



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Br. Siesquen Angulo, Blanca Nélica (ORCID: 0000-0002-7434-8670)

Br. Trujillo Ventura, Lourdes Macarena (ORCID: 0000-0003-1277-7194)

ASESORA:

Msc. Ordóñez Ruiz, Karina Milagros (ORCID: 0000-0002-5957-2447)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

MOYOBAMBA – PERÚ

2019

Dedicatoria

La tesis, lo dedico en principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para lograr unos de mis objetivos y a mis padres por darme la vida, por estar siempre en los momentos más difíciles brindándome su amor, apoyo, confianza y fortaleza para seguir adelante.

Lourdes Macarena Trujillo Ventura

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme la vida para poder desarrollar todas mis metas que se presente en el camino, con mucho esfuerzo, amor, confianza, responsabilidad empeño.

Blanca Nélide Siesquen Angulo

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera, logrando alcanzar una de mis metas.

A mi madre Ofelia Ventura de Trujillo, por ser una madre abnegada, por cuidarme y desearme todo lo mejor para mi vida.

A mi padre Gabriel Trujillo Villacorta, por ser un padre ejemplar, brindándome sus consejos sabios para salir adelante con mis metas trazadas.

A mis hermanos por brindarme su apoyo en los momentos más difíciles, con sus consejos y enseñanzas que encaminan mi carrera profesional.

A mi esposo por brindarme su apoyo incondicional en esta nueva etapa de mi vida.

Lourdes Macarena Trujillo Ventura

En primer lugar quiero agradecer a mis padres por permitirme desarrollarme como profesional, dándome la mejor educación y el mejor ejemplo de desarrollarme como persona ante la sociedad.

Agradecer a mis hermanas por el apoyo incondicional que me brindan el día a día para no rendirme emocionalmente seguir realizando mis propios esfuerzo con ayuda de mérito propio.

Por último agradecer a mis profesores por brindarnos el aprendizaje adecuado, donde cada alumno pudo desarrollar sus diferentes capacidades intelectuales para un buen fin, a que muchos de nuestros docentes invirtieron su tiempo y sus conocimientos queriendo ser un buen ejemplo para todos nosotros.

Blanca Nélide Siesquen Angulo

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

Yo **LOURDES MACARENA TRUJILLO VENTURA**, identificado con **D.N.I. N°45468250**, estudiante de la escuela académico profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo, con la tesis titulada: “Utilización del gusano de cera (*Galleria mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba 2019”

Declaro bajo juramento que:

La tesis es de mi autoría

He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. La tesis no ha sido auto plagiado, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Moyobamba 17 de diciembre de 2019



.....
Lourdes Macarena Trujillo Ventura

DNI: 45468250

Declaratoria de Autenticidad

Yo **BLANCA NÉLIDA SIESQUEN ANGULO**, identificado con **D.N.I. N°72752032**, estudiante de la escuela académico profesional de **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo, con la tesis titulada: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba 2019”

Declaro bajo juramento que:

La tesis es de mi autoría

He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

La tesis no ha sido auto plagiado, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Moyobamba 17 de diciembre de 2019



.....
Blanca Nélda Siesquen Angulo

DNI: 72752032

Índice

| | |
|--|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Página del jurado | iv |
| Declaratoria de autenticidad | v |
| Índice | vii |
| Índice de figuras | viii |
| Índice de tablas | ix |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT | xi |
| I. INTRODUCCIÓN | 01 |
| II. MÉTODO | 14 |
| 2.1 Tipo y diseño de Investigación | 14 |
| 2.2 Variables y Operacionalización de variables | 15 |
| 2.3 Población y muestra | 17 |
| 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 18 |
| 2.5 Procedimiento | 19 |
| 2.6 Métodos de análisis de datos | 26 |
| 2.7 Aspectos Éticos | 26 |
| III. RESULTADOS | 27 |
| IV. DISCUSIÓN | 32 |
| V. CONCLUSIONES | 34 |
| VI. RECOMENDACIONES | 35 |
| REFERENCIAS | 36 |
| ANEXOS | 41 |
| ANEXO N° 1: Matriz de consistencia | 42 |
| ANEXO 2: Instrumento de recolección de datos | 43 |
| ANEXO 3: Validación de instrumentos | 44 |
| ANEXO 4: Panel fotográfico | 47 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Estructura química del poliestireno | 05 |
| Figura 2. Símbolo internacional del poliestireno | 06 |
| Figura 3. Larva de Gallería mellonella | 09 |
| Figura 4. Periodo biológico de la Gallería mellonella..... | 10 |
| Figura 5. Diseño de la investigación experimental | 14 |
| Figura 6. Materiales para la elaboración del sustrato | 20 |
| Figura 7. Procedimiento para la elaboración del sustrato nutritivo | 20 |
| Figura 8. Caja de colmena infectado por el gusano de cera | 21 |
| Figura 9. Gusano de cera en desarrollo a base de sustrato nutritivo | 21 |
| Figura 10. Tratamientos | 22 |
| Figura 11. Proceso de recolección de datos | 22 |
| Figura 12. Pesado inicial de la muestra | 23 |
| Figura 13. Selección del gusano de cera (Gallería mellonella) | 23 |
| Figura 14. Introducción de los gusanos de cera (Gallería mellonella)..... | 24 |
| Figura 15. Biodegradación del poliestireno expandido (tecnopor)..... | 24 |
| Figura 16. Peso final de la muestra de poliestireno expandido | 25 |
| Figura 17. Efectos de los tratamientos de las masas en gramos de gusano de cera sobre el tiempo de biodegradación (horas). Valores de los círculos representan el promedio de cuatro réplicas. LSD definido a $p < 0,05$ | 30 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica | 09 |
| Tabla 2. Tratamientos..... | 15 |
| Tabla 3. Operacionalización de las variables..... | 16 |
| Tabla 4. Medias, Error estándar e intervalo de confianza al 95% de los pesos en gramos del gusano de cera..... | 27 |
| Tabla 5. Comparaciones múltiples para los pesos en gramos de los gusanos de cera | 27 |
| Tabla 6. Medias, Error estándar e intervalo de confianza al 95% de los tiempos (horas) de biodegradación | 28 |
| Tabla 7. Comparaciones múltiples para los tiempos (horas) de biodegradación | 28 |
| Tabla 8. Estadísticos descriptivos de los pesos por cada tratamiento (cantidad de gusano de cera en gramos y las horas de las mediciones en cada repetición..... | 29 |
| Tabla 9. Diferencias entre la cantidad en gramos del poliestireno expandido (tecnopor) consumidos en los diferentes tiempos de biodegradación | 29 |
| Tabla 10. Comparaciones múltiples para las masas en gramos de gusano de cera con interacción al tiempo de biodegradación (horas) | 31 |

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad la utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019. Esta investigación es de tipo aplicada porque se utilizó los conocimientos que se obtienen en la práctica para aplicarlos en el bien de la sociedad, también tiene un enfoque cuantitativo y de diseño experimental. Se confeccionaron cajas de madera de 20 x 20 cm, para llevar a cabo los tratamientos con 10 g, 20 g y 30 g de gusanos, encada replica se usó 3.4166 g de poliestireno expandido (tecnopor). Los resultados obtenidos mostraron que no hubo diferencias significativas entre las masas ($F_{anova} = 3.323$, $gl = 2$, $p = 0.231$) a diferencia de los tiempos que si influyeron en la biodegradación ($F_{anova} = 40,49$, $gl = 2$, $p = 0.024$). La diferencia en las medias entre las 24 y 72 horas fue de 0,125 gr, y esto indicó una diferencia significativa de la disminución de la cantidad de Tecnopor con respecto al tiempo, también el tiempo entre 48 y 72 horas fue ideal para disminuir relativamente el Tecnopor, aceptando la hipótesis alterna ($p = 0.061$). De esta manera, se concluyó que el gusano de cera (*Gallería mellonella*), si biodegrada el poliestireno expandido (tecnopor).

