mecánico en la recuperación de poliestireno expandido, caracterización de la misma y comparar los otros métodos de reducción de volumen como la trituración mecánica, recuperación química y por aglutinamiento(referido de EPS). La metodología consiste en términos cuantitativos, con estadística descriptiva conforme a las variables que son: la caracterización física de la resina(producto del reciclaje mecánico-térmico del EPS) y aprovechamiento del EPS(en relación a la comparación de la recuperación del poliestireno expandido a partir de las técnicas de: reciclado mecánico-térmico, químico, aglutinamiento y mecánico-triturado). El problema yace en que los materiales de embalaje y empaque a base de poliestireno expandido(EPS) tienen un ciclo de vida muy corto y que su descomposición en el medio ambiente es lenta, teniendo un uso industrial rápido y forman rápidamente parte de la aglomeración de los residuos sólidos generados diariamente. (Cáceres, *[et. al.]*,2009). La disminución del volumen de los desechos de estos derivados del plástico, se pueden dar de diversas formas, además de ser importante y prioritario escoger la alternativa que necesite menos energía para su transformación. La metodología del estudio consiste en reciclar por el método termo-mecánico el EPS para conseguir y recuperar una resina termoplástica que minimice el volumen del compuesto, con un enfoque ambiental y a la mitigación de su impacto al medio. Los resultados demuestran que se obtuvo una resina como materia prima lista para otro tipo de usos, y en comparación con otros métodos para reducir el volumen, se obtiene una resina termoplástica, moldeable, sin agentes expansores, inodora para ser usada con materiales de forma pura o combinada. En la caracterización de la resina obtenida se concluye que el material aumenta su densidad y reduce su espacio, que es ideal en los procesos de reciclaje, mitigando su impacto y aumentando su capacidad para utilizar y mejorar el aprovechamiento de los rellenos sanitarios. La información que brinda esta investigación permite ver las alternativas utilizadas para la reducción del poliestireno expandido y sus resultados que se pueden comparar con el estudio presente.

De acuerdo con PÉREZ ,Laura . (2013) Eficacia biodegradativa por bacterias hidrocarbonoclasticas sobre poliestireno expandido. Esta investigación se presentó en la Universidad Veracruzana de México. El objetivo es determinar la eficacia biodegradativa de bacterias hidrocarbonoclasticas sobre poliestireno expandido

aisladas a partir de petróleo crudo (Maya e Istmo) y muestras de agua-sedimento del río Coatzacoalcos. El poliestireno es un material que ha dado beneficios sociales. Sin embargo, ecológicamente, impacta a ecosistemas tanto terrestres como acuáticos, ya que ha llegado al mar en forma de microplásticos, que son consumidos por la fauna y hay bioacumulación en sus tejidos, causándoles asfixia (Lavender *et al.*, Andrady,2011). A pesar de ello, no hay muchos estudios sobre la degradación del poliestireno expandido. Además, presenta problemas ya que bien el costo de producción es bajo, el de reciclaje no es conveniente(Baird,2001). Lo cual da como alternativa la búsqueda de microorganismos que puedan degradarlo y ver su eficacia en el poliestireno (previamente tratado). La metodología consiste en que se consiguieron y aislaron las cepas bacterianas de petróleo crudo del río Coatzacoalcos(agua-sedimentos). Los géneros observados fueron: *Aeromonas sp.*, *Comamonas sp.*, *Pseudomonas sp.* *Shewanella sp.* y *Vibrio sp.*. Se hicieron pruebas de biodegradabilidad con el crecimiento de las diferentes cepas agregando al cultivo poliestireno expandido con previo tratamiento de gasolina y acetona, esta adición se hizo cuando los cultivos alcanzaron la fase estacionaria, momento en el que se acabó la fuente de carbono. Los resultados demostraron que las cepas identificadas tiene eficacia para el tratamiento para biodegradar el poliestireno expandido, pero no todos lo hacen con la misma magnitud ni eficiencia. A parte, las bacterias del género *Aeromonas sp.* Fueron más eficaces y eficientes, después del género *Pseudomonas sp.* y *Comamonas sp.* En cambio, los géneros *Shewanella sp.* y *Vibrio sp.* Fueron los menos eficaces y eficientes. La investigación da información sobre otras formas de biodegradar el poliestireno.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de la investigación se toma en cuenta la clasificación de la especie utilizada. Según la Entomological Society of Canada la especie de estudio tiene la siguiente taxonomía:

NOMBRE CIENTÍFICO: *Tenebrio molitor Linnaeus 1758*

Reino	Animalia
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Hexapoda
Clase	Insecta
Orden	Coleóptera
Suborden	Polyphaga
Infraorden	Cucujiformia
Superfamilia	Tenebrionoidea
Familia	Tenebrionidae
Género	Tenebrio
Especie	molitor

(1996,p.1)

Según Yang (2015), la larva del gusano de la harina o *T. molitor Linnaeus*(una especie de escarabajo oscuro). Pueden comer estireno como dieta sola. Son considerados pestes y tienen cuatro fases en su vida: huevo, larva, pupa y adulto. Pueden ser criados en avena fresca, salvado de trigo, zanahorias,etc. (p.4)

Según Ramírez (1982), es conocido mayormente como “gusano de la harina”, en su estado adultos se conoce como gorgojo negro y se considera una plaga secundaria porque suelen alimentarse de granos y semillas que ya han sido dañados anteriormente, con un origen probable en Europa o Asia (p.1)

De acuerdo con Ramos (2002), su alimentación consiste básicamente en harinas, granos, cereales, plumas, insectos muertos, telas, etc. El periodo de su ciclo de vida depende del medio ambiente, los parámetros óptimos están entre 25 a 27°C y una humedad del 70 al 80% aproximadamente,

generalmente se demoran 200 días en completarlo. De acuerdo a Edney(1957) Son insectos resistentes y pueden vivir con alimentos que consisten de hasta 1 % de agua(p.51), y en condiciones con baja humedad pierden masa pero conservan el agua en su metabolismo para recompensar el agua metabólica por la evaporación, tal que la proporción de agua permanezca constante. Además, en ambientes de menos humedad, no excretan para evitar la pérdida de agua y pierden carbono para mantener el nivel de humedad. (Buxton citado por Edney, 1957, p.53). Sin embargo, Dossey [et.al.] (2016) indica que también presentan comportamientos como el canibalismo en distintas etapas de su ciclo como por ejemplo de los gusanos hacia las pupas, las cuales en la producción a gran escala son tolerables por el ciclo irregular durante sus fases larvianas. (p.170)

Son organismos que pasan por una serie de transformaciones las cuales son de huevo, larva, pupa y adulto (Ver anexo 1), lo cual son llamados holometabólicos.(p.301)

Así mismo, Díaz (2014), indica que durante el ciclo de vida, las hembras pueden depositar desde 250 a 1000 huevos de color blanco y forma de riñón. Se incuban en un periodo de 4 a 18 días, después eclosionan las larvas que son de color blanco al principio y van tomando el color amarillo poco a poco. Cuando ya están desarrolladas pueden medir entre 2,5 a 3,5 cm. de largo, a los tres meses ya están desarrolladas. El ciclo biológico está entre los 9 a 23 meses, el cual es variable dependiendo de los parámetros de crianza como temperatura, humedad e iluminación, acortando el ciclo hasta 2.5 meses. La temperatura adecuada es de 25 a 27°C, y no llega al fin del ciclo si sobrepasa los 30°C, el periodo de mayor ovoposición se da a los 26°C.(p.5).

Damborsky (1999), en su investigación señala que la supervivencia es menor hasta el primer mes de vida, en la fase de huevo y larva, luego la supervivencia es constante hasta los 205 días. El segundo estado larval es el más vulnerable a la mortalidad. (p.3)

Además, el mismo autor menciona la supervivencia del *T. molitor* que presenta una alta mortalidad en la fase de huevo y en el estadio larval 2, de los 11 estadios tomados que se presentan en toda su etapa como larvas.(1999,p.2)

Varios como: autores Ayala (2007), Cabrera (s.f), Ibáñez (s.f.), BiD Network(2007), Argueta (2013), señalan las utilidades de este insecto son diversas pero algunas de ellas son:

- Suplemento alimenticio para mascotas como peces, pequeños reptiles, aves, erizos, etc.
- Recuperación de animales enfermos.
- Terapia ocupacional en los zoológicos.
- Elaboración de harina con las larvas.
- Se probó que contiene alto contenido proteico (Ramos-Elorduy,1987)
- Como carnada en la Pesca.
- Su excremento es un buen abono orgánico. (p.12)

Las condiciones de crianza en criadero según Ayala (2011), indica que se puede realizar en cajas plásticas en la cual la limpieza no es necesariamente frecuente, con una alimentación en proporciones iguales de harina de trigo, salvado de trigo, pan rallado, proteína de soya, comida de perros, pan duro, etc. a 25°C. (párr.3)

Referente a la capacidad de esta especie de biodegradar la espuma de poliestireno se toma en base al estudio de Yang y sus colegas (2015), el consumo de espuma de poliestireno por el *T. molitor* está dada por la biodegradación y mineralización del EPS que ocurre en los intestinos de los gusanos de la harina. Está dado en los cambios de las propiedades físicas y químicas de los residuos eliminados(fécula) después de pasar por el sistema digestivo. Con la conversión en CO₂ y biomasa. (p.4)

El proceso de la degradación simbiótica que fue propuesto por Yang (2015), consiste en un diagrama con lo siguiente: el estireno es masticado

en pequeñas fracciones, aumentando el área de contacto entre las bacterias y el poliestireno y enzimas extracelulares, luego los fragmentos digeridos son combinados con la microbiota intestinal que expulsa enzimas extracelulares en su excreta para catalizar la polimerización de lo ingerido en productos moleculares, después tales productos son principalmente degradados o mineralizados en CO₂ por microbios o el gusano huésped, y limitados carbonos de los productos son más asimilados en biomasa, finalmente el estireno residual y otros productos intermedios con algunos microbios son expulsados como fécula, donde aún más degradación puede continuar.(p.18)

En el artículo de Jordan (2015), informa que 100 gusanos comieron entre 34 y 39 mg. de estireno por día siendo degradado eficientemente en un tiempo de retención de 24 horas, en comparación de una dieta única con estireno y una normal (trigo) las larvas vivieron durante el período de 1 mes, convirtiendo el 47,7% de carbón del estireno en CO₂ y lo demás en material biodegradable. (párr.5)

Respecto a los abonos, existen varios tipos de abono que son llamados de acuerdo a sus componentes. Un abono simple sólo contiene un fertilizante, en cambio los abonos compuestos poseen dos o más nutrientes primarios (N,P,K), y también algunos de los secundarios (Ca, Mg, Na, S,) o de los micronutrientes (Bo, Co, Cu, Mn, Fe, Mo, Zn) importantes para el crecimiento vegetal, en pequeñas proporciones en comparación con los dos nutrientes anteriores.

Ramos (2008), indica que el estiércol es el fertilizante o abono más usado, el cual depende de la fuente animal y el momento de generación. (p.302). Utilizó en su investigación estiércol de *T. molitor* como fertilizante en plantaciones de calabazas, obteniendo la figura 1:

Abonos	Humedad (%)	Materia seca	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio
--------	-------------	--------------	-----------	---------	---------	--------

			(Porcentaje en base seca)	(Porcentaje en base seca)	(Porcentaje en base seca)	(Porcentaje en base seca)
Excreta	6,53	93,47	30,66	1,86	-	0,28
Vaca	83,2	16,8	9,94	6,42	3,3	-
Caballo	74,02	26	8,8	4,42	5	-
Oveja	64	36	10,58	4,52	3,47	-
Llama	62	38	10,34	3,47	3,52	-
Vicuña	65	35	10,34	5,71	3,74	-
Alpaca	63	37	9,72	3,02	3,48	-
Cerdo	80	20	18,65	22,6	14,45	-

Figura 1 Contenido de nutrientes de diferentes tipos de estiércol en porcentajes en base seca, tómesese el valor de excreta como T. molitor

Fuente: Utilización potencial de la excreta del gusano amarillo de las Harinas como abono orgánico, 2008.

Los resultados de tal investigación arrojan que hay potencialidad en el uso de la excreta de *T. molitor* en varios cultivos. (Ramos,2002,p.405). En adición, Evans y Hogue (2004) indican que los residuos o excremento generan un olor a amonio, por lo cual indica la existencia de nitrógeno en la excreta a nivel alto.(p.247)

En relación con el material de poliestireno expandido, el cual Rougeron (1977), indica que es conocido desde los años 1930, el cuales un derivado del benceno de la destilación de hidrocarburos como el petróleo.(p.74) Newell (2016)lo considerado en su libro un material económico, rígido y térmicamente aislante.(párr.3) Así mismo, Besednjak(2005), agrega que es resistente a la absorción del agua y a los microorganismos.(p.59)

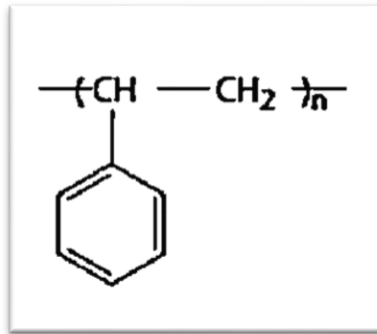


Figura 2 Unidad estructural del Poliestireno

Fuente: Ciencia de materiales - aplicaciones en ingeniería,2016

NOVA Chemicals Corporation (2005), indica que posee dos componentes principalmente: los polímeros de estireno o perlas de poliestireno y un agente expansor el cual generalmente es un hidrocarburo líquido volátil entre un 3 a 8% en peso de la espuma, estas características dependen del fabricante. (p.7).

Los estudios informan que el poliestireno expandido por NOVA (2005), puede causar irritaciones a los ojos, la piel y el sistema respiratorio, debido a que el agente expansor puede contener: n-pentano, isopentano y/o ciclopentano para las burbujas de aire. Las consecuencias de la inhalación del agente expansor pueden ser: náuseas y dolores de cabeza, la prolongada y alta exposición al n-pentano puede ser narcótica y generar daños químicos en el pulmón. (p.8)

Además, el EPS de acuerdo a Huerta (2015), tiene un tiempo de degradación de más de 500 años, cuyo producto en tal proceso es el estireno, que puede pasar a diversos medios como el aire, la tierra, plantas y animales que consumimos. (párr.13). Dicho monómero del EPS ha sido considerado como un material anticipado a ser un carcinógeno según el Reporte de Cancerígenos del National Toxicology Program de Estados Unidos (2015), de acuerdo a evidencia limitada en experimentos con animales y datos de apoyo en mecanismos de carcinogénesis. En adición,

en estudios con personas, una relación causal entre la exposición al estireno y el cáncer en humanos es creíble y es soportado por el encuentro de aductos de ADN y aberraciones cromosómicas en linfocitos en trabajadores expuestos a esa sustancia. (p.1)

1.3.2. MARCO CONCEPTUAL

Abono

Según Elorduy (p.301,2008), los abonos son cualquier sustancia orgánica o inorgánica que da una mejora a la calidad del suelo a nivel nutricional, como la excreta del gusano de la harina o *T. molitor*. (Ramos,2002,p.405)

Biodegradación

Es la disminución biológicamente catalítica de la complejidad de componentes o sustancias químicas. (Alexander,1999, p.4)

Conductividad eléctrica

Da valor a la concentración de sales solubles que están en la solución del medio, además es la cualidad de conducir la corriente eléctrica, el valor será mayor cuanto más alta sea la capacidad de transporte en el sustrato y la concentración de sales. (Bárbaro, [et.al],sf.,p.7)

Fósforo(P)

En los abonos en forma de P_2O_5 , tiene una participación importante en la transferencia de energía en la planta, es primordial para la fotosíntesis y otras fases químicas y fisiológicas. Participan en la diferenciación celular y desarrollo de tejidos, es deficiente en la mayoría de suelos naturales o agrícolas. (FAO,2002,p.8)

Fertilizante

Es la sustancia orgánica o inorgánica que da una mejora a la calidad del suelo en aspectos nutricionales en las plantas presentes o sustancia que se agrega a los suelos agrícolas para generar mejoras en el rendimiento y calidad productiva. (Morales et.al,2007,p.29)

Nitrógeno(N)

Participa principalmente en el crecimiento de la planta, es absorbido por la planta del suelo en forma de nitrato(NO_3^-) o de ión amonio(NH_4^+). Es un macronutriente y principal constituyente de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de la vida de la planta. (FAO, 2002, p.8)

Su eficiencia se pone en manifiesto después de aplicarlo, donde las plantas desarrollan un color verde oscuro y vigorosidad.(Food and Agriculture Organizations of the United Nations,2002,p.29)

pH

El potencial de hidrógeno es el nivel de acidez, donde un pH bajo significa ácido o uno alto, básico del medio, da control a las reacciones químicas que dan lugar a la disponibilidad de los nutrientes para la absorción de estos. (Bárbaro, et.al,sf.,p.2)

Poliestireno Expandido (EPS)

Es un material plástico celular y firme generado a partir de perlas ya expandidas de poliestireno expandible o copolímeros, con una estructura celular cerrada y llenadas de aire. (ANAPE, sf., párr.2)

Potasio(K)

En los abonos en forma de K_2O , pone en funcionamiento más de 60 enzimas. Por ello tiene un rol importante en la síntesis de carbohidratos y proteínas, mejora el balance hídrico en la planta. Las plantas con buen nivel de K sufren menos enfermedades. (FAO,2002,p.8)

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL:

- ¿En qué medida la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *Tenebrio molitor* favoreció a la producción de abono?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

- ¿Cuál fue la eficiencia de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* para la producción de abono?
- ¿Cuál fue el mejor tratamiento de biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* para la producción de abono?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El siguiente trabajo de investigación tuvo por objetivo primordial evaluar la medida en que la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* favorece la producción de abono, tema que no ha sido estudiado a profundidad.