Palabras clave: biodegradación, *Gallería mellonella*, poliestireno expandido.

ABSTRACT

The present investigation has the use of the wax worm (*Galleria mellonella*) for the biodegradation of expanded polystyrene containers (technopor), Moyobamba, 2019. This research is applied because it has the knowledge to be applied in the Well of society, it also has a quantitative and experimental design approach. Wooden boxes of 20 x 20 cm were made, to carry out the treatments with 10 g, 20 g and 30 g of worms, in each replica 3.4166 g of expanded polystyrene (technopor) was used. The specific results that there were no significant differences between the masses (Fanova = 3.323, gl = 2, p = 0.231) a difference in the times that did influence the biodegradation (Fanova = 40.49, gl = 2, p = 0.024) The difference in the means between 24 and 72 hours was 0.125 gr, and this was a significant difference in the decrease in the amount of Tecnopor with respect to time, also the time between 48 and 72 hours was ideal to decrease the Tecnopor relatively , accepting the alternate hypothesis (p = 0.061). In this way, it was concluded that the wax worm (*Galleria mellonella*), if biodegraded expanded polystyrene (technopor).

Keywords: biodegradation, *Galleria mellonella*, expanded polystyrene (EPS).

I. INTRODUCCIÓN

Para el estudio se ha considerado necesario el desarrollo inicial, mencionando la *realidad problemática*, dando inicio: Actualmente el incremento de la actividad antrópica, va dejando serios daños al ambiente. La tecnología avanza día a día para modernizar muchos aspectos de la supervivencia habitual. Muchas veces, utilizamos productos sintéticos que son muy agresivo para el medio ambiente; ya que al culminar su uso, el tratamiento para su degradación es costoso y complicado. La fabricación de productos para las diferentes actividades humanas, deja varias mejorías como perjuicios. Anteriormente se pensaba que estos productos no lograban ser eliminados naturalmente ni artificial, como es el caso de los productos de tecnopor, siendo un plástico producido del petróleo, el cual es maniobrado para materiales como envases para alimentos, aislante térmico, protección de cosas de envío, etc. Estos materiales son muy económicos para su fabricación y tienen mayor consumo de sus productos satisfaciendo a los consumidores, teniendo mayor demanda los envases para alimentos con poliestireno expandido (tecnopor), siendo uno de los grandes problemas que se sufre a nivel mundial, ya que al ser utilizados, se desechan a la basura generando un impacto ambiental en nuestra sociedad, estos residuos no llegan a los rellenos sanitarios, sino son desechados a los océanos, riachuelos y también en las calles de las ciudades. El inconveniente alrededor del uso de tecnopor se debe por la acumulación, como por ejemplo contenedores, platos, vasos a base de este material.

En el Perú, el tecnopor es un producto que se encuentra en la actividad diaria del ser humano, desde el envase de tecnopor para una bebida caliente, contenedores para llevar comida de las pollerías y restaurantes, hasta los productos que venden en los supermercados (las frutas, verduras y embutidos). El tecnopor no es reciclable en el Perú; su elevado costo de su reciclaje se debe a que está compuesto de 95% de aire 5% de poliestireno, ya que es un proceso difícil, no rentable porque solamente se recuperaría el 5% del material. Este plástico es de un solo uso, tiene una vida corta, convirtiéndose en basura en instantes. Su desintegración demora al menos 500 años. Se producen aumento de 18 mil toneladas de basura diaria en el Perú. Para los 1851 distritos en el Perú, solo contamos con doce rellenos sanitarios en actividad. El 95% de la basura va a botaderos no controlados, océanos y riachuelos. Al ser ligero el tecnopor, vuela fácilmente, contaminando el océano, los riachuelo y flotando es

llevado por la corriente del agua. Al quebrarse en el océano los peces comen los trozos de tecnopor. Es por eso que podemos estar consumiendo alimentos con sustancias tóxicas (LIBRE DE TECNOPOR, 2019).

Se buscaron *trabajos previos*, relacionadas en nuestra investigación, por lo cual se manifiesta a **nivel internacional** lo siguiente: desde el contexto mencionado por ALONSO, María (2017). En su investigación: *Degradación de poliestireno y polipropileno con microorganismos de vermicompost*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador, Argentina, Concluyó que: El vermicompost empleado, hay una cantidad microbiana hábil de biodegradar todos los plásticos estudiados, en ligerezas diferentes, en las condiciones de estos ensayos. Los microorganismos contenidos en el vermicompost, juntos lograron y en situaciones aplicadas, biodegradar a una rapidez absoluta las muestras de poliestireno expandido, con relación a las demás muestras. Se encuentran valores próximos entre los tipos de poliestireno y de polipropileno. Como también: DERAS, Gonzalo. En su trabajo de investigación: *Efecto del consumo del polietileno de baja densidad en el desarrollo de la polilla de la cera (Galleria mellonella), Lepidoptera: Pyralidae*. (Tesis de grado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras, 2018. Logra determinar que: El polietileno de baja densidad como comida con 10% de régimen artificial y 90% polietileno de baja densidad reduce el peso de larvas de Gusano de cera, cuidados en ambientes de laboratorio. El incremento del polietileno de baja densidad como comida, acorta la vida de las larvas de Gusano de cera en ambientes de laboratorio. Al poner en contacto a los gusanos de cera a una sustitución mayor al 70% de resto de polietileno de baja densidad, como única fuente de comida, impacta absolutamente el desarrollo y duración de vida, por lo tanto, no es permitido considerar, los gusanos manipuladas en la experimentación, como opción para disminuir los restos de plásticos. Asimismo: HERNANDEZ, Augusto; MARTINEZ, José Y PÉREZ, Laura. En su trabajo de investigación: *Bacterias hidrocarbonoclasticas biodegradantes de poliestireno expandido*. (Artículo científico). Universidad Veracruzana, México, 2015. Concluyen que las variedades hidrocarbonoclasticas alcanzados en esta tesis: *Aeromonas sp.*, *Vibrio sp.*, *Shewanella sp.*, *Pseudomonas sp.*, y *Comamonas sp.*, demuestran capacidad biodegradativa sobre el tecnopor (poliestireno expandido), por lo cual se ha mencionado en la evaluación de crecimiento de cada variedad, las que indican la mineralización del tecnopor (poliestireno expandido). Así también como:

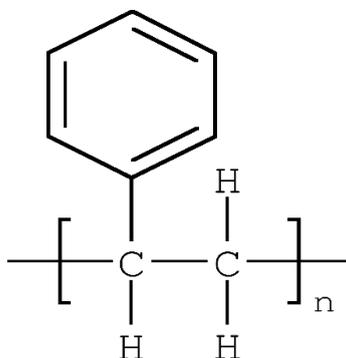
MEZA, Mauricio. En su trabajo de investigación: *Biodegradabilidad de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en humus de lombriz, caballo y gallina*. (Tesis de grado). Escuela Politécnica del ejército, Colombia, 2013. Puesto que obtuvo como resultado, los microorganismos del humus de caballo al cumplir los 35 días del período de práctica, consumieron un 10,89% de polietileno tereftalato, teniendo un valor superior obtenido entre los 3 humus. Por otro lado el porcentaje de biodegradación del oxopolietileno, por medio de la acción de los microorganismos naturales del humus de lombriz con el 39.99%, presentando una diferencia significativa en relación a los otros dos procedimientos. Conforme con los datos, se cumplió el propósito de duración media de los plásticos; obteniendo como resultado una duración media de 36 años para el polietileno tereftalato y 10 años para el oxopolietileno. Por otro lado, también se obtuvo antecedentes **a nivel nacional**, según, REVILLA, Sandra. En su trabajo de investigación: *Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la Galleria mellonella en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, lima - 2018*. (Tesis de grado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2018. Las conclusiones obtenidas demostraron presencia de biodegradación. El término medio alcanzados de la eficiencia para la biodegradación del tipo bolsas plásticas, en una muestra de 20 cm x10 cm, con el volumen de 5 ml de tratamiento fue de 0.64%, con el volumen de 7.5 ml de tratamiento fue de 3.36% y con el volumen de 10 ml fue de 9.79%, lo que demostraría un término medio parcial de 4.60%. La media de la eficiencia para la biodegradación del film, estuvo superior, manifestando que 5 ml logra biodegradar con la eficiencia de 9.70%, con 7.5 ml fue de 11.02% y con 10 ml fue de 16.13%. Consiguiendo una media parcial de 12.28%. Esto manifestaría que a superior espesor de tratamiento, existe un incremento eficiencia, y desarrollando una capacidad en semejantes circunstancias en medio de uno y otro de los tipos de polietileno de baja densidad, hay superior porcentaje de biodegradación en el film, ya que, éste tipo es el más recomendable para el tratamiento. Por otra parte: DAVIRAN, Albert. En su trabajo de investigación: *Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del Tenebrio molitor para la producción de Abono, 2017*. (Tesis de grado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2017. Logra determinar que: Muestran en 4 días de biodegradación el uso de tecnopor (EPS) D10 de 0,0416g; una deposición originada de 0,0307g; un desgaste de biomasa de 0,0848 g; para el tecnopor (EPS)

D40; su consumo es de 0,1460g; deposición originada de 0,1635 g; un desgaste de biomasa de 0,3529 g, en 8 días. Teniendo como eficiencia lo siguiente: de 12,20% de consumo en el tratamiento de tecnopor (EPS) D10 en 8 días, 2,60% en los residuos de las larvas (excreta), con tecnopor (EPS) D40 en 8 días y un desgaste de biomasa de 2,84% con tecnopor (EPS) D10, en 4 días. Los parámetros finales de nutrientes de nitrógeno, fósforo extractable y potasio disponible son proporcionalmente con respecto al tecnopor (EPS) D10 de: 3,92%; 0,27%; 0,78% y 1,18%; 0,3% y 0,69% para el tecnopor (EPS) D40. En conclusión, se muestra biodegradación del tecnopor (EPS), sin embargo es insuficiente por la actividad de la larva de *tenebrio molitor*, a lo largo del experimento, asimismo se evidencian alimentos en sus excretas, que se estiman por varios factores en la crianza como el canibalismo, residuos de transformación (piel) y pupa. En cuanto: URIBE, Daniel. En su investigación: *Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno sanitario, Lima, Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 2017. Logra determinar que: los resultados obtuvieron una reducción de 5,4% del peso total de polietileno, por acción de los microbios aislado (pH 7,0). El porcentaje del peso perdido, alcanzado mediante el empleo de las levaduras y los hongos aislados fue de 4,8% (pH 5,5), que si bien es menor, es un resultado demostrativo para las circunstancias en las que se produjo la prueba. Seguido de: VELASCO, Miguel. *Biodegradación del poliestileno de baja densidad, mediante el uso de lepidóptero Galleria mellonella bajo condiciones térmicas controladas en el 2017*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2017. Logra determinar que la característica corporal de la larva de gusano de cera, para desarrollar una excelente biodegradación del polietileno de baja densidad, debe ser de un tamaño de 22 mm a 27 mm, considerando una característica óptima de las larvas de gusano de cera, tienen una excelente y dura masticación, produciendo tegumentos ágilmente; sin embargo, las larvas del gusano de cera con características corporales de 0,6 o 0,7 mm, no consiguen en muchos días biodegradar un pequeño orificio. De esta manera demuestra que el mejor clima para la larva del gusano de cera, para conseguir excelentes logros en la biodegradación del polietileno de baja densidad es de 25°C, siendo un hábitat en el cual pueden adecuarse plácidamente, a diferencia con una temperatura mayor de 35°C, en el cual la conducta de las larvas del gusano de cera, no es el apropiado ya que aumenta sus movimientos buscando adonde salir y apartándose del calor.

Asimismo se recaudó información descrita por autores e investigadores sobre **teorías relacionadas al tema**; en primer lugar la **biodegradación**, es el transcurso natural por el cual los microorganismos, biodegradan moléculas orgánicas convirtiéndolas en moléculas más diminutas y no dañinas. Asimismo, este transcurso es muy retrasado y consigue apresurarse utilizando determinadas microorganismos o plantas en los lugares afectados por sustancias dañinas (ARGENBIO, 2008). La biodegradación de los plásticos se trata en que los microorganismos consuman este producto. No siempre es necesario realizar el proceso de biodegradación de polímeros, con la ayuda de cultivo de microorganismos y hongos, de igual manera se puede realizar por humus (MEZA. 2013).

Por otro lado **el poliestireno**, tiene como fórmula: $(C_8H_8)_n$ y es obtenido del hidrocarburo (petróleo o gas natural), su elaboración está compuesto del estireno, y su estructura está elaborado de aire, conserva la temperatura, reconocida desde 1930, procedente del benceno que procede de la destilación del petróleo, calificada de un alto mercado por su precio rentable, es rígido, buen aislador térmico y de estos proceden muchas variedades de productos, su uso de estos productos es muy constante, como por ejemplo en los productos de envases descartables en restaurantes que expenden comidas. (NEWELL, J, 2010).

Figura 1. Estructura química del poliestireno



Fuente: SCHEIRS, John y PRIDDY, Duane (editores) (2003)

Según ANAPE (2013) El poliestireno está elaborado, comenzando con el moldeo de esferitas pre expandidas de poliestireno. Del mismo modo se le conoce como “tecnopor”, “poliespan” o “porexpan”. Características del poliestireno expandido (tecnopor) son las siguientes:

- Conserva la temperatura.
- Peso liviano.
- Amortiguación de golpes.
- Inmune a la humedad.

Figura 2. *Símbolo internacional del poliestireno*



Fuente: SCHEIRS, John y PRIDDY, Duane (editores) (2003)

Los tipos del poliestireno son: **poliestireno expandido (EPS)**, es un producto de material espumoso, ya que consiste de 95% de aire y de 5% de plástico la cual forman espumas que oprimen la consistencia del tecnopor, su característica primordial es su resistencia a la humedad. Se utiliza como para producir envases para comida, embalaje de electrodomésticos y otros productos frágiles y también es un material usado en tablas de surf de bajo coste. Su elaboración está producido por moldeo de perlitas con vapor y con químicos espumosas como el pentano, la fabricación de tecnopor es para elaborar recipientes con forma de platos, contenedores, vasos desechables, asimismo como embalaje de electrométricos para protección de impactos y humedad, el tecnopor es de color blanco y esponjoso (NEWELL, 2010). **Poliestireno extruido (XPS)**, Se características por ser un material que se usa en la construcción. Lo cual

es un material utilizado para cámaras frigoríficas, superficies para carreteras, fachadas para las paredes. También comparte diversas participaciones y particularidades del poliestireno expandido. Su estructura química es igual, pero la diferencia está en que el extruido es excepcional aislante térmico, idóneo de humedecerse protegiendo sus cualidades. **Poliestireno cristal** (GPPS), es un material elaborado por la polimerización del estireno, es macizo transparente, muy brillante, duro y frágil a la vez. Es cristalino por debajo de 100°C, mayor de esta temperatura es sencillamente flexible y se consigue dar variados diseños. Asimismo tiene principales aplicaciones como: cajas de CD, percheros, casilleros para huevos entre otras. **Poliestireno de alto impacto** (HIPS), es un material donde se añade un 14% de caucho al poliestireno de cristal, ya que esto mejorara su firmeza mecánica. Su resistente es superior y no frágil. Su aplicación se basa en la confección de materias por medio del moldeo de inyección. Asimismo cuenta con estas aplicaciones: caparazones de los aparatos, impresoras, puertas y en accesorios de la refrigeradoras, máquinas de rasurar desechables y juguetes. El **contenedor de tecnopor**, es un envase para comidas, ya que es un producto práctico y de bajo costo, estas son utilizadas diariamente en la distribución de comidas rápidas para llevar a las viviendas. Estos productos se consolidan en la industria alimentaria porque tiene un costo muy bajo y son muy prácticos. Asimismo, los contenedores de tecnopor es el residuo que se encuentran en la basura y no es reciclable (AVALOS & TORRES, 2018).