Dicho objetivo es importante ya que genera un doble beneficio por parte del gusano de la harina en la comprobación de la eficiencia de este, el primero es la biodegradación de la espuma de poliestireno y la segunda es el uso de la excreta como abono después de producirse la degradación de tal material en el intestino del gusano. Además, la excreta del gusano de la harina se ha remarcado en importancia en la productividad agrícola y potencialidad en estudios anteriores. (Ramos,2008,p.306)

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* influye a la producción de abono.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* es eficiente para la producción de abono.
- Los tratamientos de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* influyen en la producción de abono.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar en qué medida la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* favorece a la producción de abono.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la eficiencia de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* para la producción de abono.
- Determinar el mejor tratamiento de biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* para la producción de abono.

2. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación es cuantitativa, porque se midió intencionalmente y con precisión la variable dependiente que es el producto de manipular la variable independiente.(Hernández,2014,p.10)

La presente investigación tiene un diseño experimental, ya que se realizó la manipulación de la variable independiente “Biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor*“, y luego se observaron los efectos en el abono a partir de tal fenómeno.(Hernández,2014,p.129).

El nivel de investigación es explicativa, ya que el propósito es el dar la razón y condiciones del fenómeno producido en el abono a partir de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la especie.(Hernández,2014,p.98)

El tipo de diseño experimental es cuasiexperimental, porque se manipula la variable independiente para ver la consecuencia en la variable dependiente, los grupos intactos son los bloques de espuma de poliestireno.(Hernández, 2014,p.151)

Además, la investigación por su temporalidad es longitudinal, porque se recolectaron datos en distintos tiempos para determinar las consecuencias de la biodegradación de la espuma de poliestireno para la producción de abono.(Hernández, 2015,p.159)

2.2. VARIABLES Y DEFINICIÓN OPERACIONAL

2.2.1. Variable independiente

Biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor*.

2.2.2. Variable dependiente

Producción de abono

2.2.3. Operacionalización de variables

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA
Biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i>		La biodegradación y mineralización del EPS que ocurre en los intestinos de los gusanos de la harina. Está dado en los cambios de las propiedades físicas y químicas de los residuos eliminados (fécula) después de pasar por el sistema digestivo, con la conversión en CO ₂ y biomasa. Los cambios de las propiedades químicas y físicas se dan en pruebas de alimentación con estireno, colección y caracterización de la fécula, prueba del balance de masa de carbono. (Yang, 2015, p.4)	Se obtuvieron datos mediante la ficha de observación/registro de datos de campo), durante la alimentación de la especie con espuma de poliestireno como dieta única.	Eficiencia	Consumo de espuma de poliestireno	g.
					Excreta producida	g.
				Tratamiento	Variación de biomasa	g.
					Tiempo	Días
Producción de abono		Según Ramos (p.301,2008), los abonos son cualquier sustancia orgánica o inorgánica que da una mejora a la calidad del suelo a nivel nutricional, como la excreta del gusano de la harina o <i>Tenebrio molitor</i> .	Se realizaron el análisis de los parámetros físicos y químicos del excremento producido en la biodegradación de la espuma de poliestireno en laboratorio.	Parámetros Físicos	Contenido de humedad	%
					Conductividad eléctrica	dS/m
				Parámetros Químicos	pH	Numérico
					N	%
					P	%
					K	%
					Materia orgánica	%

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1. Unidad de análisis

La unidad de análisis es la muestra de espuma de poliestireno de dos distintas densidades.

2.3.2. Población

La población son bloques de espuma de poliestireno de dos distintas densidades. (D10 que es de 10kg/m³ y D40 que es 40Kg/m³)

2.3.3. Muestra

La muestra es de 20 bloques de espuma de poliestireno y de dos distintas densidades: 10 de D10 y 10 de D40, las cuales fueron sometidas a la biodegradación y luego al análisis de laboratorio.

2.3.4. Diseño muestral

El muestreo es no probabilística ya que el procedimiento de elección no ha sido por el uso de fórmulas de probabilidad, sino por su contraparte, la decisión del investigador. (Hernández, 2014, p.176)

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1. Descripción del procedimiento

a) Metodología de campo

La metodología se muestra resumida en la figura 3 a continuación:

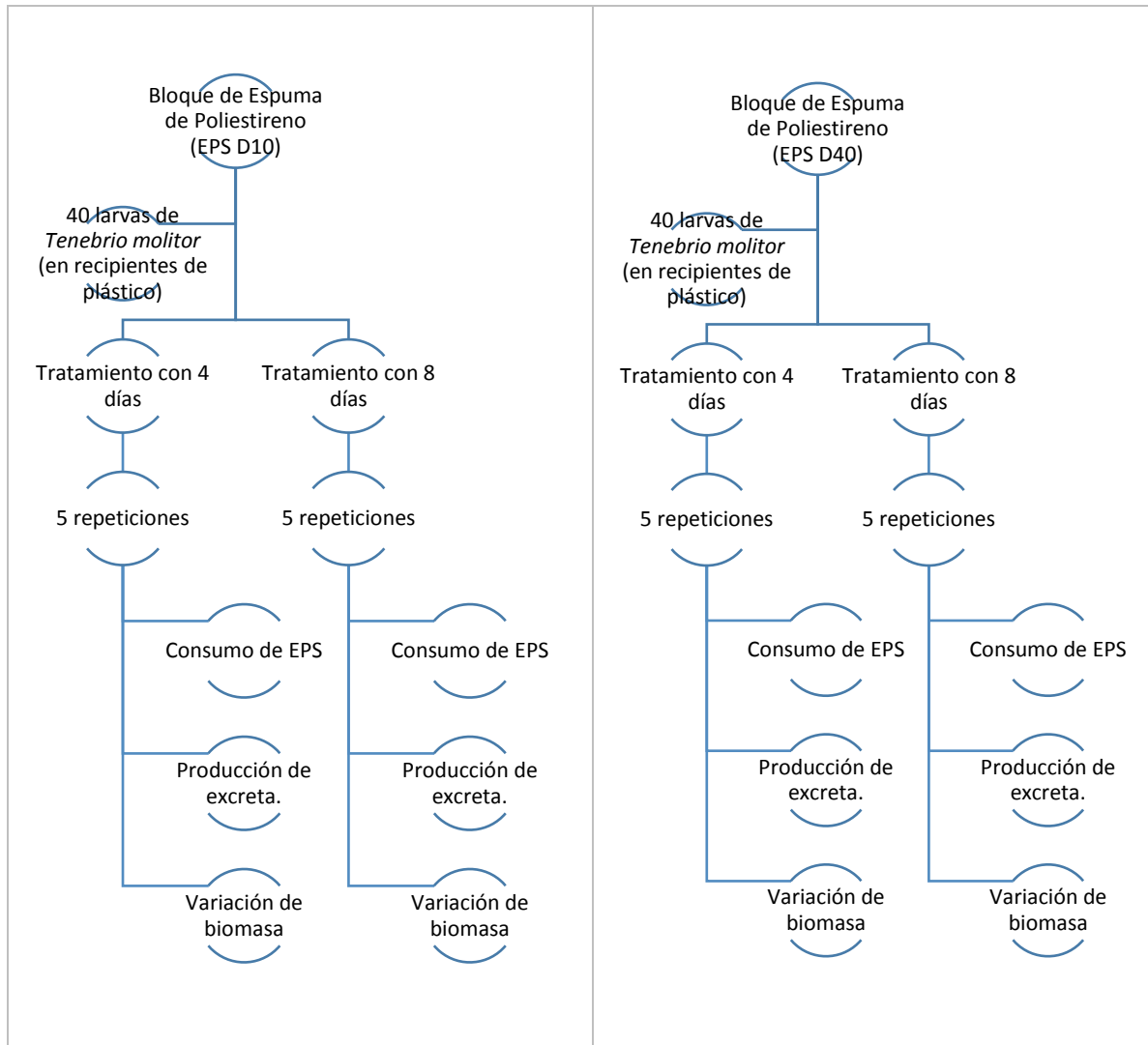


Figura 3 Flujograma de la metodología de campo

Fuente: elaboración propia

La investigación tuvo una duración de 3 meses, desde el ingreso de la espuma de poliestireno en los gusanos, hasta el estudio en laboratorio del abono producido por su transformación.

i. Escenario de la investigación

El proyecto se ejecutó en un ambiente de la vivienda Mz BP Lt 4B Junta de pobladores poses del sector el Valle, Jicamarca, Anexo 22, Huarochirí.

ii. Crianza del gusano

Las cepas del gusano se dió a temperatura ambiente de 18 a 21°C en el mes de septiembre, según The Weather Channel, en la estación de invierno con un fotoperiodo aproximado de 12 horas en recipientes de plástico (polipropileno), se usó un atomizador con agua para la hidratación de la especie diariamente.

iii. Tratamiento

Se realizaron dos tratamientos:

El primero fue con una dieta única de EPS de densidad D10 (10Kg./ m³) y peso de 2g. aproximadamente en 5 envases de capacidad de 1Kg. de plástico cada uno con 40 gusanos cada uno. Esto se repitió 2 veces por espacio de 8 días, luego se procedió a pesar los días 4 y 8 Los bloques consumidos de EPS fueron pesados en una balanza analítica para calcular el consumo de espuma de poliestireno por diferencia de pesos. El segundo tratamiento se procedió de la misma manera a diferencia que la EPS fue de densidad D40 (40Kg/m³).

iv. Obtención de la excreta

Se tamizaron los recipientes que contienen los gusanos consumiendo la EPS de los tratamientos y la excreta con una malla metálica y luego se procedió a pesarla en una balanza analítica. Esta parte se realizaron en los días 4 y 8, después de depositar la espuma de poliestireno en los 10 recipientes. Finalmente se hizo la determinación de parámetros de abono que detallan en la matriz operacional.(Ver anexo 8)

Se continuó el experimento por espacio de 3 meses hasta obtener el peso de muestra adecuado para el análisis de laboratorio de los parámetros. Sin embargo, por ser muy baja la producción de excreta se procedió a combinarlos para realizar una muestra compuesta de cada tratamiento y hacer 3 repeticiones para cada parámetro a determinar que se detalla en la parte de la metodología de laboratorio.

v. Variación de biomasa

Se procedió a pesar 20 grupos de gusanos de 40 individuos cada uno, 10 grupos alimentados con la densidad de EPS D10 y los otros 10 con EPS D40, luego se pesó un grupo de 5 con el tratamiento de EPS D10 en el cuarto día y otros 5 grupos de EPS D10 por 8 días, se hizo lo mismo con los otros grupos de EPS D40.

b) Metodología de laboratorio

Para los parámetros como %N, %P y %K solo se pusieron las muestras a secar al aire libre (Base Seca).

Propiedades físicas

i. Determinación de humedad

Se utilizó el método gravimétrico, donde se tomaron dos pesos para cada muestra y para 3 repeticiones: una antes del secado (que es 1g. aprox.) y otra después del secado. Primero se obtuvo el peso del papel aluminio y la muestra, luego se pesó de nuevo después del secado, que será a una temperatura de 70°C por espacio de un día. Luego se procedió al cálculo de la humedad con la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{Wi - Wf}{Ws - Wr} \times 100$$

%H= Porcentaje de humedad

W_i =Peso inicial(Peso del papel +Peso de la muestra)

W_f =Peso final (Peso del papel +Peso de la muestra en la estufa)

W_M =Peso de la muestra

W_s =Peso de la muestra seca

W_r = Peso del recipiente

ii. **Determinación de la Conductividad eléctrica**

Se tomaron en cuenta los siguientes pasos para las muestras de ambos tratamientos:

- Tomar aproximadamente 30g. de muestra y tamizarla por mallas de N°30.
- Tomar 1g. de muestra para cada repetición (3 en total).
- Tomar 1g. de cada muestra y ponerla cada una en un vaso de precipitación y añadir 20ml. de agua destilada.
- Llevar al agitador magnético a 600 revoluciones por minuto por 20 minutos.
- Llevar cada muestra a un tubo de ensayo o probeta y dejar en reposo por 10 min.
- Realizar las mediciones de Conductividad eléctrica.

Propiedades químicas

i. **Determinación de pH**

Se realizaron los siguientes pasos para la determinación del potencial de hidrógeno en cada muestra:

- Tomar aproximadamente 30g. de muestra y tamizarla por mallas de N°30.
- Pesar 1g. para cada muestra y para 3 repeticiones.
- Agregar 20 ml. de agua destilada a cada repetición. (Solución 1:20).
- Llevar al agitador a 600 revoluciones por minuto por 20 minutos.

- Llevar la solución a un tubo de ensayo o probeta y dejarlo reposar por 10 minutos.
- Realizar la medición de pH mediante el pHmetro y obtener los datos de cada muestra.

ii. **Determinación de materia orgánica**

Se utilizó el método gravimétrico para ambos tratamientos con los siguientes pasos para cada uno:

- Secar los crisoles en la estufa por 1 hora y dejar luego reposar por 15 minutos en el desecador y pesarlo en balanza analítica.
- Rotular los crisoles después de pesarlos, agregar 1 gramo de las muestras a cada uno (cada muestra debe ser antes preparada con tamiz con número de malla 40) y llevarlos a la mufla por 4 h. a 500°C.
- Pasado en la mufla, se colocan los crisoles con las muestras en el desecador por 1h.
- Se vuelven a pesar los crisoles, y con los datos tomados se reemplazan en la siguiente fórmula para hallar el porcentaje de MO en cada muestra:

$$\%MO = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100$$

Donde:

%MO= Porcentaje de materia orgánica

Wi=Peso inicial(Peso del crisol +Peso de la muestra)

Wf=Peso final (Peso del crisol+Peso de la muestra en la mufla)

Wdm=Peso de la muestra

iii. **Determinación de Nitrógeno Total**

Se utilizó el método Micro Kjeldahl para el caso. (Base Seca).

iv. **Determinación de Fósforo extractable**

Se utilizó el Método de Olsen modificado, extracto de NaHCO₃ 0,5M, pH=8,5. (Base Seca).

v. Determinación de Potasio Disponible

Se utilizó el método de Extracto de Acetato de Amonio 1N, pH 7, espectrofotometría de absorción atómica. (Base Seca).

2.4.2. Técnica

La técnica usada de recolección de datos es la observación experimental para ambas variables, ya que se utilizó el registro sistemático, de validez y confiabilidad de fenómenos observables, por un grupo de categorías y subcategorías. (Hernández, 2014, p. 252)

2.4.3. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento utilizado es la ficha de observación experimental, la cual contiene la información de la variable dependiente e independiente. (Ver Anexos de instrumentos)

2.4.4. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

Para la validación de los instrumentos, se contaron con seis expertos en el campo de investigación, quienes evaluaron los instrumentos de la investigación.

Los instrumentos fueron evaluados por los siguientes especialistas en relación al proyecto de investigación.

Cuadro 1 Valoración de expertos

Nº	Nombre y Apellidos	Promedio de Valoración
1	Mg. Luis Gamarra Chavarry	95%
2	Dr. Milton Tullume Chavesta	90%
3	Dr. Sabino Muñoz Ledesma	80%
4	Dr. Lorgio Valdiviezo Gonzáles	95%
5	Dr. Antonio Leonardo Delgado Arenas	90%

La evaluación de confiabilidad del instrumento no es necesaria ya que las variables son cuantitativas y no existen más de 9 tratamientos para utilizar el Alfa de Cronbach.

2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

2.5.1. Método de recojo de datos

Consumo de Espuma de Poliestireno

Se procedió a retirar a los gusanos de los bloques de EPS y luego se pesaron los días 4 y 8, después se apuntaron los resultados en la ficha de observación. (Ver Anexo 5).

Variación de biomasa

Se procedió a tamizar los gusanos del excremento y se puso en un recipiente para pesarlos, después se anotaron los resultados en la ficha de observación (Ver Anexo 5).

Excreta producida

Se procedió a tamizar los gusanos del excremento y se puso en un recipiente para pesarlos, finalmente se anotaron los pesos en la ficha de observación (Ver Anexo 5).

Parámetros físicos

Contenido de Humedad y Conductividad eléctrica

Para la determinación de laboratorio para estos parámetros se realizó una muestra compuesta diferenciando los tratamientos (en total 3 muestras para cada densidad) debido a la poca cantidad de muestra que se produjo a través de la especie, por lo cual se realizaron las repeticiones con tales muestras.

Parámetros químicos

PH, %Nitrógeno, %Fósforo extractable, % Potasio Disponible

Para la determinación de laboratorio para estos parámetros se realizó una muestra compuesta diferenciando de los tratamientos debido a la poca cantidad de muestra que se produjo a través de la especie, por lo cual se realizaron las repeticiones con tales muestras. (Ver Anexo 6)

2.5.2. Método de Procedimiento de datos

a. Análisis descriptivos

Se utilizó la tabla de distribución de frecuencias, medidas de tendencia central (media), medidas de la variabilidad (rango, desviación estándar y varianza), para la comparación entre los valores de consumo de EPS, excreta producida, variación de biomasa y eficiencia de cada tratamiento. Utilizando programas estadísticos como Excel, SPSS 21 y SAS.

b. Análisis ligados a las hipótesis

Los datos recopilados a través de los instrumentos fueron sujetos a evaluación y procesado con el programa estadístico SAS y SPSS21, para el análisis de varianza ANOVA factorial (Para la comparación general de tratamientos), Prueba U de Mann-Whitney (Datos no paramétricos), y variación de las medias de los diferentes tratamientos como la prueba de Duncan.