Los impactos ambientales por el uso del poliestireno expandido (tecnopor), el poliestireno expandido generan un gran impacto en nuestro planeta, formando el mayor volumen de basuras en las localidades; asimismo es un residuo no aprovechable siendo un contaminante, por ser procedente del petróleo. Usado en los diferentes comercializaciones.

Para fabricar poliestireno se utilizan recursos naturales no renovables. El transcurso de fabricación así como marca ecológica, uno de los inconvenientes es la emanación de los clorofluorocarbonos (CFC) al ambiente. Sin embargo referirse a las tecnologías de producción de tecnopor tales como planchas para construcción, vasos térmicos para bebidas y embalajes para electrodomésticos, nunca han sido responsables por tal liberación de CFC. Estos procesos utilizan pentano y no clorofluorocarbonos y por tanto no son sujetos a los reglamentos del protocolo de Montreal y otras similares. Según ANAPE (2013) señala que anteriormente, cuando fabricaban objetos de

poliestireno expandido, utilizaron químicos lo cual emanaban gases que contribuían al aumento del orificio de la capa de ozono. Actualmente, al valorar la importancia acerca del problema; se realizaron exitosamente en todo el mundo, varias elaboraciones de productos, reemplazando los químicos que emanaban gases dañinas al ambiente.

El **lepidóptero**, es un insecto de orden holometábolo, son comúnmente voladores más conocidos como polillas, se catalogan en dos: mariposas (diurnas) y polillas (nocturnas), pero principalmente estas especies son nocturnos (IDALSOAGO, 2014). Estas especies son polillas que poseen cuatro alas grandes, a través de membranas ocultas por diminuta escama. La larva cuenta con un mecanismo triturador; sin embargo es principalmente una plaga con respecto a los apicultores (VELASCO, 2017). El **gusano de cera (*Gallería mellonella*)**, Los gusanos al salir del huevo, tienen una medida de 1.2 mm y ancho de la capsula craneal de 0.19 mm aproximadamente. Poseen una textura lechosa y casi transparente teniendo una diferencia de ser veloz, lo cual obstaculiza su medición de la larva siendo viva. A medida que se desarrollan tienen una tonalidad grisácea, la cabeza mide 0.3 mm y 0.4 mm, atrás les sale un argolla de color pardo (REVILLA, 2018). Es un gusano que se evoluciona en una mariposa nocturna y procedente de la familia Pyralidae, así como la superfamilia Pyraloidea. Siendo una especie significativa, representando números géneros (la más resaltante entre los lepidópteros). Sus alas se encuentran llanos arriba del cuerpo, cuando están en descanso. Casi todos los gusanos son fitófagas (alimentación vegetativa), pero algunas se nutren de otros productos: gluten, grano, hierba, cera de colmena, etc. Casi todas las especies son plagas.

Su nombre, comienza del latín (*Pyralis*), que aparece del griego (*Pyrausta*) y que significa “minúsculo bicho, lo cual sobrevive en temperaturas altas”. Por esta razón estos insectos sobreviven en temperatura altas, por su conducta fototropismo verdadero, en otras palabras se dirige a una iluminación (LLORET, 2006). Esta polilla posee es una plaga, cuando se encuentra en su estadio larvario, causando inmenso daño financieros a los apicultores a nivel mundial, debido a la gran suma de panales que se arruina. El adulto hembra, vuela hasta hallar un buen panal donde colocar huevos, de la cual saldrán las larvas después. El gusano de cera realiza conductos y deja hilos de seda y pelusilla mediante va evolucionando, arruinando totalmente la colonia (LLORET, 2006).

Figura 3. Larva de *Gallería mellonella*



Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

Tabla 1. Clasificación taxonómica

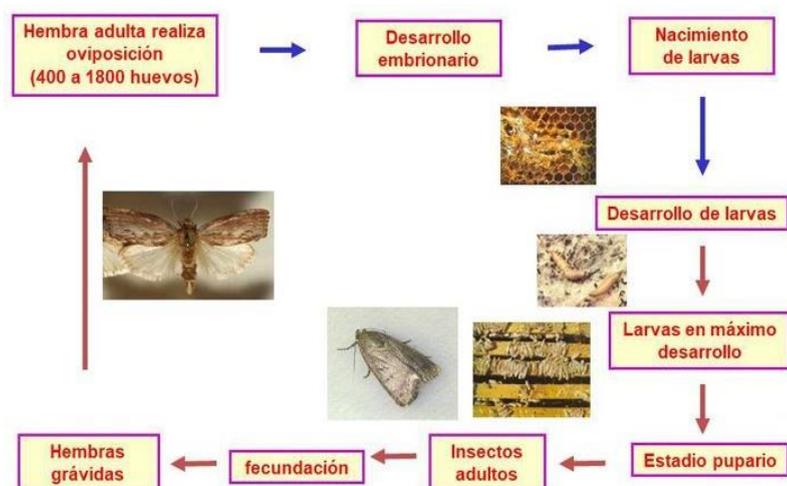
LA CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| - REINO | - Animalia |
| - FILO | - Arthropoda |
| - CLASE | - Insecto |
| - ORDEN | - Lepidóptera |
| - SUBORDEN | - Glossata |
| - DIVISIÓN | - Ditrysia |
| - SUPERFAMILIA | - Pyraloidea |
| - FAMILIA | - Pyralidae |
| - GÉNERO | - Galleria |
| - ESPECIE | - <i>Galleria mellonella</i> |

Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

El **período biológico de la *Gallería mellonella***, esta especie en su fase adulta evoluciona rápidamente, en ambientes recomendables (climas templados y con humedad), demora casi 6 semanas en evolucionarse completamente en su ciclo. Los adultos colocan huevos, sobre la celdilla de las colmenas. El gusano nace dentro de tres a cinco días. El gusano de cera tiene mayor movimiento y posee un aparato masticador muy poderoso, por lo tanto van formando conductos y corredores, lo cual cubren con tejidos de seda. El gusano diminuto logra recorrer territorios colindantes; investigaciones logran demostrar, que puede llegar a transitar 50 metros a la redonda (GOODMAN, 2003). El gusano consigue crecer y alimentarse suficientemente para empujar, en un periodo de 19 días, en temperatura óptima de 32 °C. En climas muy fríos, cuando carecen de alimento, la etapa del gusano, alcanza desarrollarse dentro de 5 meses; sin embargo rastrean una zona apropiado, para luego envolverse en un capullo de seda, cuyo interior se tranmuta el insecto. Entonces esperan el período de insecto, dentro de 8 a 15 días. Cuando los adultos salen del capullo, estos se reproducen y comienzan el periodo, la hembra coloca sus huevos. El macho adulto absorbe las feromonas liberadas por las hembras, acción habitual sobre muchos lepidópteros (GOODMAN, 2003). (NEIRA, 2006) expresa que el periodo de la *Gallería mellonella* cambia según el entorno del clima, logrando ser de 30 a 60 días con temperaturas óptimas que van desde los 26 a 38 °C, o 5 meses, a pesar de tiempos fríos. Los periodos se diferencian de las siguientes etapas: huevo, larva, pupa y adulto.

Figura 4. *Periodo biológico de la *Gallería mellonella**



Fuente: “Fundación amigos de las abejas, 2007”

Los **estados de desarrollo y algunos aspectos morfológicos:** **El huevo:** el clima es muy importante para que los huevos nazcan dentro de 5 a 8 días, a una temperatura de 24 a 27 °C; sin embargo a temperatura de 10 a 16 °C, nacen a los 35 días. Por debajo de los 9 °C no hay postura. De tal manera los huevos de gusano de cera, generalmente, son blanquecino y rectos, prácticamente de 0.5mm de diámetro (WILLIAMS, 1990).

El gusano: es un gusano cuando recientemente sale del huevo, conserva el cuerpo de un tono blanquecino mantecoso, transformándose entre tono plomizo a plomizo oscuro, su espalda y costado, se extiende en su periodo logrando alcanzar una medida de 1 a 23mm, en 28 días y pesando 240mg, en un temple de 29 °C a 35 °C. El gusano antes de que se ubique en un lugar definitivo, se asegura en la madera de la colmena, originando debilidad en la madera de la colmena (NEIRA Y MANQUIAN, 2004). (CARDOSO, 2007) muestra sobre la permanencia y desarrollo del periodo del gusano, teniendo coherencia contradictoria con el clima, a medida que está se desarrolla, el periodo es mínimo.

Pupa: Es uno de los periodos donde dura 9 días, en una temperatura aproximadamente de 29 a 35°C. Durante este periodo, la larva en desarrollo, se queda inmóvil dentro del capullo de color blanco; mide aproximadamente 2.5 cm de tamaño (NEIRA Y MANQUIAN, 2004).

Adulto: al brotar de la pupa, los insectos hembras consiguen un tamaño de 20 mm y pesan aproximadamente 169 mg. Esta hembra perdura de 1 a 3 semanas, en una condición climática entre 29°C a 35°C. Ponen huevos entre 300 y 1000 (WILLIAMS, 1990). Los insectos machos son pequeños y se encuentran en abundantes, siendo diferentes ante las hembras, ya que posee alas delanteras con punta y transparente. Las antenas de las hembras, se amplifican hacia adelante, formando un aspecto puntiagudo en su cabeza. En las alas delanteras de los adultos de ambos sexos son oscuras; sin embargo las alas posteriores poseen áreas claras y oscuras juntas con muchas imperfecciones. El torso del insecto y cabeza, tiene un color claro, así mismo, la capacidad y color de ambos sexos posponen considerablemente de acuerdo a la dieta de las larvas. Los insectos de *Gallería mellonella*, logran ser pequeños en comparación de otras, por lo general sucede cuando los insectos se han perfeccionado lentamente, como resultado de una escasa alimentación y bajas temperaturas (WILLIAMS, 1990). Finalmente se tuvo el **problema general:** ¿Será capaz el gusano de cera (*Gallería mellonella*), biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019? Seguido de los **problemas específicos:** ¿Cuál es la cantidad adecuada del gusano de cera

(*Gallería mellonella*) para biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019? y ¿Cuál es el tiempo optimo que requiere el gusano de cera (*Gallería mellonella*) para biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019? Luego se pasó a crear la **justificación teórica**: Ya que la investigación esta direccionada a proveer nuevas teorías, los cuales evidencien como el gusano de cera (*Gallería mellonella*) puede ser útil para poder biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), lo cual esta investigación se aprovechará para el desarrollo de nuevas averiguaciones, por lo tanto la **justificación práctica**: Los resultados de la investigación son aprovechables para los estudiantes y catedráticos para ayudar a buscar nuevas alternativas, como proporcionar un buen restablecimiento del método, ayudando a mejorar en sus procesos. La tesis es muy importante, ya que logra reducir cantidades de contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), por el consumo inadecuado de los hombres. El tecnopor solo es para un solo uso y después se descartan, por el simple hecho de que es un producto práctico y económico de conseguir, pero no se suele conocer el perjuicio que se le hace al medio ambiente. Así mismo, la **justificación social**: viene a ser la reducción de los residuos de contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), esto favorecen a todas las personas, considerando una ventaja ambiental. El accesible precio en los mercados de tecnopor, integra un aumento de ganancia y venta a nivel mundial, y a su vez nos trasfiere consecuencias al medio ambiente, actualmente observamos que los residuos de tecnopor, se encuentran con mayor proporción en las ciudades, a diferencia de los rellenos sanitarios, industrias de reciclaje, etc.

De acuerdo con los datos del (PNUMA, 2011) explica que todos los días, tiran al mar 8 millones de toneladas de residuos, las cuales 63.5% son basuras plásticos. Por último, se **justifica metodológicamente** para determinar la cantidad de gusanos de cera, así como el tiempo efectivo para biodegradar el tecnopor, por lo que es de vital importancia ya que el uso excesivo de este material, es uno de las principales casuísticas de la contaminación no solo a nivel local, sino también a nivel mundial.

Para definir la conclusión final de la investigación se redactaron las **hipótesis**, en la cual la **H₀** es: Con el uso del gusano de cera (*Gallería mellonella*) no se biodegrada significativamente los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019; y la **H₁** es: Con el uso del gusano de cera (*Gallería mellonella*),

se biodegrada significativamente los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019.

Así mismo se definió el **objetivo general**, que es demostrar la capacidad del gusano de cera (*Gallería mellonella*), para la biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019; y los **objetivos específicos** son: Determinar la cantidad adecuada del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019; y por último vamos a determinar el tiempo óptimo que requiere el gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de Investigación

2.1.1 Tipo de Investigación

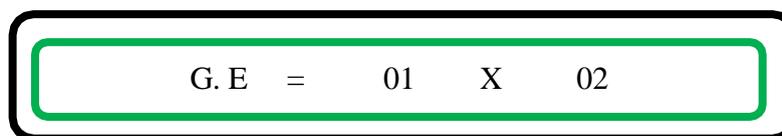
El enfoque es cuantitativo, ya que se usa la recolección de datos para el cálculo, y la investigación estadística para establecer modelo de procedimiento y experimentar suposiciones, según HERNANDEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA (2014).

La investigación es de tipo aplicada porque busca la solución del problema de manera práctica, la cual se caracteriza porque busca la utilización de los conocimientos que se adquieren (HERNANDEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA, 2014).

2.1.2 Diseño de investigación

El diseño es experimental, ya que se maneja la variable independiente (gusano de cera) para conocer el resultado en la variable dependiente (biodegradación), las muestras intactos son los de 3.4166g de tecnopor, (HERNANDEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA, 2014,). De corte pre experimental Además, la investigación por su eventualidad es prolongada, porque se recolectarán datos en diferentes tiempos para determinar los resultados de la biodegradación del tecnopor.

Figura 5. *Diseño de la investigación experimental*



Fuente: HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ Y BAPTISTA (2014).

Dónde:

G.E: Grupo experimental

X: Tratamiento.

01: Medición antes del tratamiento.

02: Medición después del tratamiento.