2.6. ASPECTOS ÉTICOS

El presente trabajo de investigación no ocasionó daños ambientales de importancia, ya que los materiales a usar fueron seguros. Además, se buscó respetar a los animales utilizados como los gusanos, el cual no se encuentran en ninguna clase de peligro ya que es considerado como una plaga secundaria, por lo que no afectará a su población mundial.

3. RESULTADOS

3.1. Variable independiente

3.1.1. Tratamiento con EPS D10

Consumo de EPS

Cuadro 2 Consumo de EPS D10

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Peso de espuma de poliestireno inicial (g.)	Promedio (g.)	Peso de espuma de poliestireno final (g.)	Promedio	Consumo de espuma de poliestireno (g.)	Promedio (g.)
4	1	1,1116	0,9230	1,0804	0,8814	0,0312	0,0416
	2	0,8805		0,8334		0,0471	
	3	0,7983		0,746		0,0523	
	4	0,8577		0,8215		0,0362	
	5	0,9668		0,9256		0,0412	
8	1	0,7406	0,7554	0,6064	0,6652	0,1342	0,0903
	2	0,652		0,5511		0,1009	
	3	0,8385		0,7645		0,074	
	4	0,7374		0,6559		0,0815	
	5	0,8087		0,748		0,0607	

En el Cuadro 2 se aprecia que el consumo de EPS promedio para el tratamiento de 4 días es 0,0416 g. y el de 8 días es 0.0903 g.

Excreta producida

Cuadro 3 Excreta producida

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Excreta producida total(g.)	Promedio (g.)
4	1	0,0376	0,0307
	2	0,031	
	3	0,0333	
	4	0,0271	
	5	0,0244	
8	1	0,1109	0,0843
	2	0,0978	
	3	0,0775	
	4	0,0706	
	5	0,0649	

Se observa en el Cuadro 3 que el promedio de la excreta producida para el tratamiento de 4 días es 0,0307 g. y para el de 8 es 0,0843 g.

Variación de biomasa

Cuadro 4 Variación de biomasa de EPS D10

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Peso de biomasa inicial(g.)	Promedio (g.)	Peso de biomasa final (g.)	Promedio (g.)	Variación de biomasa (g.)	Promedio (g.)
---------------	------------	-----------------------------	---------------	----------------------------	---------------	---------------------------	---------------

4	1	3,1344	2,9416	3,0288	2,8568	-0,1056	-0,0848
	2	3,0902		2,9764		-0,1138	
	3	3,3899		3,297		-0,0929	
	4	2,5529		2,5045		-0,0484	
	5	2,5408		2,4774		-0,0634	
8	1	2,9424	2,8974	2,7285	2,7293	-0,2139	-0,1681
	2	3,3226		3,1914		-0,1312	
	3	3,1639		2,9612		-0,2027	
	4	2,1968		2,0519		-0,1449	
	5	2,8614		2,7136		-0,1478	

Se observa en el Cuadro 4 que la variación promedio de biomasa para el tratamiento de 4 días es -0,0848 g. y para el de 8 días -0,1681 g.

3.1.2. Tratamiento con EPS D40

Consumo de EPS

Cuadro 5 Consumo de EPS D40

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Peso de espuma de poliestireno inicial (g.)	Promedio (g.)	Peso de espuma de poliestireno final (g.)	Promedio	Consumo de espuma de poliestireno (g.)	Promedio (g.)
4	1	2,1281	2,6532	2,049	2,5904	0,0791	0,0628
	2	2,1172		2,0542		0,063	
	3	2,1391		2,0773		0,0618	
	4	5,2994		5,2373		0,0621	
	5	1,5821		1,5343		0,0478	
8	1	2,1783	2,9115	2,046	2,7655	0,1323	0,1460
	2	2,0201		1,8765		0,1436	
	3	3,8713		3,8244		0,0469	
	4	1,4584		1,3004		0,158	
	5	5,0296		4,7804		0,2492	

Se puede observar en el Cuadro 5 que el promedio de consumo de espuma de poliestireno es de 0,0628 g. para el tratamiento de 4 días y de 0,1460 g. para el de 8 días.

Excreta producida

Cuadro 6 Excreta producida de EPS D40

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Excreta producida total(g.)	Promedio (g.)

4	1	0,0571	0,0466
	2	0,0424	
	3	0,0477	
	4	0,0474	
	5	0,0385	
8	1	0,1451	0,1635
	2	0,1353	
	3	0,1175	
	4	0,1555	
	5	0,2642	

Se puede observar en el Cuadro 6 que la producción de excreta para los días 4 y 8 que son respectivamente 0,0466 g. y 0,1635 g.

Variación de biomasa

Cuadro 7 Variación de biomasa de EPS D40

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Peso de biomasa inicial (g.)	Promedio (g.)	Peso de biomasa final (g.)	Promedio	Variación de biomasa (g.)	*Promedio (g.)
4	1	3,3096	3,3581	3,205	3,2524	-0,1046	-0,1057
	2	3,2247		3,1304		-0,0943	
	3	3,5702		3,4782		-0,092	
	4	3,4025		3,2906		-0,1119	
	5	3,2834		3,1578		-0,1256	
8	1	3,879	3,7769	3,4982	3,4240	-0,3808	-0,3529
	2	3,408		3,1737		-0,2343	
	3	3,3634		3,0538		-0,3096	
	4	3,8001		3,4005		-0,3996	
	5	4,4341		3,9937		-0,4404	

* El número de individuos disminuyó de 40 debido a casos de canibalismo, restos de piel y cambio de fase a pupa.

Se puede observar en el Cuadro 7 que la variación de biomasa es de -0,1057 g. para el tratamiento de 4 días y para el de 8 días de -0,3529.

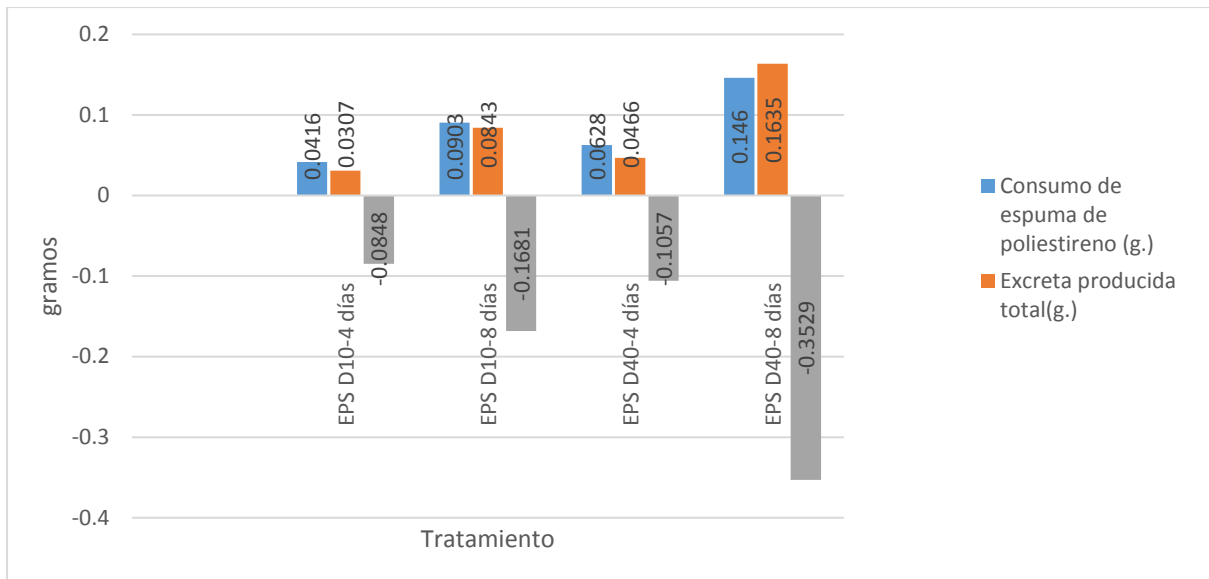


Gráfico 1 Consumo de EPS, excreta producida y variación de biomasa por tratamiento

*El número de individuos disminuyó de 40 debido a casos de canibalismo, restos de piel y cambio de fase a pupa.

Se puede observar en el Gráfico 1 que el tratamiento de EPS D40-8 días tiene los más altos valores para el consumo de espuma de poliestireno y excreta producida con 0,146 g. y 0,1635g., después le sigue el tratamiento EPS D10-8 días con los valores de 0,0903g. y 0,0843g., Sin embargo, los tratamientos con menos variación de biomasa es en primer lugar el EPS D10-4 días con -0,0848g. y EPS D40-4 días con -0,1057g.

3.2. Variable dependiente

3.2.1. Parámetros físicos

Contenido de humedad

Cuadro 8 Contenido de Humedad de EPS D10 y D40

Tratamiento	Repetición	Contenido de Humedad (%)
D10	1	4,49
	2	4,57
	3	4,35
	Promedio	4,47
D40	1	3,25
	2	3,08
	3	3,30
	Promedio	3,21

En el Cuadro 8 se puede observar los promedios de contenido de humedad promedio del tratamiento de EPS D10 que es 4,47 y D40 que es 3,21.

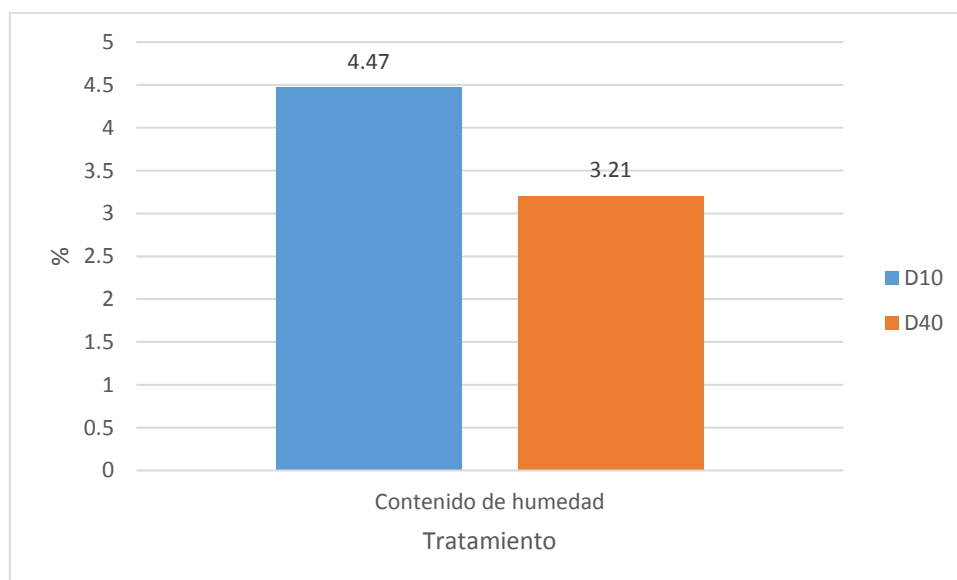


Gráfico 2 Contenido de humedad por tratamiento

En el Gráfico 2, el contenido de humedad para la EPS de densidad D10 es un poco más alta que del D40 con 1,26% más, con valores de 4,47% para el EPS D10 y 3,21% para el EPS D40.

Conductividad eléctrica

Cuadro 9 Conductividad eléctrica de EPS D10 y D40

Tratamiento	Repetición	CE(dS/m.)
D10	1	2,81
	2	2,74
	3	2,82
	Promedio	2,79
D40	1	1,91
	2	2,01
	3	2,04
	Promedio	1,99

Se aprecia en el Cuadro 9 que la conductividad eléctrica promedio del tratamiento con EPS D10 es de 2,79 dS/m. Y con EPS D40 es 1,99 dS/m.

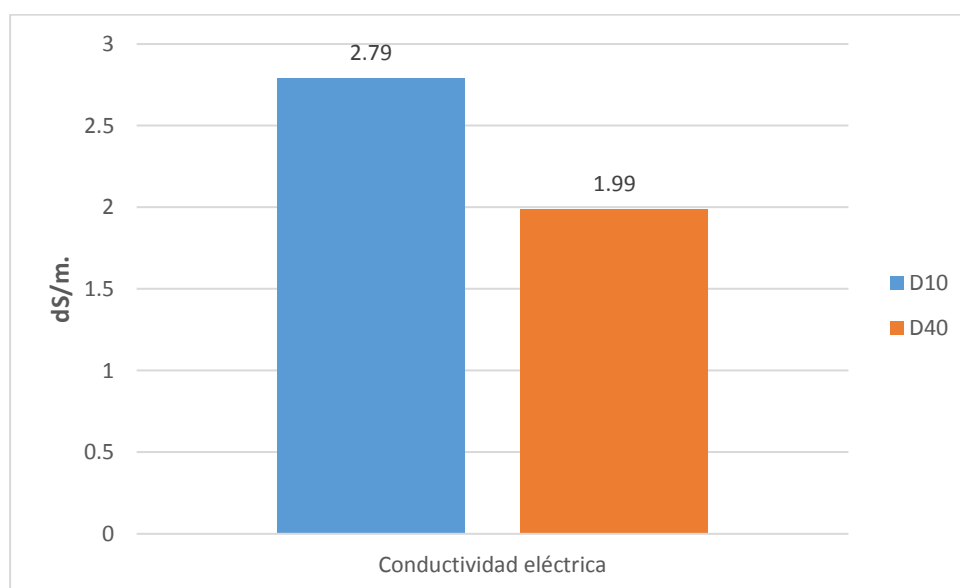


Gráfico 3 Conductividad eléctrica por tratamiento

El tratamiento con D10 según el Gráfico 3 muestra una CE más que el de D40, lo cual indica que el primer tratamiento posee más cantidad de sales que el primero.

3.2.2. Parámetros químicos

pH

Cuadro 10 Potencial de Hidrógeno de EPS D10 y D40

Tratamiento	Repetición	pH
D10	1	6,97
	2	7,01
	3	7,02
	Promedio	7
D40	1	6,78
	2	6,80
	3	6,81
	Promedio	6,80

En el Cuadro 10 se muestra el PH promedio del tratamiento con EPS D10 que es 7 y el tratamiento con EPS D40 que es 6,8.

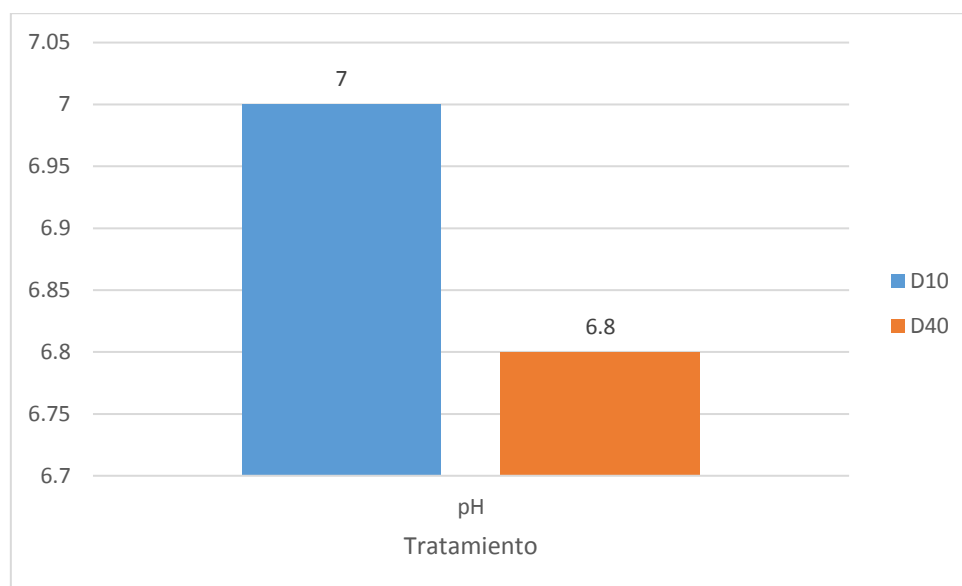


Gráfico 4 Potencial de Hidrógeno por tratamiento

En el Gráfico 4 se muestran que los resultados para el tratamiento con EPS D10 es casi neutro y para el tratamiento con EPS D40 da un pH de 6,8 que es ligeramente ácido, mostrando casi ninguna variación entre los tratamientos. La ligera acidez se debe a las formas de nitrógeno en el suelo.

Porcentajes de Nitrógeno, Fósforo extractable y Potasio Disponible

Cuadro 11 Porcentajes de N,P y K de EPS D10 y D40

Tratamiento	Repetición	%N	%P	%K
D10	1	3,91	0,28	0,81
	2	3,89	0,25	0,75
	3	3,95	0,27	0,79
	Promedio	3,92	0,27	0,78
D40	1	1,18	0,29	0,66
	2	1,17	0,32	0,72
	3	1,19	0,3	0,68
	Promedio	1,18	0,3	0,69

Se observa en el Cuadro 11 que los porcentajes promedio de N, P y K para el tratamiento con EPS D10 es de 3,92%; 0,27% y 0,78% y para el EPS D40 son: 1,18%, 0,3% y 0,69%. (Ver Anexo 6)

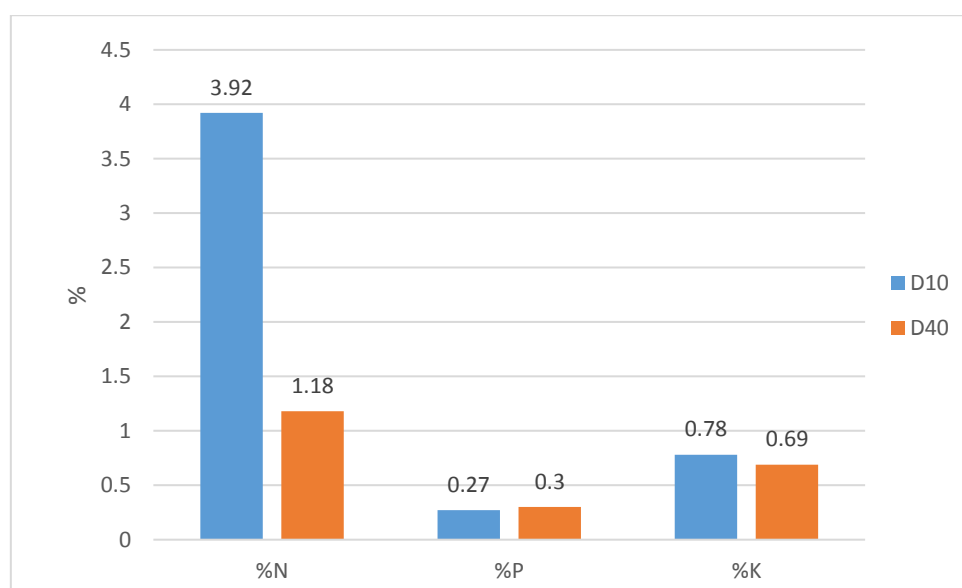


Gráfico 5 %N, %P y %K por tratamiento

En el Gráfico 5 se puede apreciar los porcentajes de Nitrógeno total son más altos para el tratamiento con EPS D10, y por menos de la mitad para el tratamiento con D40, los valores de Fósforo extractable para ambos tratamientos no muestran mucha variación, para el Potasio disponible para el tratamiento con D10 es ligeramente superior al de D40, esto indica que la cantidad de sales no son altos.

Porcentaje de Materia orgánica

Cuadro 12 Materia orgánica de EPS D10 y D40

Tratamiento	Repetición	MO
D10	1	96,84
	2	96,95
	3	96,96
	Promedio	96,92
D40	1	98,13
	2	98,02
	3	98,02
	Promedio	98,06

En el Cuadro 12 se observa que los porcentajes de materia orgánica para los tratamientos de EPS D10 y D40 son de 96,92% y 98,06% respectivamente.

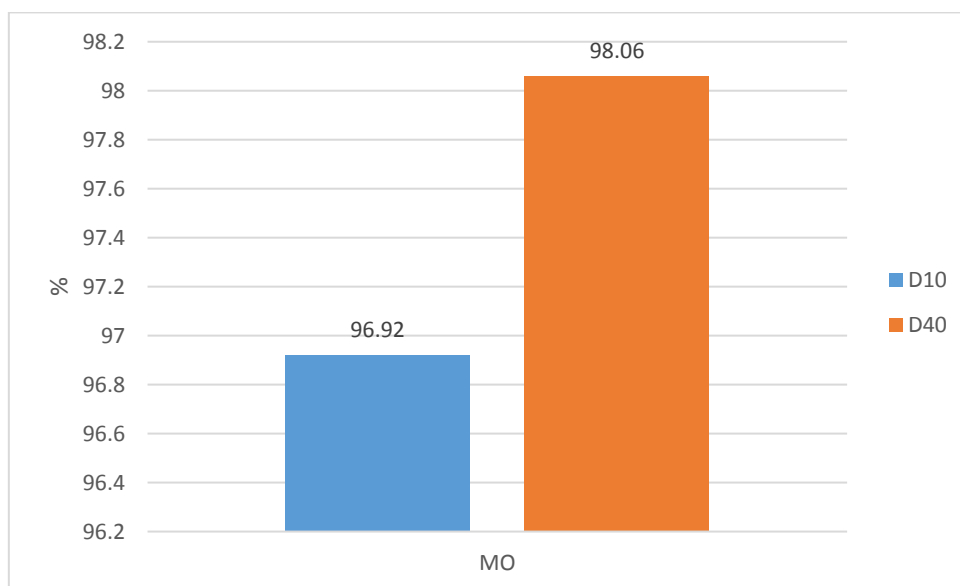


Gráfico 6 % MO por cada tratamiento

Se puede apreciar en el Gráfico 6 que el tratamiento EPS D40 tiene el valor más alto de MO con 98,06% a diferencia del tratamiento EPS D10 con 96,92%; 1,96% más alto.

3.3. Prueba de hipótesis

3.3.1. Hipótesis general

Ho: La biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* no influye a la producción de abono.

H1: La biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* influye a la producción de abono.

PRUEBAS DE HIPÓTESIS

Prueba de normalidad

EPS D10 4 días de tratamiento

Cuadro 13 Prueba de normalidad de EPS D10 4 días

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Consumo de espuma de poliestireno	.144	5	.200*	.983	5	.949
Producción de excreta	.155	5	.200*	.985	5	.958
Variación de biomasa	.214	5	.200*	.922	5	.543

EPS D10 8 días de tratamiento

Cuadro 14 Prueba de normalidad de EPS D10 8 días

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Consumo de espuma de poliestireno	.221	5	.200*	.940	5	.665
Producción de excreta	.238	5	.200*	.919	5	.526
Variación de biomasa	.306	5	.141	.847	5	.186

EPS D40 4 días de tratamiento

Cuadro 15 Prueba de normalidad de EPS D40 4 días

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.

Consumo de espuma de poliestireno	.291	5	.192	.904	5	.432
Producción de excreta	.239	5	.200*	.953	5	.756
Variación de biomasa	.197	5	.200*	.938	5	.651

EPS D40 8 días de tratamiento

Cuadro 16 Prueba de normalidad de EPS D40 4 días

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Consumo de espuma de poliestireno	.234	5	.200*	.951	5	.743
Producción de excreta	.355	5	.038	.779	5	.054
Variación de biomasa	.234	5	.200*	.948	5	.726

Ho: Los tratamientos tiene distribución normal

H1: Los tratamientos no tienen distribución normal

Se observa en los Cuadros 13, 14 ,15 y 16 que para los tres indicadores según la prueba de Shapiro-Wilk("n" menor a 50), el p es mayor a 0,05(Confiabilidad del 95%), por la cual se acepta la hipótesis nula, la cual indica que los tratamientos tienen distribución normal.

Prueba de Levene

Se realizó esta prueba para ver la igualdad de las medias de los residuos al cuadrado.

Cuadro 17 Prueba de varianzas todas los tratamientos

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error ^a				
	F	gl1	gl2	Sig.
Consumo de espuma de poliestireno	2.441	3	16	.102
Excreta producida	4.031	3	16	.026
Variación de biomasa	6.478	3	16	.004
Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.				
a. Diseño: Intersección + Densidad + Días + Densidad * Días				

HO: La varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los tratamientos.

H1: La varianza error de la variable dependiente no es igual a lo largo de todos los tratamientos.

Se observa en el Cuadro 17 que el valor p para los indicadores de Excreta producida y variación de biomasa es menor a 0,05, por lo tanto hay diferencia en las varianzas de los grupos, mientras para el consumo de EPS es menor a 0,05, lo que indica que no hay diferencia en las varianzas entre los tratamientos

Para el valor p de consumo de espuma de poliestireno que es mayor a 0,05, Se toma el valor F que es menor al F estadístico según la tabla (3,2389), lo cual se rechaza la HO y se acepta la hipótesis alterna, de que si hay diferencia entre las medias de consumo de EPS. Luego se realizó la prueba de Anova factorial.

Prueba de Anova factorial

Cuadro 18 Prueba de Anova factorial 2x2 de todos los tratamientos

Pruebas de los efectos inter-sujetos						
Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Consumo de espuma de poliestireno	.031 ^a	3	.010	6.577	.004
	Producción de excreta	.053 ^b	3	.018	18.413	.000
	Variación de biomasa	.223 ^c	3	.074	33.012	.000
Intersección	Consumo de espuma de poliestireno	.145	1	.145	93.409	.000
	Producción de excreta	.132	1	.132	138.599	.000
	Variación de biomasa	.633	1	.633	280.970	.000
Densidad	Consumo de espuma de poliestireno	.007	1	.007	4.761	.044
	Producción de excreta	.011	1	.011	11.861	.003
	Variación de biomasa	.053	1	.053	23.482	.000
Días	Consumo de espuma de poliestireno	.022	1	.022	14.007	.002
	Producción de excreta	.036	1	.036	38.135	.000
	Variación de biomasa	.137	1	.137	60.633	.000

Densidad *	Consumo de espuma de poliestireno	.001	1	.001	.963	.341
Días	Producción de excreta	.005	1	.005	5.243	.036
	Variación de biomasa	.034	1	.034	14.923	.001
Error	Consumo de espuma de poliestireno	.025	16	.002		
	Producción de excreta	.015	16	.001		
	Variación de biomasa	.036	16	.002		
Total	Consumo de espuma de poliestireno	.201	20			
	Producción de excreta	.200	20			
	Variación de biomasa	.892	20			
Total corregida	Consumo de espuma de poliestireno	.055	19			
	Producción de excreta	.068	19			
	Variación de biomasa	.259	19			
a. R cuadrado = .552 (R cuadrado corregida = .468)						
b. R cuadrado = .775 (R cuadrado corregida = .733)						
c. R cuadrado = .861 (R cuadrado corregida = .835)						

Según el Cuadro 18 y los resultados estadísticos se puede observar que hay significancia en los valores p del consumo de EPS, variación de biomasa del gusano y excreta producida, que indican que ha tenido efecto los días y la densidad de los tratamientos significativamente en tales indicadores, sin embargo, no hay significancia para el consumo de EPS en los factores de densidad por días, que significa que no influyen.

Sin embargo, para el valor de consumo de EPS cuyo valor F estadístico es de 0,963, es menor al de la F de tabla 4,494, por lo cual se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto la variación de las medias del consumo de EPS influenciado por la densidad y días tiene diferencia, junto con la excreta producida y variación de biomasa.

Parámetros físicos

Prueba de normalidad

Cuadro 19 Prueba de normalidad para los parámetros físicos

Pruebas de normalidad							
	Densidad	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Contenido de Humedad	D10	.238	3	.	.976	3	.702
	D40	.302	3	.	.910	3	.417
Conductividad eléctrica	D10	.343	3	.	.842	3	.220
	D40	.301	3	.	.912	3	.424

Ho: Los parámetros físicos tiene distribución normal para el tratamiento D10 y D40

H1: Los parámetros físicos no tiene distribución normal para el tratamiento D10 y D40

Se observa en el Cuadro 19 que para las tres dimensiones según la prueba de Shapiro-Wilk("n" menor a 50), el p es mayor a 0,05(Confiabilidad del 95%), por la cual se acepta la hipótesis nula, la cual indica que los parámetros físicos si tienen distribución o comportamiento normal para el tratamiento D10 y D40.

Prueba de homogeneidad de varianzas para los parámetros físicos

Cuadro 20 Prueba de varianzas para los parámetros físicos

Test of Homogeneity of Variances				
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Contenido de Humedad	.057	1	4	.822
Conductividad eléctrica	1.000	1	4	.374

Se observa en el Cuadro 20 que el valor de la significancia es mayor a 0,05 en ambos parámetros, demostrando no hay diferencias significativas en las varianzas de los parámetros físicos, por lo cual se procede a realizar el análisis de ANOVA.

Prueba de ANOVA para los parámetros físicos

Cuadro 21 Prueba de Anova para los parámetros físicos

ANOVA de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Contenido de Humedad	Inter-grupos	2.381	1	2.381	185.323	.000
	Intra-grupos	.051	4	.013		
	Total	2.433	5			
Conductividad eléctrica	Inter-grupos	.968	1	.968	296.332	.000
	Intra-grupos	.013	4	.003		
	Total	.981	5			

Según el Cuadro 21 que el valor de significancia para los parámetros químicos son menores a 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis alterna lo que indica que no todas las medias de los parámetros físicos son iguales y hay una influencia en los parámetros físicos.

Parámetros químicos

Cuadro 22 Prueba de normalidad para los parámetros químicos

Tests of Normality							
	Densidad	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PH	D10	.314	3	.	.893	3	.363
	D40	.253	3	.	.964	3	.637
N	D10	.253	3	.	.964	3	.637
	D40	.175	3	.	1.000	3	1.000
P	D10	.253	3	.	.964	3	.637
	D40	.253	3	.	.964	3	.637
K	D10	.253	3	.	.964	3	.637
	D40	.253	3	.	.964	3	.637
Materia orgánica	D10	.358	3	.	.812	3	.144
	D40	.385	3	.	.750	3	.000

Ho: Los parámetros químicos tienen distribución normal para el tratamiento D10 y D40

H1: Los parámetros químicos no tienen distribución normal para el tratamiento D10 y D40

Se observa en el Cuadro 22 que para las tres dimensiones según la prueba de Shapiro-Wilk (“n” menor a 50), el p es mayor a 0,05(Confiabilidad del 95%), por la cual se acepta la hipótesis nula, la cual indica que los parámetros físicos si tienen distribución o comportamiento normal para el tratamiento D10 y D40.

Sin embargo, para el parámetro de Materia orgánica del tratamiento de EPS D40 el p es menor a 0,05, por la cual se acepta la hipótesis alterna, el cual e parámetro de MO del tratamiento con EPS D40 no tiene distribución normal.

Prueba U de Mann-Whitney para Materia orgánica

Cuadro 23 Prueba de normalidad para Prueba U de Mann-Whitney para Materia orgánica

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La distribución de Materia orgánica es la misma entre las categorías de Densidad.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	.100 ¹	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05

¹Se muestra la significancia exacta para esta prueba.

Según el Cuadro 23 se aprecia que el valor p es mayor a 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis nula, que indica que la distribución de la materia orgánica es la misma entre las categorías de Densidad.

Prueba de homogeneidad de varianzas para los parámetros químicos

Cuadro 24 Prueba de normalidad para los parámetros químicos

Test of Homogeneity of Variances				
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
PH	1.600	1	4	.275
N	3.213	1	4	.148
P	.000	1	4	1.000
K	.000	1	4	1.000
Materia orgánica	.015	1	4	.907

Se observa en el Cuadro 24 que el valor de la significancia es mayor a 0,05 en ambos parámetros, demostrando que la varianza error de la variable dependiente es igual en los parámetros químicos, por lo cual se procede a realizar el análisis de ANOVA.

Prueba ANOVA para los parámetros químicos

Cuadro 25 Prueba de Anova para los parámetros químicos

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PH	Between Groups	.062	1	.062	132.893	.000
	Within Groups	.002	4	.000		
	Total	.064	5			
N	Between Groups	11.234	1	11.234	21743.258	.000
	Within Groups	.002	4	.001		
	Total	11.236	5			
P	Between Groups	.002	1	.002	8.643	.042
	Within Groups	.001	4	.000		
	Total	.003	5			
K	Between Groups	.014	1	.014	15.018	.018
	Within Groups	.004	4	.001		
	Total	.018	5			
Materia orgánica	Between Groups	1.949	1	1.949	460.488	.000
	Within Groups	.017	4	.004		
	Total	1.966	5			

Según el Cuadro 25, el valor de significancia para los parámetros químicos son menores a 0,05, lo que indica que no todas las medias de los parámetros químicos son iguales y hay significancia entre los valores.

Por lo cual el valor p es menor a 0,05 en todos los tratamientos, lo cual se acepta la hipótesis alterna, que es la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* influye a la producción de abono.

3.3.2. Hipótesis específica 1

Ho: La biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* no es eficiente para la producción de abono.

H1: La biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* es eficiente para la producción de abono.

Tratamiento con EPS D10

Consumo de EPS

$$\% \text{Eficiencia del consumo de EPS} = \frac{\text{Consumo de EPS}}{(\text{Peso de EPS inicial})} * 100$$

Cuadro 26 Eficiencia de consumo de EPS para el tratamiento de EPS D10

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Peso de EPS inicial (g.)	Promedio (g.)	Peso de EPS final (g.)	Promedio (g.)	Consumo de EPS (g.)	Promedio (g.)	Eficiencia (%)	Promedio (%)
4	1	1,1116	0,9230	1,0804	0,8814	0,0312	0,0416	2,81	4,64
	2	0,8805		0,8334		0,0471		5,35	
	3	0,7983		0,746		0,0523		6,55	
	4	0,8577		0,8215		0,0362		4,22	
	5	0,9668		0,9256		0,0412		4,26	
8	1	0,7406	0,7554	0,6064	0,6652	0,1342	0,0903	18,12	12,20
	2	0,652		0,5511		0,1009		15,48	
	3	0,8385		0,7645		0,074		8,83	
	4	0,7374		0,6559		0,0815		11,05	
	5	0,8087		0,748		0,0607		7,51	

Se observa en el Cuadro 26 que la eficiencia de consumo de EPS D10 para 4 días es 4,64% y para 8 días de 12,20%.