Para la presente investigación se tendrá los siguientes tratamientos:

Tabla 2. Tratamientos

| TRATAMIENTOS | TESTIGO | NÚMERO DE REPLICAS | TIEMPO |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|
| TRATAMIENTO 1 (T1) | 10 gramos de gusano de cera | 4 réplicas | 24 horas |
| | | | 48 horas |
| | | | 72 horas |
| TRATAMIENTO 2 (T2) | 20 gramos de gusano de cera | 4 réplicas | 24 horas |
| | | | 48 horas |
| | | | 72 horas |
| TRATAMIENTO 3 (T3) | 30 gramos de gusano de cera | 4 réplicas | 24 horas |
| | | | 48 horas |
| | | | 72 horas |

Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

2.2 Variables y Operacionalización de variables

2.2.1 Variables

Variable Independiente

Gusano de cera (*Gallería mellonella*)

Variable Dependiente

Biodegradación del tecnopor

2.2.2 Operacionalización de las variables

Tabla 3. Operacionalización de las variables

| Variable | Definición conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Unidad de medida | Escala |
|---|--|--|----------------|---|------------------|--------|
| Gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>) | El gusano de cera . Las larvas terminadas de salir del huevo, tienen una medida de 1.2 mm y ancho craneal de 0.19 mm aproximadamente. Tienen un cuerpo blanco y un poco transparente y posee la diferencia de ser más rápidas, parecido a movimientos convulsivos, lo cual obstaculiza su medición de la larva siendo viva. A medida que se desarrollan obtienen una tonalidad grisácea, cuando la cabeza tiene una medida de 0.3 mm y 0.4 mm, atrás les sale un anillo de color marrón, del mismo color de la capsula craneal (REVILLA, 2018). | Se utilizó el gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>), para ser colocado en una caja de madera de 20 cm * 20 cm; en los diferentes tratamientos (10 g, 20 g y 30 g) y replicas. | Masa | Masa del gusano de cera (10, 20 y 30) | (g) | Razón |
| Biodegradación del tecnopor | La biodegradación, es el transcurso natural por el cual los microorganismos, biodegradan moléculas orgánicas transformándolas en moléculas más pequeñas y no tóxicas. Sin embargo, este proceso es muy lento y puede acelerarse introduciendo determinadas bacterias o plantas en los ambientes contaminados (ARGENBIO, 2008). | Se realizó el pesado inicial y final del poliestireno expandido (tecnopor), para obtener la diferencia de masa, al ser biodegrado por el gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>) en los tres tratamientos (10 g, 20 g y 30 g, de masa de gusano de cera) y en un tiempo (24, 48 y 72 horas). | Tiempo masa | 24, 48 y 72 Masa del contenedor de poliestireno expandido (tecnopor) | (h) (g) | Razón |

Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Es la masa de contenedores, de poliestireno expandido (tecnopor), utilizados diariamente en la pollería Arizona Chicken de la ciudad de Moyobamba, siendo un total de **4625.75 g**, tal como se detalla a continuación:

Peso unitario de los contenedores de tecnopor:

Contenedor para pollo entero (CT1) = 17.0375g

Contenedor para pollo de 1/4 (CT5) = 8.8950g

Contenedor para un 1/8 (CT4) = 5.7150g

La masa de contenedores de tecnopor por la cantidad utilizados diariamente:

Masa= 17.0375g x 100 unidades de contenedores = 1703.75g

Masa= 8.8950g x 200 unidades de contenedores = 1779g

Masa= 5.7150g x 200 unidades de contenedores= 1143g

Masa Total= 1703.75g+1779g+1143g = 4625.75g

2.3.2 Muestra

Determinamos la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Dónde:

N: Tamaño de la población (4625.75g) contenedores de tecnopor.

Z: Nivel de confianza (80%: 1,28)

p: Probabilidad de éxito (80%: 0,80)

q: Probabilidad de fracaso (20%: 0,20)

D: Nivel de precisión (20%: 0,20)

$$n = \frac{4625.75 * (1,28)^2 * (0,80) * (0,20)}{(0,20)^2 * (4625.75 - 1) + (1,28)^2 * (0,80) * (0,20)}$$

$$n = \frac{1212,612608}{29,860544} = 40,609193456087 \cong 41$$

Lo sometimos al factor de corrección finito:

$$n_1 = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}}$$

$$n_1 = \frac{41}{1 + \frac{(41 - 1)}{4625.75}} = \frac{41}{1 + \frac{(40)}{4625.75}} = \frac{41}{1 + 0.0086472463924769} = \frac{41}{1.008647246392477}$$

$$n_1 = 40.64850238439693 \cong 41g$$

Tenemos entonces que nuestra muestra son 41g de masa de contenedores de tecnopor, al cual se dividió en un total de 12 sub muestras por tratamiento y réplica obteniendo una masa de 3.4166 g para cada uno de ellos.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

- **Técnicas**

Observación: determinó establecer, la relación con el objeto y el sujeto de la investigación

- **Instrumentos**

Ficha de recolección de datos: Este instrumento se aplicó para observar el peso final de la biodegradación del tecnopor donde se tomó en cuenta, la fecha, la hora y el peso inicial y el peso final del tecnopor.

- **Validez**

Para la validación del presente proyecto de investigación ha sido necesario el juicio de expertos:

- ✓ Msc. Alfonso Rojas Bardález - Especialista
- ✓ Msc. Rubén Ruiz Valles - Especialista
- ✓ Msc. Robert Michel Hualcas Sevillano – Especialista

- **Confiabilidad**

En esta investigación los instrumentos utilizados en su entorno, investigación experimental no adquieren el cálculo de confiabilidad, pero si reciben la aprobación de su validez, por dicha razón se realizó el juicio de expertos.

2.5 Procedimiento

Para el progreso de la investigación se tuvo en consideración una planificación detallada especificando las siguientes etapas:

- **Etapas 01: Gabinete inicial**

- Elección del tema
- Planteamiento del problema
- Recopilación de información de fuentes bibliográficas
- Elaboración de operacionalización de variables
- Elaboración de instrumentos de recolección de datos
- Recolección de los gusanos de cera (*Gallería mellonella*)
- Recolección de las muestras de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor).

A continuación, se detalla la actividad de recolección de los gusanos de cera (*Gallería mellonella*)

Recolección de los gusanos de cera (*Gallería mellonella*)

Los gusanos de cera (*Gallería mellonella*), fueron recolectadas de una fuente natural proveniente de un apiarío, que se encuentra ubicado en el distrito de Yántalo, se procedió a tomar la caja de la colmena que estaba infectada de este gusano de cera (*Gallería mellonella*), para luego reproducirlas en la cantidad necesaria a utilizar, brindándoles una alimentación de un sustrato a base de salvado de trigo, miel de abejas y la cera de la colmena de abeja.

Elaboración del sustrato para la producción del gusano de cera

Materiales: Salvado de trigo, miel de abejas y la cera de la colmena de abeja.

Figura 6. Materiales para la elaboración del sustrato



Salvado de trigo



Cera de la colmena de abeja



Miel de abeja

Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

Figura 7. Procedimiento para la elaboración del sustrato nutritivo



Se vierte el salvado de trigo en un recipiente.



Se vierte miel de abeja.



Luego se mezcla para evitar grumos y listo.