Producción de excreta

$$\% \text{Eficiencia de la producción de excreta} = \frac{\text{Excreta producida}}{(\text{Peso de EPS inicial} + \text{Biomasa inicial})} * 100$$

*Se tomaron los valores de Peso de EPS inicial y biomasa inicial como materia prima para la producción de abono debido a que se dio canibalismo durante el desarrollo del experimento, por lo cual parte de la excreta producida es también parte del peso de los gusanos que murieron durante el comportamiento.

Cuadro 27 Eficiencia para la producción de excreta de EPS D10

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Excreta producida total(g.)	Promedio (g.)	Peso de biomasa final (g.)	Promedio (g.)	Peso de EPS inicial (g.)	Promedio (g.)	Eficiencia (%)	Promedio (%)
4	1	0,0376	0,0307	3,0288	2,8568	1,1116	0,9230	0,91	0,80
	2	0,031		2,9764		0,8805		0,80	
	3	0,0333		3,297		0,7983		0,81	
	4	0,0271		2,5045		0,8577		0,81	
	5	0,0244		2,4774		0,9668		0,71	
8	1	0,1109	0,0843	2,7285	2,7293	0,7406	0,7554	3,20	2,43
	2	0,0978		3,1914		0,652		2,54	
	3	0,0775		2,9612		0,8385		2,03	
	4	0,0706		2,0519		0,7374		2,53	
	5	0,0649		2,7136		0,8087		1,84	

Se observa en el cuadro 27 que las eficiencias promedio para la producción de excreta para los días 4 y 8 son 0,8% y 2,43% respectivamente.

Variación de biomasa

$$\% \text{Eficiencia de la variación de biomasa} = \frac{\text{Variación de biomasa}}{(\text{Peso de biomasa inicial})} * 100$$

Cuadro 28 Eficiencia de variación de biomasa para el tratamiento de EPS D10

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Peso de biomasa inicial(g.)	Promedio (g.)	Peso de biomasa final (g.)	Promedio (g.)	Variación de biomasa (g.)	Promedio (g.)	Eficiencia (%)	Promedio (%)
4	1	3,1344	2,9416	3,0288	2,8568	-0,1056	-0,0848	-3,37	-2,84
	2	3,0902		2,9764		-0,1138		-3,68	
	3	3,3899		3,297		-0,0929		-2,74	
	4	2,5529		2,5045		-0,0484		-1,90	
	5	2,5408		2,4774		-0,0634		-2,50	
8	1	2,9424	2,8974	2,7285	2,7293	-0,2139	-0,1681	-7,27	-5,88
	2	3,3226		3,1914		-0,1312		-3,95	
	3	3,1639		2,9612		-0,2027		-6,41	
	4	2,1968		2,0519		-0,1449		-6,60	
	5	2,8614		2,7136		-0,1478		-5,17	

En el Cuadro 28 se puede apreciar que los promedios de variación de biomasa son para 4 días de -2,84% y -5,88% para 8 días.

Tratamiento con EPS D40

Consumo de EPS

Cuadro 29 Eficiencia de consumo de EPS para el tratamiento de EPS D40

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Peso de EPS inicial (g.)	Promedio (g.)	Peso de EPS final (g.)	Promedio (g.)	Consumo de EPS (g.)	Promedio (g.)	Eficiencia (%)	Promedio (%)
4	1	2,1281	2,6532	2,049	2,5904	0,0791	0,0628	3,72	2,75
	2	2,1172		2,0542		0,063		2,98	
	3	2,1391		2,0773		0,0618		2,89	
	4	5,2994		5,2373		0,0621		1,17	
	5	1,5821		1,5343		0,0478		3,02	
8	1	2,1783	2,9115	2,046	2,7655	0,1323	0,1460	6,07	6,04
	2	2,0201		1,8765		0,1436		7,11	
	3	3,8713		3,8244		0,0469		1,21	
	4	1,4584		1,3004		0,158		10,83	
	5	5,0296		4,7804		0,2492		4,95	

En el Cuadro 29 se observan que las eficiencias promedio para los periodos de 4 y 8 días son de 2,75% y 6,04%.

Producción de excreta

Cuadro 30 Eficiencia de excreta producida para el tratamiento de EPS D40

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Excreta producida total(g.)	Promedio	Peso de biomasa final (g.)	Promedio	Peso de EPS inicial (g.)	Promedio	Eficiencia	Promedio (%)
4	1	0,0571	0,0466	3,205	3,2524	2,1281	2,6532	1,07	0,82
	2	0,0424		3,1304		2,1172		0,81	
	3	0,0477		3,4782		2,1391		0,85	
	4	0,0474		3,2906		5,2994		0,55	
	5	0,0385		3,1578		1,5821		0,81	
8	1	0,1451	0,1635	3,4982	3,4240	2,1783	2,9115	2,56	2,60
	2	0,1353		3,1737		2,0201		2,61	
	3	0,1175		3,0538		3,8713		1,70	
	4	0,1555		3,4005		1,4584		3,20	
	5	0,2642		3,9937		5,0296		2,93	

En el Cuadro 30 se observan las eficiencias promedio de la excreta producida para los periodos de 4 y 8 días que son 0,82 y 2,6% respectivamente.

Variación de biomasa

Cuadro 31 Eficiencia de variación de biomasa para el tratamiento de EPS D40

TIEMPO (DÍAS)	REPETICIÓN	Peso de biomasa inicial (g.)	Promedio (g.)	Peso de biomasa final (g.)	Promedio (g.)	Variación de biomasa (g.)	Promedio (g.)	Eficiencia (%)	Promedio (%)
4	1	3,3096	3,3581	3,205	3,2524	-0,1046	-0,1057	-3,16	-3,16
	2	3,2247		3,1304		-0,0943		-2,92	
	3	3,5702		3,4782		-0,092		-2,58	
	4	3,4025		3,2906		-0,1119		-3,29	
	5	3,2834		3,1578		-0,1256		-3,83	
8	1	3,879	3,7769	3,4982	3,4240	-0,3808	-0,3529	-9,82	-9,27
	2	3,408		3,1737		-0,2343		-6,88	
	3	3,3634		3,0538		-0,3096		-9,20	
	4	3,8001		3,4005		-0,3996		-10,52	
	5	4,4341		3,9937		-0,4404		-9,93	

Se muestran los resultados obtenidos en el Cuadro 31 de las eficiencias promedios de los periodos de tratamientos de 4 y 8 días para la variación de biomasa que son - 3,16 y -9,27 respectivamente.

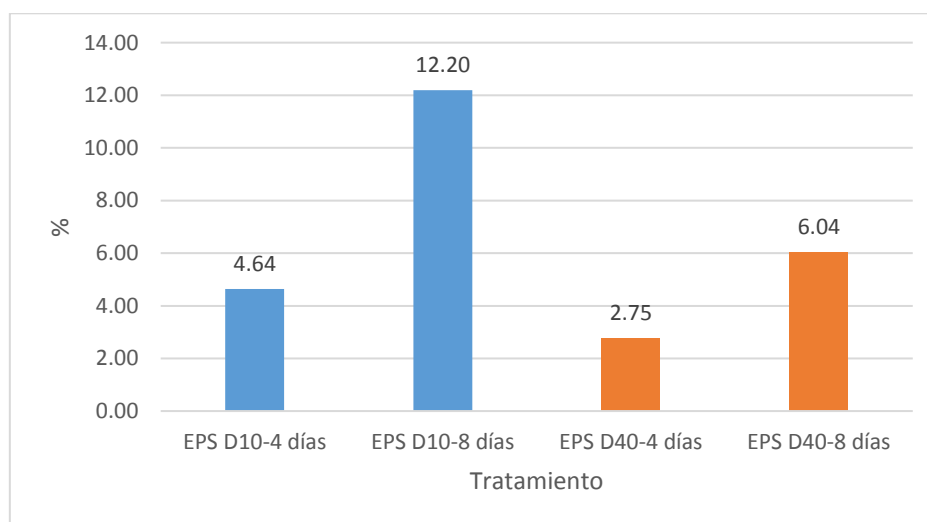


Gráfico 7 Eficiencia del consumo de EPS por cada tratamiento

Se observa en el Gráfico 7 que el tratamiento de EPS D10-8 días presenta la mejor eficiencia con 12,20% y el menor es el de EPS-D40 la menor eficiencia con 2,75%.

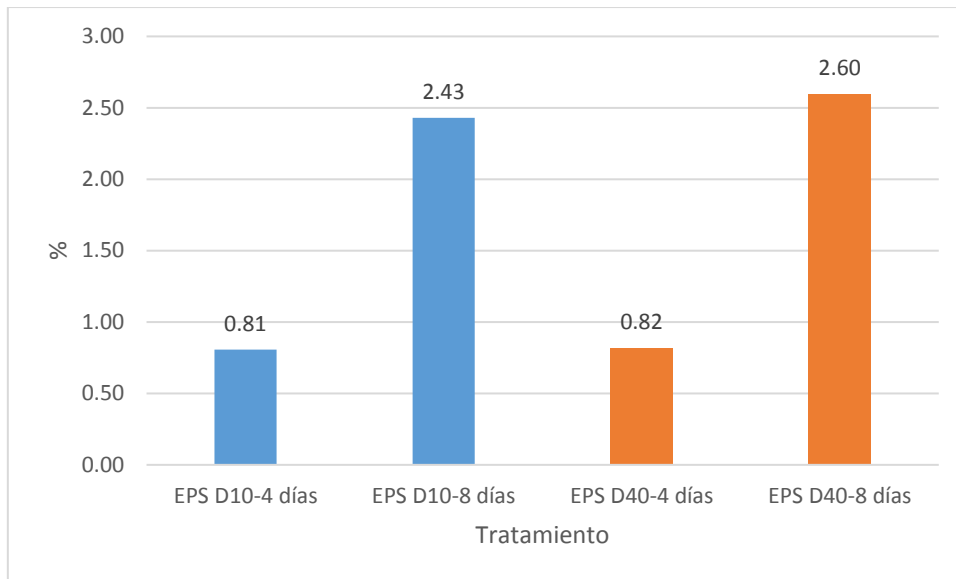


Gráfico 8 Eficiencia de la excreta producida por cada tratamiento

Se observa en el Gráfico 8 que el tratamiento con mayor eficiencia es el de EPS D40 con 2,60% de 8 días con un 0,23% más que el segundo que es el de EPS D10 de 8 días con 2,43% y el menor de todos es el tratamiento EPS de 10 días con 0,81%.

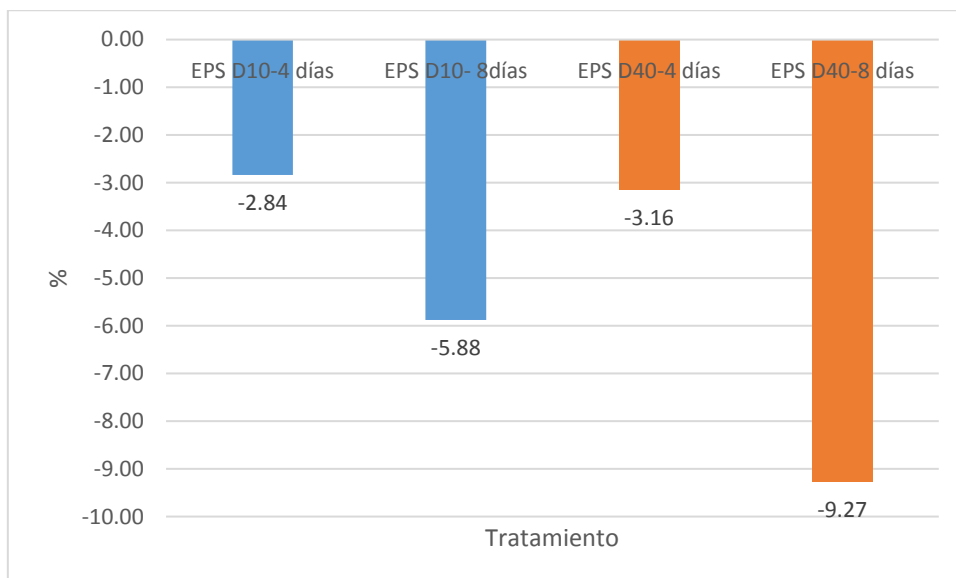


Gráfico 9 Eficiencia de la variación de biomasa por cada tratamiento

Se observa en el Gráfico 9 que el tratamiento donde hubo más variación de biomasa (pérdida de peso) es el de EPS-40 días con -9,27, y el mejor es el EPS D10-4 días con -2,84 % por ser el valor más alto, porque la pérdida de peso fue menor.

Prueba de hipótesis

De acuerdo a los Gráficos, los cuales muestran que los valores de eficiencia de consumo EPS, excreta producida son bajos y la variación de biomasa que da valores negativos(pérdida) se concluye y se acepta la hipótesis alterna que es la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* no es eficiente para la producción de abono.

3.3.3. Hipótesis específica 2

Ho: Los tratamientos de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* no influyen en la producción de abono.

H1: Los tratamientos de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* influyen en la producción de abono.

Consumo de EPS

Prueba ANOVA

The ANOVA Procedure

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	0.03063375	0.01021125	6.58	0.0042
Error	16	0.02484178	0.00155261		
Corrected Total	19	0.05547553			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	VR Mean		
0.552203	46.27232	0.039403	0.085155		

El coeficiente de variación indica una alta variabilidad, y el valor p es menor a 0,05, lo que indica que hay una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos. Por lo cual, hay influencia del consumo de EPS para la producción de abono.

Prueba Duncan

Duncan's Multiple Range Test for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05		
Error Degrees of Freedom	16		
Error Mean Square	0.001553		
Number of Means	2	3	4
Critical Range	.05283	.05540	.05701

Promedios(Mean) con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 32 Agrupado de Duncan para el consumo de EPS de todos los tratamientos

Duncan Grouping (Grupos de Duncan)	Promedio	TRT
A	0,146	T4-EPS D40 8 días
B	0,09026	T2-EPS D10 8 días
B	0,06276	T3-EPS D40 4 días
B	0,0416	T1-EPS D10 4 días

El Cuadro 35 muestra la significancia de los promedios, el cual el tratamiento de EPS D40 de 8 días tiene una diferencia muy significativa con los demás tratamientos respecto al consumo de EPS.

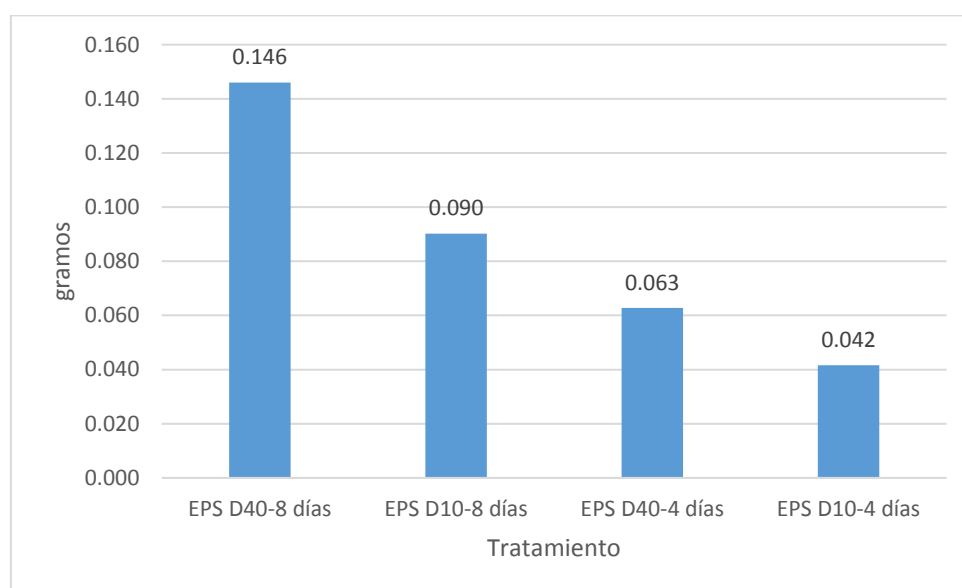


Gráfico 10 Consumo de EPS por cada tratamiento según el agrupado de Duncan

En el Gráfico 10 se puede observar que el tratamiento que favorece más a la producción de abono con el mayor valor que es el de EPS D40-8 días y está en el grupo A, el segundo tratamiento es el de EPS D10-8 días. Sin embargo, no está en el mismo grupo según la prueba estadística, sino en los tratamientos restantes, que son el grupo B.

Excreta producida

Prueba ANOVA

The ANOVA Procedure

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------------	-------------	---------	--------

Model	3	0.05267228	0.01755743	18.41	<.0001
Error	16	0.01525684	0.00095355		
Corrected Total	19	0.06792912			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	VR Mean		
0.775401	37.98701	0.030880	0.081290		

El coeficiente de variación indica una alta variabilidad, y el valor p es menor a 0,05, lo que indica que hay una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos, por lo cual hay influencia de la excreta producida en la producción de abono.

Prueba Duncan

Duncan's Multiple Range Test for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05		
Error Degrees of Freedom	16		
Error Mean Square	0.000954		
Number of Means	2	3	4
Critical Range	.04140	.04342	.04467

Promedios(Mean) con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 33 Agrupado de Duncan para la excreta producida de todos los tratamientos

Duncan Grouping (Grupos de Duncan)		Promedio	TRT
	A	0,16352	T4-EPS D40 8 días
	B	0,08434	T2-EPS D10 8 días
C	B	0,04662	T3-EPS D40 4 días
C		0,03068	T1-EPS D10 4 días

En el Cuadro 36 se observa que el tratamiento EPS D40 de 8 días también tiene una diferencia significativa frente al resto de los tratamientos, y que los tratamientos EPS D10 de 8 días y EPS D40 de 4 días no son tan diferentes, y los dos últimos tratamientos son igual de parecidos.