Colocamos la cera de la colmena en pedacitos

Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

Figura 8. Caja de colmena infectado por el gusano de cera



Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

Figura 9. Gusano de cera en desarrollo a base de sustrato nutritivo



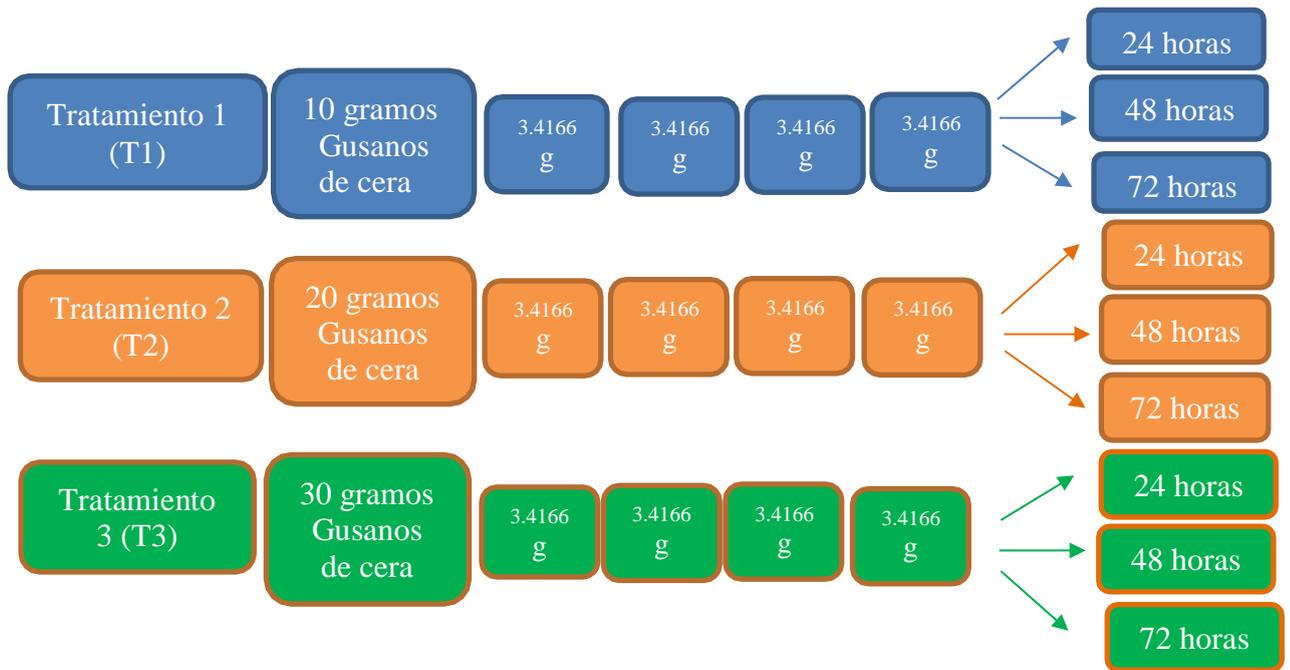
Larvas del gusano de cera

Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

- **Etapa 02: Campo**

En esta etapa se realiza la parte netamente de campo, en la que se considera la recolección de datos, el pesado inicial y final de las muestras de poliestireno expandido (tecnopor).

Figura 10. Tratamientos



Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

Figura 11. Proceso de recolección de datos

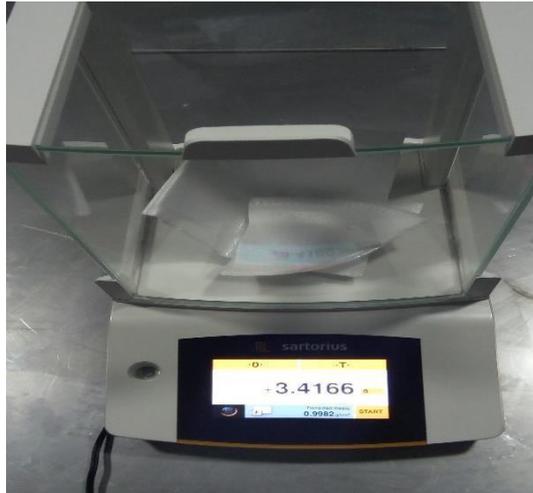


Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

- **Pesado Inicial:**

Se realizó el pesado inicial de la masa de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor) respectivamente, arrojándonos sus valores iniciales para todos los tratamientos y replicas, esto se logró con la ayuda de una balanza analítica.

Figura 12. *Pesado inicial de la muestra*



Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

- **Selección del gusano de cera (*Gallería mellonella*):**

Se seleccionaron los gusanos de cera para sus respectivos tratamientos, una vez obtenidas los gusanos se introdujeron en las cajas de madera de 20 x 20 cm, donde se comenzó a monitorear durante 24 horas, 48 horas y dentro de las 72 horas.

Figura 13. *Selección del gusano de cera (*Gallería mellonella*)*



Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

- **Introducción de los gusano de cera (*Gallería mellonella*):**

Se procedió a colocar los 10 gramos, 20 gramos, 30 gramos de gusano de cera (*Gallería mellonella*), en sus tratamientos respectivos y sus réplicas correspondientes.

Figura 14. *Introducción de los gusanos de cera (*Gallería mellonella*)*

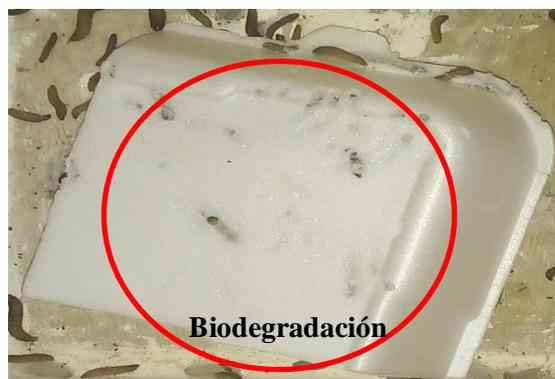


Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

- **Biodegradación:**

Para determinar el peso perdido de las muestras tratadas, tuvo que pasar un tiempo determinado de 24 horas; para poder observar si las muestras de poliestireno expandidos (tecnopor), que estaban introducidos dentro de las cajas, tenían algún cambio.

Figura 15. *Biodegradación del poliestireno expandido (tecnopor)*

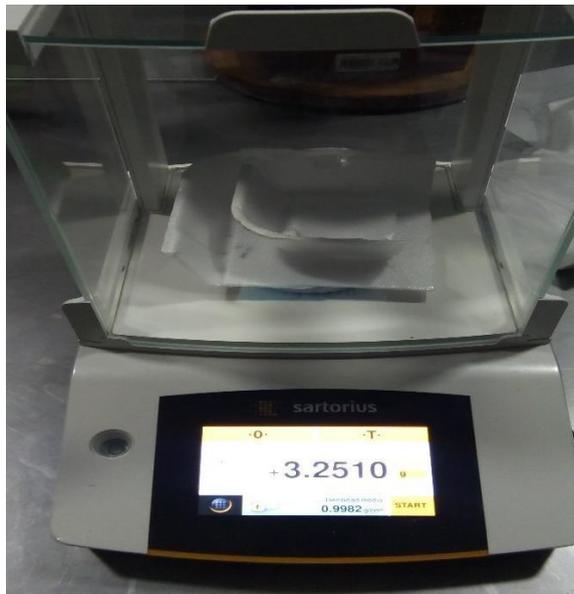


Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

- **Pesado final:**

Una vez que se limpió las muestras de poliestireno expandido (tecnopor), se procedió a realizar el pesado con el uso de la balanza analítica. El número de veces del pesado fue de 4 repeticiones en 3 tratamientos.

Figura 16. *Peso final de la muestra de poliestireno expandido*



Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

• **Tercera etapa: Gabinete final**

En esta etapa se realizó el procesamiento de la información obtenida como resultado de la segunda etapa, anteriormente mencionada. A continuación se detalla el procedimiento:

- Procesamiento y análisis de datos
- Interpretación de resultados.
- Elaboración de tablas y gráficos.
- Aplicación de SPSS.
- Elaboración de informe final.
- Sustentación de tesis.