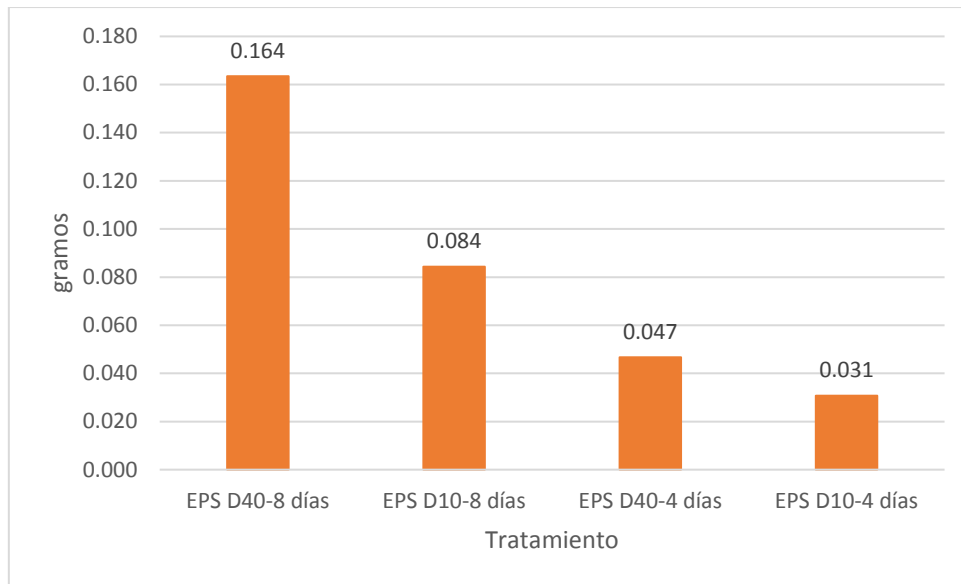


Gráfico 11 Excreta producida por cada tratamiento según el agrupado de Duncan

Se puede observar en el Gráfico 11 que el tratamiento que favorece más a la producción de abono por la producción de excreta es el de EPS D40- 8 días, que pertenece al grupo A, El segundo tratamiento es el de EPS D10-8 días, que pertenece al grupo B junto con el tratamiento de EPS D40- 4días, y este se asemeja con el último tratamiento que es el de EPS D10-4 días, que pertenece al grupo C.

Variación de biomasa

Prueba ANOVA

The ANOVA Procedure

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	0.22307328	0.07435776	33.01	<.0001
Error	16	0.03603861	0.00225241		
Corrected Total	19	0.25911189			
R-Square					
Coeff Var					
Root MSE					
VR Mean					
		0.860915	-26.67993	0.047460	-0.177885

El coeficiente de variación indica una alta variabilidad, y el valor p es menor a 0,05, lo que indica que hay una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos, por lo cual indica que hay influencia de la variación de biomasa para la producción de abono.

Prueba Duncan

Duncan's Multiple Range Test for VR

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05		
Error Degrees of Freedom	16		
Error Mean Square	0.002252		
Number of Means	2	3	4
Critical Range	.06363	.06673	.06866

Promedios(Mean) con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 34 Agrupado de Duncan para la variación de biomasa de todos los tratamientos

Duncan Grouping (Grupos de Duncan)	Promedio	TRT
A	0,16352	T4-EPS D40 8 días
B	0,08434	T2-EPS D10 8 días
C	0,04662	T3-EPS D40 4 días
C	0,03068	T1-EPS D10 4 días

En el Cuadro 37 se observa que el tratamiento EPS D40 de 8 días tiene una diferencia significativa en la variación de biomasa respecto a los otros tratamientos y el segundo con el tercero forman un grupo parecido y el tercero con el cuarto también se asemejan.

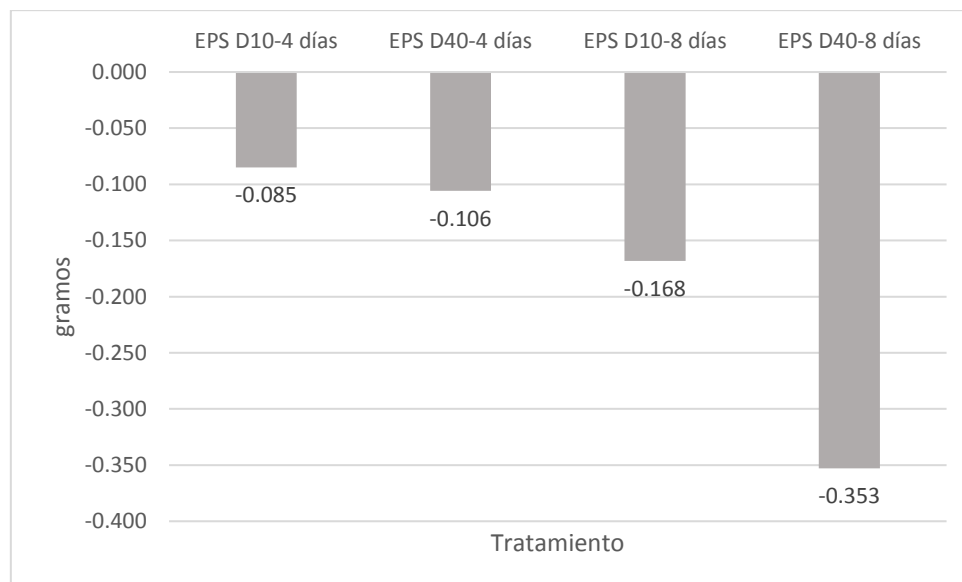


Gráfico 12 Variación de biomasa según el agrupado de Duncan

*El número de individuos disminuyó de 40 debido a casos de canibalismo, restos de piel y conversión a pupa.

Según el Gráfico 12, el tratamiento que favorece más a la producción de abono por la variación de biomasa del gusano es el de EPS D10- 4días, que pertenece al grupo A con el segundo tratamiento que es el EPS D40-4 días, este tratamiento también está en el grupo B con el tratamiento de EPS D10-8 días y el que menos favorece a la producción de abono es el de EPS D40- 8 días, esto debido a que mientras pasan más días, el canibalismo, restos de piel y cambio de fase a pupa aumentan considerablemente y afecta a la especie para el desarrollo de esta en el aumento de biomasa.

En todos los casos, el valor p es menor a 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis alterna la cual es Los tratamientos de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* influyen en la producción de abono. Y el que tiene más influencia es el de EPS D40 de 8 días o mayor variación.

4. DISCUSIÓN

Para el objetivo general que es evaluar la biodegradación de la EPS por la especie para la producción de abono. Yang(2015) en su estudio menciona que los miligramos de EPS consumidos y excremento producidos para un periodo de 4 días son de 90,8mg. y 66,8mg. y para 8 días de 110mg. y 65,7mg. Sin embargo, en la investigación se dan valores para un EPS D10 de 4 días de consumo de EPS y excremento producido de 41,6mg. y 30,7 mg. Y para el EPS D10 de 8 días los valores de 90,3mg. y 84,3mg. siendo menores.

Con el tratamiento de EPS D40 de 4 días se obtuvieron un consumo de 62,8 mg. y producción de 46,6 mg. Y para el de 8 días de 146mg. y 163,5 mg. Siendo mayor a los valores obtenidos por Yang. Considerando que los valores de consumo y

producción de excreta se incrementaron en todos los tratamientos por canibalismo de la especie y condiciones ambientales naturales y a nivel casero. A diferencia del antecedente ya mencionado que lo hizo en condiciones de 25°C y 80% de humedad aproximadamente en incubadoras, los cuales son una ventaja para la especie, ya que mantuvieron los niveles de humedad del cuerpo, en cambio en la investigación tuvieron que recurrir al canibalismo para mantener sus niveles de agua en el organismo constantes. Los valores observados indican una influencia de la biodegradación del EPS por la especie para la producción de abono. No obstante, el tratamiento no es apto para niveles industriales a las condiciones ambientales del presente estudio.

Respecto a los valores de los parámetros físicos de Contenido de Humedad y Conductividad eléctrica para el tratamiento EPS D10 es de 4,28% y 2,79 dS/m. y para el de EPS D40 son: 3,11% y dS/m. La humedad observada es similar de acuerdo al análisis proximal del excremento de la especie del estudio de Ramos-Elorduy (2008) donde a una alimentación con materia orgánica el contenido de humedad es de 6,53%, lo cual denota una baja humedad en el excremento y similitud entre el estudio presente y el de Ramos-Elorduy. Referido a la conductividad eléctrica para ambos tratamientos, los niveles de sales minerales son muy bajos pero existentes, esto se puede dar por las excreciones generadas como la úrea durante el experimento.

Para los resultados de parámetros químicos, los valores del pH de los tratamientos EPS D10 y D40 son de 7 y 6,8 , lo cual indica que no existe casi ninguna diferencia entre el valor neutro por parte de ambos tratamientos. Para los valores de %Nitrógeno, %Fósforo extractable y % Potasio Disponible para el tratamiento de EPS D10 son de 3,92%; 0,27% y 0,78% y para el EPS D40 son de: 1,18%; 0,3% y 0,69%. En contraparte, el estudio de Ramos-Elorduy(2008), expresa el valor de nitrógeno de 30,66%, de fósforo de 1,86% en la excreta. Hay que señalar que el valor muy alto del estudio de Ramos se debe a que la alimentación utilizada fue materia orgánica en comparación con una dieta de espuma de poliestireno el cual por ser un material derivado del petróleo, no posee nutrientes, y el alto valor de nitrógeno se debe al canibalismo y restos de piel durante la muda que se dió.

Para la primera hipótesis específica sobre determinar la eficiencia de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* para la producción de abono. Los resultados de eficiencia para el consumo de EPS (reducción de masa del poliestireno expandido) para el tratamiento D10 de 4 días es 4,64% y de 8 días 12,20%, para el EPS D40 de 4 días son 2,75% y para el de 8 días 6,04%, los valores de eficiencia de excreta producida para la EPS D10 de 4 días es de 0,81% y de 8 días es 2,43%, para el tratamiento de EPS D40 de 4 días es 0,82% y para 8 días de 2,6%, estos valores igualmente fueron afectados por factores como el canibalismo, residuos de piel, cambio de fase y condiciones ambientales durante los experimentos, donde el número de individuos disminuyó durante la investigación. En contraparte los valores del estudio de Yang (2015) son para el consumo de EPS en recuperación de carbono de 15,34% para 4 días y 18,03% para 8 días, para la eficiencia de la excreta producida los valores son de 73,57% para 4 días y 59,73% para 8 días. Por lo cual, las eficiencias de los distintos indicadores son bajas para la producción a gran escala de abono.

Para la segunda hipótesis específica de determinar el mejor tratamiento de biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de *T. molitor* para la producción de abono. Se puede apreciar que los factores de densidad y días de los tratamientos si tuvieron una influencia significativa en el consumo de EPS y excreta producida. En las pruebas estadísticas se pueden apreciar que mientras más días duró el tratamiento, más significativo fueron los efectos en el consumo y excreta producida. Ya que el mejor tratamiento en la investigación fue el de EPS D40 de 8 días. esto se refuerza con el estudio de Yang (2015) el cual el consumo de EPS y producción de excremento aumentó mientras más días duraba el tratamiento, obteniendo los mayores valores en el tratamiento de 8 días que el de 4 días, para la comparación con el estudio. Por otra parte; mientras el material fue más denso, también influyó significativamente en los tres valores. Sin embargo, hay una influencia negativa en la variación de biomasa, el cual indica que mientras más días y más denso sea el EPS, habrá mayor pérdida de biomasa a las condiciones experimentadas señaladas.

5. CONCLUSIONES

- La biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva del *Tenebrio molitor* tiene una influencia en la producción de abono favorable para el consumo de EPS, excreta producida y negativa para la variación de biomasa, los cuales permitieron obtener un abono nivel de nutrientes como nitrógeno(3,92%) , fósforo (0,3%) y potasio (0,78%); en combinación con factores como el canibalismo, residuos de piel, cambio de fase y condiciones ambientales caseras.
- La eficiencia de la biodegradación de EPS indican que la especie tiene una eficiencia de 12,20% en el consumo de EPS D10 por 8 días, 2,60% para la producción de excreta con el tratamiento EPS D40 por 8 días y la pérdida

de biomasa fue de 2,84% para el tratamiento de EPS D10 por 4 días. Los cuales indican una baja eficiencia, por lo cual no son aceptables para llevarse a gran escala.

- El tratamiento de EPS D40-8 días es el mejor tratamiento en el consumo de EPS con 0,146 g. y una excreta producida de 0,1635 g. y el tratamiento de EPS D10-4 días tiene la menor pérdida de biomasa de 0,0848 g. Los cuales indican que hay más consumo y mayor producción de excremento a mayor densidad pero la pérdida de biomasa es menor mientras menos sea el tiempo de tratamiento en condiciones ambientales caseras.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizarse los tratamientos en incubadoras con temperatura y humedad relativa adecuados para mejorar la biodegradación del EPS por el gusano y la producción de abono debido a que la temperatura ambiental en condiciones caseras provocaron una rápida evaporación del agua de los recipientes que era rociada.
- Se recomienda utilizar larvas jóvenes debido a que los resultados fueron afectados porque las larvas adultas cambiaron de fase a pupa, por lo cual influyen en el tratamiento de EPS y la producción de abono, ya que se mantienen en esta fase por un periodo de tiempo aproximado de 10 días, en el cual no se alimentan ni excretan.

- Para el recojo del excremento producido, es recomendable realizarlo diariamente, ya que se acumulan pequeños pedazos de EPS y se mezclan con las excreciones producida por los gusanos.
- Los nutrientes del abono obtenido en ambos tratamientos requieren de evaluación de productividad en especies vegetales para determinar si son seguros y efectivos como abono orgánico.
- Se recomienda un estudio utilizando materia orgánica en combinación con EPS como fuente alimenticia para comparar la calidad del excremento de la especie como abono.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ¿Por qué cada vez más ciudades prohíben el poliestireno? [en línea].British Broadcasting Corporation.2 de julio del 2015.[fecha de consulta: 2 de agosto 2017]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150701_poliestireno_prohibicion_lp#orb-banner
2. ALEXANDER, Martin. Biodegradation and bioremediation. Estados Unidos de América,1999.453 pp. ISBN-10:012049816
3. ARGUETA, Leonardo y RAMOS, Glenda. Contenido de Proteína, Grasa, Calcio, Fósforo en larvas del Escarabajo molinero (Coleoptera:Tenebrionidae:*Tenebrio molitor L.*)alimentadas con diferentes sustratos y fuentes de agua para ser utilizadas como alimentación de animales silvestres.Tesis(Licenciado en Medicina veterinaria y Zootecnia). San

- Salvador: Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Abril, 2013. 51 pp.
4. Asociación Nacional de Poliestireno Expandido. El poliestireno expandido y el medio ambiente. [en línea]. Madrid. [fecha de consulta: 2 de junio 2017]. Disponible en: <http://www.anape.es/pdf/El%20EPS%20en%20el%20Medioambiente.pdf?publicacion=El%20Poliestireno%20Expandido%20y%20el%20Medioambiente>
 5. BÁRBARO, Lorena y KARLANIAN, Monica y MATA, Diego. Importancia del Ph y la Conductividad eléctrica en los sustratos para plantas. [en línea] Argentina. [fecha de consulta: 25 de junio 2017]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
 6. BARNES, David. et. al. Accumulation and fragmentation of plastic fragments in global environments. 2009.
 7. BARNETSON, Andrew. Handbook of Polymer Foams. [en línea]. Reino Unido. 2004. [fecha de consulta: 2 de septiembre del 2017]. Cap 3: Expanded Polystyrene: Development, Processing, Applications and Key Issues. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=TSFFFQSeKakC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
 8. BESEDNJAK, Alejandro. Materiales compuestos. Barcelona, 2005. 136pp. ISBN 84-8301-820-9
 9. BiD network. Producción de alimento vivo, harina de *Tenebrio molitor*. [en línea]. Perú, 2007. [fecha de consulta: 25 de junio 2017]. Disponible en: <http://www.bidnetwork.org/page/54962/en>
 10. CABRERA, A. El *Tenebrio molitor*. [en línea]. España, 2011. [fecha de consulta: 25 de junio 2017]. Disponible en: <http://www.aviarioangelcabrera.com/articulos/tenebrios.htm>
 11. CASTELLS, Xavier. Reciclaje de residuos industriales: Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. 1320pp. Madrid, 2012. ISBN 978-84-7978-835-3
 12. CHÁVEZ, Lorena. [et. al.] Contenido proteico en larvas de *Tenebrio molitor* L. alimentadas con diferentes sustratos. Universidad de Tecámac, México, 2014.

13. CONTRERAS, Laura. Investigación de mercados aplicada a la gestión de poliestireno expandido en la ciudad de Pereira, año 2015. Tesis(Para el grado de Ingeniería Industrial).Universidad Tecnológica de Pereira,2015. 152pp.
14. DAMBORSKY, Miryam, [et. al.] Ciclo de Vida de *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae)en Condiciones Experimentales.[en línea]. Argentina,1999.4pp. [fecha de consulta:25 de junio 2017]. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/biologia/b-011.pdf>
15. DÍAZ,Graciela. USO DE LA LARVA DE TENEBRIO (*Tenebrio molitor*) COMO ADITIVO PROTEICO, EN LA ALIMENTACIÓN DE CODORNICES (*Coturnix coturnix japonica*).Tesis(Para el grado de Zootecnista):Guatemala. Universidad San Carlos de Guatemala,2014.36pp.
16. DOSSEY, Aaron y MORALES, Juan y GUADALUPE,M. Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications. Minnessota, USA, 2016. ISBN 978-0-12-802856-8
17. EDNEY, E. The water relations of terrestrial arthropods. California, 1957. ISBN 0521048729.108 pp. ISBN 0521048729
18. EVANS, Arthur y HOGUE, James. Introduction to California Beetles. California, 2004. ISSN 0068-5755
19. Food and Agricultural Organization. LOS FERTILIZANTES Y SU USO: Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión.Roma,2002,87pp.ISBN 92-5-304414-4
20. Foro reptiles. Ayala. ¿Qué es el *Tenebrio molitor*?.[en línea]México, 2007.Disponible en: <http://www.fororeptiles.org/cgi-bin/forum/blah.pl?b-invert/m1191872301>
21. HERNÁNDEZ,Roberto. Metodología de la investigación[en línea].Santa Fe:2014-[fecha de consulta:5 de junio 2017].Disponible en : <http://upla.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2017/01/Hern%C3%A1ndez-R.-2014-Metodologia-de-la-Investigacion.pdf.pdf> ISBN: 978-1-4562-2396-0
22. HERRERA, Norma. La ingeniería ambiental en México. México,2001.89 pp. ISBN 968-18-6133-7
23. HUERTA, Elmer.Los plásticos y la salud humana ambiental.[en línea].El Comercio.2 de febrero del 2015.[fecha de consulta:25 de junio 2017]. Disponible en: http://www.actualidadambiental.pe/wp-content/uploads/2015/02/elcomercio_2015-02-02_14.pdf

24. IBÁÑEZ, V. El gusano de la harina *Tenebrio molitor*. [en línea]. España,2007. [fecha de consulta: 25 de junio 2017]. Disponible en: http://www.diamantemandarin.org/alimentacion/insectos/tenebrios/gusano_harina.htm
25. JORDAN, Rob. Plastic-eating worms may offer solution to mounting waste, Standford researchers discover.[en línea]. 2015. [fecha de consulta: 10 de mayo de 2017].Disponible en: <http://news.stanford.edu/pr/2015/pr-worms-digest-plastics-092915.html>
26. National Toxicology Program. Report on Carcinogens, Fourteenth edition. Estados Unidos. 2016. 9 pp. [fecha de consulta: 15 de octubre del 2017]. Disponible en: <https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/profiles/styrene.pdf>
27. NEWELL,James. Ciencia de materiales - aplicaciones en ingeniería. México D.F., 2016. 368pp. ISBN 978-607-707-114-3.
28. NG,Joseph. Effects of *Tenebrio molitor linnaeus* on degradation and conversion of food waste into organic fertilizer.Singapur,(Para el grado de Ingeniero).Universidad Tecnológica de Nanyang,2009.
29. NOVA CHEMICALS.Expandable Polystyrene.[en línea]Estados Unidos:2005. [fecha de consulta: 25 de junio 2017].Disponible en: http://www.novachem.com/Product%20Documents/DYLITE-EPS_Guide_AMER_EN.pdf
30. PÉREZ, Laura .EFICACIA BIODEGRADATIVA POR BACTERIAS HIDROCARBONOCLÁSTICAS SOBRE POLIESTIRENO EXPANDIDO. Universidad Veracruzana, México,2013,38 pp.
31. QUINTERO, Carlos. Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios. Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.Manizales.Universidad de Manizales,Colombia.2013.45pp.
32. RAMÍREZ,Luis Gerardo.Aprovechamiento y conservación de granos y semillas. México.1982.300p.
33. RAMOS-ELORDUY, Julieta. [et. al.] UTILIZACIÓN POTENCIAL DE LA EXCRETA DEL GUSANO AMARILLO DE LAS HARINAS COMO ABONO ORGANICO. Universidad Nacional Autónoma de México.[en línea].2008. [fecha de consulta: 25 de junio 2017]. Disponible en:

<http://www.entomologia.socmexent.org/revista/entomologia/2008/BHN/301-307.pdf>

34. ROUGERON, Claude. L'ISOLATION ACOUSTIQUE ET THERMIQUE DANS LE BATIMENT (Aislamiento acústico y térmico en la construcción) . Georgia, 1977. 301pp. ISBN 84-7146-097-1
35. SALTOS, Paola. [et. al.] Reciclaje de Poliestireno Expandido por el Método de Disolución Precipitación. [en línea]. Quito: 2015. [fecha de consulta: 25 de junio 2017]. Disponible en: <http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo2/ReciclajedePoliestirenoExpandido.pdf>
36. STEPP, John. [et. al.] Ethnobiology and Biocultural Diversity: Proceedings of the Seventh International Congress of Ethnobiology. Georgia, 2002. 720 pp. ISBN 0-8203-2349-7
37. TORRES, Orlando. Reciclaje de la espuma de poliestireno mediante el uso de d-limoneno.. Tesis (Para el grado de Ingeniero Químico). Lima, Universidad Nacional de Ingeniería, 2004, 85pp.
38. YANG, Jun. [et. al.] Evidence of polyethylene biodegradation by bacterial strains from the guts of plastic-eating waxworms. [en línea]. Beihang University. Beijing, 2014. [fecha de consulta: 25 de junio 2017]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25384056>
39. YANG, Yu. [et. al.]. Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms. 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests. *Environmental Science and Technology*. China. 2015. 32pp. China. 2015. 32 pp.
40. YANG, Yu. [et. al.]. Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms. 2. Role of Gut Microorganisms. *Environmental Science and Technology*. China. 2015. 31pp.

ANEXOS

ANEXO 1 Fases del Tenebrio molitor (gusano, pupa y escarabajo)



Foto 1: Fase larvaria del *T. molitor*



Foto 2: Fase de pupa de la especie

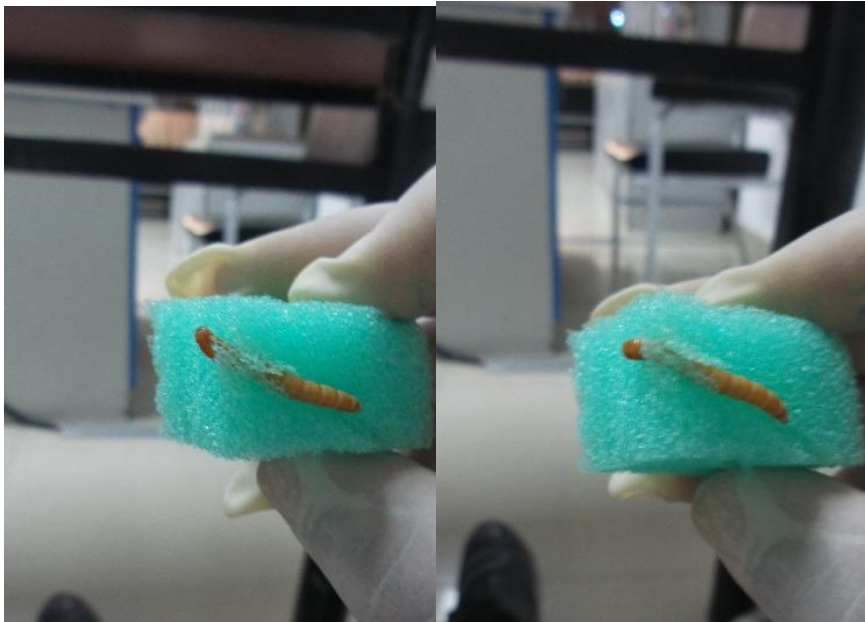


Fotos 3 y 4: Diferentes vistas de la fase escarabajo de la especie

ANEXO 2 Crianza de la especie



Fotos 5 y 6: Envases de plástico donde se realizó la crianza de la especie y los bloques de EPS.



Fotos 7,8 y 9: Surgieron incidentes al hidratar a la especie utilizando espuma de poliuretano, el cual la especie comenzó a consumir, por lo cual se procedió a cambiar de forma de hidratación con atomizador.

ANEXO 3 Determinación de consumo de EPS, producción de excreta y variación de biomasa

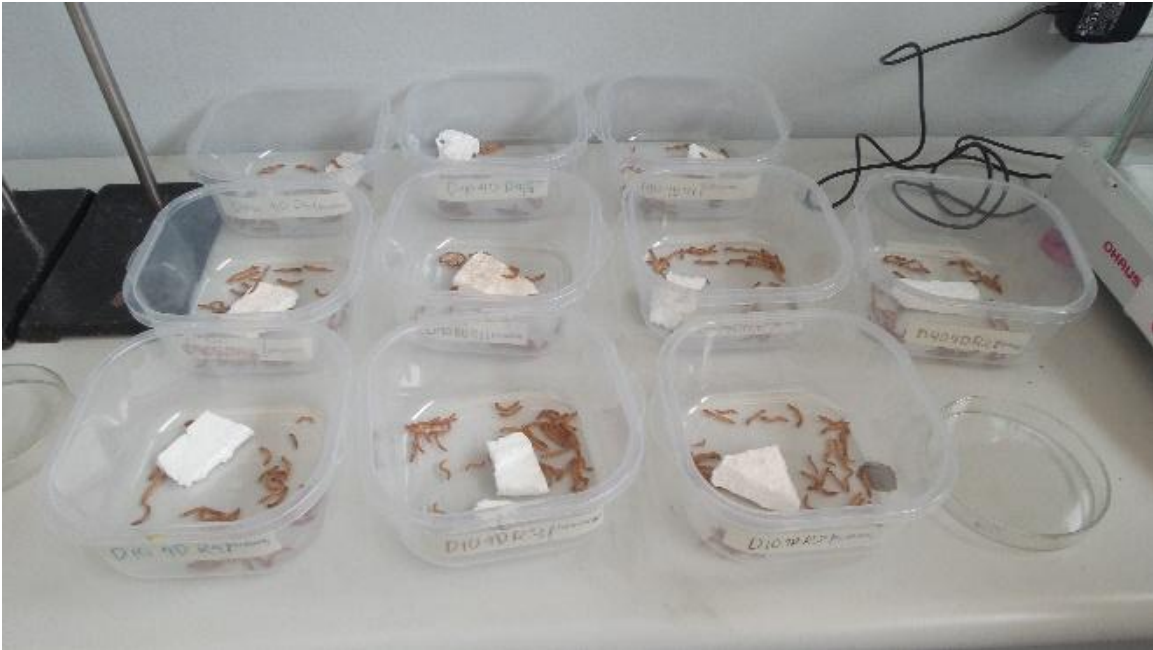


Foto 10: Envases con los gusanos y EPS listos para la medición de peso.



Foto 11: Producto final compuesto por excreta de la especie y restos de EPS.



Foto 12: La especie realizó orificios en los bloques de EPS, confirmando el consumo de este.



Foto 13: Se realizó la separación del excremento(izquierda), gusanos(centro) y poliestireno no consumido (derecha) por cada envase para realizar las mediciones de peso por tratamiento o envase.

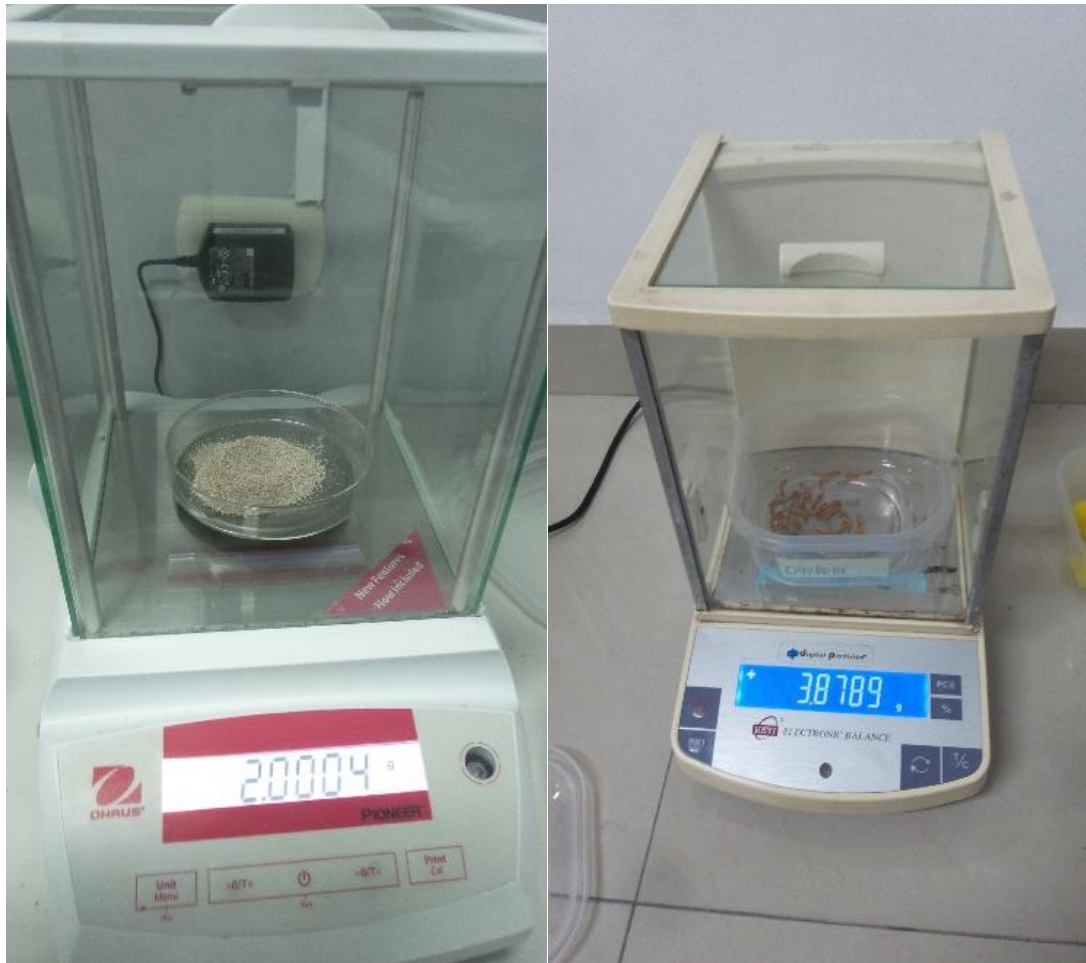


Foto 14: Uso de balanza analítica para la medición de los resultados por gravimetría del excremento (izquierda) , gusanos(derecha) y EPS.

ANEXO 4 Determinación de parámetros físicos



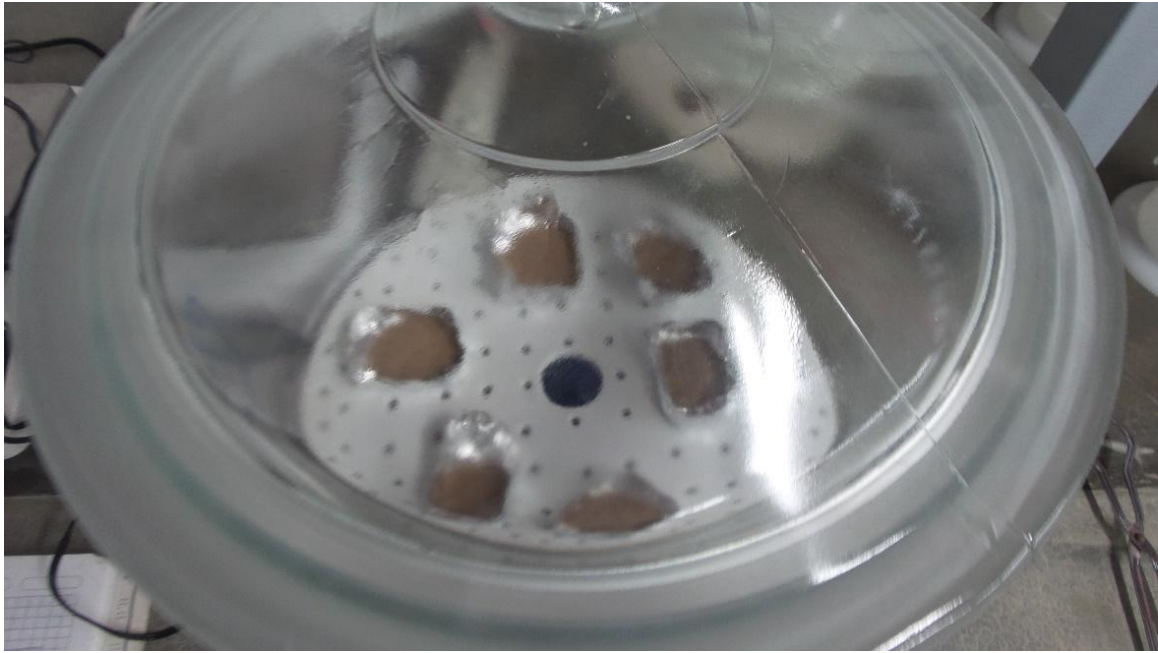
Fotos 15 y 16: Uso de agitador magnético para la medición de conductividad eléctrica de los productos obtenidos.



Fotos 17 y 18: Filtración y preparación de las muestras para la medición de conductividad eléctrica.



Foto 19: Preparación de las muestras para la medición de conductividad eléctrica.




Fotos 20 y 21: Preparación de las muestras para la medición de Materia Orgánica.



Foto 22: Muestras listas para la medición de pH.

ANEXO 5 Instrumentos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	“BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL <i>Tenebrio molitor</i> PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO”
FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN	

DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS	Peter Davirán Yance
FACULTAD / INSTITUCIÓN	Ingeniería ambiental/ Universidad César Vallejo
UBICACIÓN	
E-MAIL	daviranyance@hotmail.com
FIRMA	

VARIABLE INDEPENDIENTE		Biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i>			
TRATAMIENTO 1		Eficiencia			Tratamiento
Densidad de la espuma de poliestireno (kg./m ³)					
Muestra	Fecha	Consumo de espuma de poliestireno (g.)	Excreta producida (g.)	Variación de biomasa (g.)	Tiempo(días)
1					
2					

FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS	Peter Davirán Yance
FACULTAD / INSTITUCIÓN	Ingeniería ambiental/ Universidad César Vallejo
UBICACIÓN	
E-MAIL	daviranyance@hotmail.com
FIRMA	

VARIABLE INDEPENDIENTE		Biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i>			
TRATAMIENTO 2		Eficiencia			Tratamiento
Densidad de la espuma de poliestireno (kg./m ³)					
Muestra	Fecha	Consumo de espuma de poliestireno (g.)	Excreta producida (g.)	Variación de biomasa (g.)	Tiempo(días)
1					
2					

FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN

DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS	Peter Davirán Yance
FACULTAD / INSTITUCIÓN	Ingeniería ambiental/ Universidad César Vallejo
UBICACIÓN	
E-MAIL	daviranyance@hotmail.com
FIRMA	

VARIABLE DEPENDIENTE		Producción de abono						
TRATAMIENTO	Repetición	Parámetros físicos		Parámetros químicos				
		Contenido de humedad (%)	Conductividad eléctrica (dS/m)	pH	N (%)	P (%)	K (%)	Materia orgánica (%)
EPS D10	1							
	2							
	3							
EPS D40	1							
	2							
	3							

ANEXO 6 Resultados de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 013111

MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : PETER ALBERT DAVIRAN YANCE
PROYECTO : BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL TENEBRIO MOLITOR PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
PROCEDENCIA : Excremento de gusano
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS: La Molina, 16 de Octubre del 2017

Número de muestra		N %	P %	K %
Lab.	Campo			
13111	D10	3.92	0.27	0.78

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO

[Signature]
 Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 013112

MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : PETER ALBERT DAVIRAN YANCE
PROYECTO : BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL TENEBRIO MOLITOR
PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
PROCEDENCIA : Excremento de gusano
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS: La Molina, 16 de Octubre del 2017

Número de muestra		N	P	K
Lab.	Campo	%	%	%
13112	D 40	1.18	0.30	0.69

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


Ing. Msc. Teresa Velásquez Bejarano
JEFE DE LABORATORIO



ENSAYO N° 15-2017- II -TESIS

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

INFORME DE RESULTADOS

MATERIA ORGÁNICA

Empresa:	UCV-SJL
Dirección:	Av. Del Parque cuadra 6-SJL
Tipo de ensayos:	Parámetros físicos, parámetros químicos
Tipo de muestra:	Seca
Identificación de la muestra:	Rotulación con cinta Tratamiento 1 y 2- D10 Tratamiento 3 y 4- D40 Días- 4 y 8 Promedios- P1 y P2
Descripción de la muestra:	Excremento de gusano que ha digerido tecnopor de distintas densidades.
Muestra tomada por:	Peter Davirán Yance
Fecha de ingreso de muestra:	12 Agosto del 2017
Lugar que se realizó el ensayo:	Laboratorio de biotecnología -UCV
Fecha de realización de ensayos:	12 agosto 2017-21 octubre 2017

TRATAMIENTO CON ESPUMA DE POLIESTIRENO DE DENSIDAD D10 (10Kg./m.3)

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS	
			4 DÍAS	8 DÍAS
			P1	P2
Consumo de EPS	Gramos	Gravimetría	0,0416	0,0903
Excreta producida	Gramos	Gravimetría	0,0307	0,0843
Variación de excreta	Gramos	Gravimetría	-0,0848	-0,1681

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO		
			P1	P2	P3
Potencial de hidrógeno (pH)	Numérico	Solución 1:20, Phmetro	6,97	7,01	7,02
Conductividad eléctrica	dS./m.	ISO 11265:1994	2,81	2,74	2,82
Contenido de Humedad	%	Gravimetría	4,49	4,57	4,35
Materia orgánica	%	Gravimetría	96,84	96,95	96,96



TRATAMIENTO CON ESPUMA DE POLIESTIRENO DE DENSIDAD D40 (40Kg./m.3)

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS	
			4 DÍAS	8 DÍAS
			P1	P2
Consumo de EPS	Gramos	Gravimetría	0,0628	0,1460
Excreta producida	Gramos	Gravimetría	0,0466	0,1635
Variación de excreta	Gramos	Gravimetría	-0,1057	-0,3529

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO		
			P1	P2	P3
Potencial de hidrógeno (pH)	Numérico	Solución 1:20, Phmetro	6,78	6,8	6,81
Conductividad eléctrica	dS./m.	ISO 11265:1994	1,91	2,01	2,04
Contenido de Humedad	%	Gravimetría	3,25	3,08	3,30
Materia orgánica	%	Gravimetría	98,13	98,02	98,02

Daniel Neciosup Gonzales
Asistente Del Laboratorio De Biotecnología



Lorgio Valdiviezo Gonzales

ANEXO 7 Validaciones



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: GAMARRA CHAVARRY LUIS F.
 1.2. Cargo e institución donde labora: DIRECTOR SENAMHI - DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad del validador: INGENIERO GEOGRAFO - ECONOMISTA
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
 1.5. Título de la investigación: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL Tenebrio molitor PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					95
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					95
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					95
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					95
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						95

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

SEGUNDA VARIABLE: PRODUCCIÓN DE ABONO

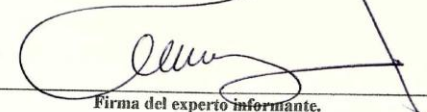
DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros Físicos	Contenido de humedad	✓		
	Conductividad eléctrica	✓		
Parámetros Químicos	pH	✓		
	N	✓		
	P	✓		
	K	✓		
	Materia orgánica	✓		



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 95 %.

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 07 de NOVIEMBRE del 201...7


 Firma del experto informante.

DNI N° 10228440 Teléfono N° 95 2872387



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: GAMARRA CHAVARRY LUIS F.
 1.2. Cargo e institución donde labora: DIRECTOR SENAMHI - DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad del validador: INGENIERO GEOGRAFO - ECONOMISTA
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
 1.5. Título de la investigación: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor* PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					95
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					95
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					95
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					95
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						95

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor*

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Eficiencia	Consumo de espuma de poliestireno	✓		
	Excreta producida	✓		
	Ganancia de biomasa (<i>Verificación</i>)	✓		
Tratamiento	Tiempo	✓		
	Densidad de la espuma de poliestireno	✓		



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 95 %.

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 07 de NOVIEMBRE del 2017.

[Firma manuscrita]
 Firma del experto informante.

DNI N° 10228440 Teléfono N° 952872387



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Mg: Delgado Arenas, Antonio Leonardo
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coord de Investigación de la Esc. Prof. de Ing. Amb
 1.3. Especialidad del validador: Metodologo
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
 1.5. Título de la investigación: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor* PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90%
4. Organización	Existe una organización lógica.					90%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90%

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor*

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Eficiencia	Consumo de espuma de poliestireno	✓		
	Excreta producida	✓		
	Ganancia de biomasa (<i>Variación</i>)	✓		
Tratamiento	Tiempo	✓		
	Densidad de la espuma de poliestireno	✓		



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %.

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 21 de Setiembre del 2017.

Delgado
Firma del experto informante.

DNI N° 29671642 Teléfono N° 999106180



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Delgado Arenas, Antonio Leonardo
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coid. de Investigación de la Esc. Profesional de Sag. Amb.
 1.3. Especialidad del validador: Metodología
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
 1.5. Título de la investigación: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL Tenebrio molitor PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico					90%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables					90%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					90%
4. Organización	Existe una organización lógica					90%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					90%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					90%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones					90%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					90%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación					90%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90%

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

SEGUNDA VARIABLE: PRODUCCIÓN DE ABONO

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros Físicos	Contenido de humedad	✓		
	Conductividad eléctrica	✓		
Parámetros Químicos	pH	✓		
	N	✓		
	P	✓		
	K	✓		
	Materia orgánica	✓		



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %.

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 21 de Setiembre del 2017.

[Firma]
 Firma del experto informante.
 DNI N° 29671692 Teléfono N° 999106180



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Valdiviaza Gonzales Doye
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador EP CTW6 Av. B.
- 1.3. Especialidad del validador: Laj. Procesos
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
- 1.5. Título de la investigación: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor* PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
- 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					95
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					95
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					95
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					95
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						95

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor*

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Eficiencia	Consumo de espuma de poliestireno	/		
	Excreta producida	/		
	Ganancia de biomasa (<u>Variación</u>)	/		
Tratamiento	Tiempo	/		
	Densidad de la espuma de poliestireno	/		



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 95 %.

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 21 de septiembre del 2017.

[Firma]
Firma del experto informante.

DNI N° 4031023 Teléfono N° _____



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Hector Coronel Rojas
 1.2. Cargo e institución donde labora: rector de Escuela PCCU
 1.3. Especialidad del validador: Enf. Procesos
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
 1.5. Título de la investigación: **BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL Tenebrio molitor PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017**
 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					95
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					95
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					95
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					95
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					95
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						95

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

SEGUNDA VARIABLE: **PRODUCCIÓN DE ABONO**

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros Físicos	Contenido de humedad	—		
	Conductividad eléctrica	—		
Parámetros Químicos	pH	—		
	N	—		
	P	—		
	K	—		
	Materia orgánica	—		



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 95 %.

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 21 de septiembre del 2017

[Firma]
 Firma del experto informante.
 DNI N° 40318063 Teléfono N° _____



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: José Luis
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. Inv.
 1.3. Especialidad del validador: Doc
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
 1.5. Título de la investigación: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor* PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				80	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80	

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMIS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor*

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Eficiencia	Consumo de espuma de poliestireno			
	Excreta producida			
	Ganancia de biomasa (<i>Variación</i>)	✓		
Tratamiento	Tiempo			
	Densidad de la espuma de poliestireno	✓		



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %.

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 16 de 17 del 2017.

Firma del experto informante.

DNI N° 07764062 Teléfono N° _____



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Adriano Quiñ
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
- 1.3. Especialidad del validador: Doc
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
- 1.5. Título de la investigación: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL Tenebrio molitor PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
- 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				80	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN					80	

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

SEGUNDA VARIABLE: PRODUCCIÓN DE ABONO

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros Físicos	Contenido de humedad	✓		
	Conductividad eléctrica			
Parámetros Químicos	pH	✓		
	N			
	P			
	K			
	Nitrato orgánico			



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %.

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 16 de 11 del 2017.

Firma del experto informante.

DNI N° 07744062 Teléfono N° _____



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Dr. Tullume Chavesta, Milton
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
 1.3. Especialidad del validador: Ing. forestal - Consultor Ministerio Público
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
 1.5. Título de la investigación: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor* PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017
 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor*

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Eficiencia	Consumo de espuma de poliestireno	✓		
	Excreta producida	✓		
	Ganancia de biomasa (<i>Variación</i>)	✓		
Tratamiento	Tiempo	✓		
	Densidad de la espuma de poliestireno	✓		

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %.

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 22 de septiembre del 2017.

Firma del experto informante.

DNI N° 07482588 Teléfono N° 966255191



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: Dr. Tullume Chavesta, Milton
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
 1.3. Especialidad del validador: Ing. forestal - Consultor Ministerio Público
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
 1.5. Título de la investigación: **BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL Tenebrio molitor PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017**
 1.6. Autor del instrumento: Davirán Yance, Peter

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						90

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

SEGUNDA VARIABLE: PRODUCCIÓN DE ABONO

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Parámetros Físicos	Contenido de humedad	✓		
	Conductividad eléctrica	✓		
Parámetros Químicos	pH	✓		
	N	✓		
	P	✓		
	K	✓		
	Materia orgánica	✓		



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %.

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 22 de septiembre del 2017.

Firma del experto informante.

DNI N° 07482588 Teléfono N° 966258191

ANEXO 8 Matriz de consistencia

“BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL <i>Tenebrio molitor</i> PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO”								
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA
Problema General	Objetivo general	Hipótesis General	Biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i>	La biodegradación y mineralización del EPS que ocurre en los intestinos de los gusanos de la harina. Está dado en los cambios de las propiedades físicas y químicas de los residuos eliminados (fécula) después de pasar por el sistema digestivo, con la conversión en CO ₂ y biomasa. Los cambios de las propiedades químicas y físicas se dan en pruebas de alimentación con estireno, colección y caracterización de la fécula, prueba del balance de masa de carbono. (Yang, 2015,p.4)	Se obtuvieron datos mediante la ficha de observación/registro de datos de campo), durante la alimentación de la especie con espuma de poliestireno como dieta única.	Eficiencia	Consumo de espuma de poliestireno	g.
¿En qué medida la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i> favorece a la producción de abono?	Evaluar en qué medida la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i> favorece a la producción de abono.	La biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i> influye a la producción de abono.					Excreta producida	g.
							Variación de biomasa	g.
Problemas específicos	Objetivo específicos	Hipótesis específicas	Producción de abono	Según Ramos (p.301,2008), los abonos son cualquier sustancia orgánica o inorgánica que da una mejora a la calidad del suelo a nivel nutricional, como la excreta del gusano de la harina o <i>Tenebrio molitor</i> .	Se realizaron el análisis de los parámetros físicos y químicos del excremento producido en la biodegradación de la espuma de poliestireno en laboratorio.	Parámetros Físicos	Contenido de humedad	%
							Conductividad eléctrica	dS/m
¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i> para la producción de abono? ¿Cuál es el mejor tratamiento de biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i> para la producción de abono?	Determinar la eficiencia de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i> para la producción de abono. Determinar el mejor tratamiento de biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i> para la producción de abono.	La biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i> es eficiente para la producción de abono. Los tratamientos de la biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva de <i>Tenebrio molitor</i> influyen en la producción de abono.	Producción de abono	Según Ramos (p.301,2008), los abonos son cualquier sustancia orgánica o inorgánica que da una mejora a la calidad del suelo a nivel nutricional, como la excreta del gusano de la harina o <i>Tenebrio molitor</i> .	Se realizaron el análisis de los parámetros físicos y químicos del excremento producido en la biodegradación de la espuma de poliestireno en laboratorio.	Parámetros Químicos	pH	Numérico
							N	%
							P	%
							K	%
							Materia orgánica	%

ANEXO 9 Acta de aprobación de originalidad de la tesis y resultados de Turnitin

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 08 Fecha : 12-09-2017 Página : 1 de 1
--	--	---

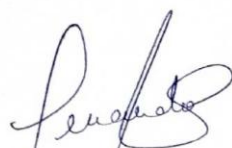
Yo, Fernando Serna qué Aucacahuasi
 docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela
Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, Lima este (precisar
 filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO
 POR LA LARVA DEL Tenebrio molitor PARA LA PRODUCCIÓN
 DE ABONO, 2017
"

del (de la) estudiante Peter Albert Davirán Yance
 constato que la investigación tiene un índice de
 similitud de 10 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha San Juan de Lurigancho, 18 de diciembre
del 2017



Fernando Antonio Serna qué Aucacahuasi


Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 07268863

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Feedback Studio - Mozilla Firefox
 https://ev.turnitin.com/app/carta/ev/1s=1&co=1018680068&u=1074316817&lang=es

feedback studio | tesis | /0 | 1 de 1



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del *Tenebrio molitor*
 para la producción de Abono, 2017

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR
 Peter Albert Davirán Yance

ASESOR
 Dr. José Eloy Cuellar Bautista

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Resumen de coincidencias X


10 %

1	www.slideshare.net	1 %
2	www.math.wustl.edu	1 %
3	Entregado a Carlos Tes...	<1 %
4	repositorio.utp.edu.co	<1 %
5	Entregado a Universida...	<1 %
6	queenofangelschicago...	<1 %
7	askentomologists.com	<1 %
8	ijmtpublication.com	<1 %
9	www.fertilizer.org	<1 %

Página: 1 de 112 | Número de palabras: 18632 | Text-only Report | High Resolution | Activado

11:30 a.m. 12/10/2018

ANEXO 10 Autorización de publicación de la tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 08 Fecha : 12-09-2017 Página : 1 de 1

Yo Peter Albert Daviran Yane identificado con DNI N° 70789742, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR LA LARVA DEL *Tenebrio molitor* PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

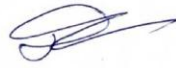
.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

DNI: 70789742

FECHA: 7 de diciembre del 2017

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

ANEXO 11 Autorización de la versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

LA ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
(FERNANDO SERNAQUÉ AUCCAHUASI)

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

PETER ALBERT DAVIRÁN YANCE

INFORME TÍTULADO:

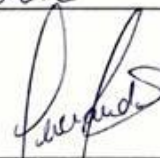

"BIODEGRADACIÓN DE LA ESPUMA DE POLIESTIRENO POR
LA LARVA DEL *Tenebrio molitor* PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO, 2017"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 14-12-2017

NOTA O MENCIÓN: DECIETE



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
SERNAQUÉ AUCCAHUASI, FERNANDO