2.6 Métodos de análisis de datos

La información generada durante la fase experimental, ha sido organizada mediante tablas dinámicas procesada con el apoyo del programa, Microsoft Office 2013 (Word, Excel), y analizadas mediante inferencias y prueba de hipótesis en el programa SPSS v24. Se utilizó el análisis de varianza de dos factores con medidas repetidas en un factor.

2.7 Aspectos Éticos

El estudio se realizó dentro de las éticas del investigador, donde obtuvo los textos del autor entre ellos tesis, artículos científicos, páginas web, sin generar alteraciones o modificaciones de la información obtenida, utilizando las normas estilos de redacción de tipo ISO para el desarrollo de la tesis. En consideración el proceso de elaboración del desarrollo de tesis y la guía de la Universidad César Vallejo. Además, se manejó datos reales de los resultados para realizar las pruebas estadísticas.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados detallados obtenidos tanto en masa (gramos - g) y tiempo (horas - h) de biodegradación de tecnopor por los gusanos de cera (*Gallería mellonella*):

Para determinar la cantidad adecuada del gusano de cera para biodegradar el poliestireno expandido (tecnopor):

Tabla 4. Medias, Error estándar e intervalo de confianza al 95% de los pesos en gramos del gusano de cera

| Peso en gramos de los gusanos de cera | Media | Error estándar | Intervalo de confianza al 95% | |
|---------------------------------------|---------|----------------|-------------------------------|-----------------|
| | | | Límite inferior | Límite superior |
| 10g | 3.316 g | 0.034 | 3.207 g | 3.425 g |
| 20g | 3.308 g | 0.017 | 3.255 g | 3.360 g |
| 30g | 3.129 g | 0.072 | 2.899 g | 3.359 g |

Fuente: Programa SPSS

Interpretación: Fueron necesarios delimitar los descriptivos de las medias de los totales (Tabla 4), en los tratamientos propuestos. La diferencia en las medias entre la cantidad de gusano de 10 g y 30 g fue de 0,187 g que no fue suficiente para afirmar una diferencia ($F_{anova} = 3.323$, $gl = 2$, $p = 0.231$).

Tabla 5. Comparaciones múltiples para los pesos en gramos de los gusanos de cera

| Peso en gramos de los gusanos de cera | Diferencia de medias | Error estándar | Sig. ^a | 95% de intervalo de confianza para diferencia ^a | | |
|---------------------------------------|----------------------|----------------|-------------------|--|-----------------|---------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior | |
| 10g | 20g | 0.008 g | 0.047 | 0.998 | -0.221 g | 0.237 g |
| | 30g | 0.187 g | 0.059 | 0.146 | -0.099 g | 0.472 g |
| 20g | 10g | -0.008 g | 0.047 | 0.998 | -0.237 g | 0.221 g |
| | 30g | 0.179 g | 0.072 | 0.246 | -0.170 g | 0.527 g |
| 30g | 10g | -0.187 g | 0.059 | 0.146 | -0.472 g | 0.099 g |
| | 20g | -0.179 g | 0.072 | 0.246 | -0.527 g | 0.170 g |

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: Sidak.

Fuente: Programa SPSS

Interpretación: Mediante una comparación por parejas (Sidak), no hubo diferencias significativas entre la cantidad de gusanos por cada tratamiento ($p > 0.05$), apenas la probabilidad de error de diferenciación fue de 14% entre los tratamientos de 10g y 30g (Tabla 5).

Por otro lado, para determinar el tiempo óptimo que requiere el gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor):

Tabla 6. Media, Error estándar e intervalo de confianza al 95% de los tiempos (horas) de biodegradación

| Tiempo | Media | Error estándar | Intervalo de confianza al 95% | |
|--------|---------|----------------|-------------------------------|-----------------|
| | | | Límite inferior | Límite superior |
| 24h | 3.319 g | 0.022 | 3.249 g | 3.389 g |
| 48h | 3.239 g | 0.037 | 3.122 g | 3.355 g |
| 72h | 3.195 g | 0.037 | 3.077 g | 3.312 g |

Fuente: Programa SPSS

Interpretación: Fueron necesarios delimitar los descriptivos de las medias de los totales en los tratamientos propuestos (Tabla 6). La diferencia en las medias entre las 24 y 72 horas fue de 0,125 gr, y esto indicó una diferencia significativa de la disminución de la cantidad de Tecnopor con respecto al tiempo ($F_{anova} = 40,49$, $gl = 2$, $p = 0.024$).

Mediante una comparación por parejas (Sidak), se puede apreciar diferencias significativas entre los tiempos de degradación entre 24 con 48 horas ($p = 0.038$) y 72 horas ($p = 0.013$), y entre 48 y 72 horas ($p = 0.006$), aduciendo que, mientras más tiempo mayor biodegradación (Tabla 7)

Tabla 7. Comparaciones múltiples para los tiempos (horas) de biodegradación

| Tiempo de biodegradación (Horas) | | Diferencia de medias | Error estándar | Sig. ^a | 95% de intervalo de confianza para diferencia ^a | |
|----------------------------------|-----|----------------------|----------------|-------------------|--|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| 24h | 48h | ,081* g | 0.015 | 0.038 | 0.008 g | 0.153 g |
| | 72h | ,125* g | 0.016 | 0.013 | 0.047 g | 0.202 g |
| 48h | 24h | -,081* g | 0.015 | 0.038 | -0.153 g | -0.008 g |
| | 72h | -,044* g | 0.004 | 0.006 | 0.023 g | 0.065 g |
| 72h | 24h | -,125* g | 0.016 | 0.013 | -0.202 g | -0.047 g |
| | 48h | -,044* g | 0.004 | 0.006 | -0.065 g | -0.023 g |

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: Sidak.

Fuente: Programa SPSS

Para la **prueba de hipótesis**, se realizaron los estadísticos descriptivos con la interacción de los factores entre la masa en gramos y el tiempo en horas.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de los pesos por cada tratamiento (cantidad de gusano de cera en gramos y las horas de las mediciones en cada repetición).

| Repeticiones | 10g | | | 20g | | | 30g | | |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 24h | 48h | 72h | 24h | 48h | 72h | 24h | 48h | 72h |
| R1 | 3.400g | 3.342g | 3.326g | 3.317g | 3.264g | 3.234g | 3.251g | 3.088g | 2.996g |
| R2 | 3.342g | 3.285g | 3.244g | 3.360g | 3.272g | 3.266g | 3.125g | 2.941g | 2.833g |
| R3 | 3.399g | 3.387g | 3.368g | 3.369g | 3.297g | 3.260g | 3.368g | 3.336g | 3.251g |
| R4 | 3.306g | 3.214g | 3.178g | 3.362g | 3.353g | 3.339g | 3.234g | 3.085g | 3.041g |
| Promedio | 3.362g | 3.307g | 3.279g | 3.352g | 3.297g | 3.275g | 3.244g | 3.113g | 3.030g |

Fuente: Programa SPSS

Interpretación: En la tabla 8, describimos los pesos finales en gramos de la biodegradación para cada tratamiento en diferentes tiempos (Tabla 4), por ejemplo: para el tratamiento 1 (10 g) y 2 (20 g) a 24 horas hubo un peso promedio final de 3.362 g y 3.352 g respectivamente; mientras que el tratamiento 3 a 72 horas hubo un peso promedio final de 3.030 g.

Tabla 9. Diferencias entre la cantidad en gramos del poliestireno expandido (tecnopor) consumidas en los diferentes tiempos de biodegradación

| Repeticiones | 10g | | | 20g | | | 30g | | |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 24h | 48h | 72h | 24h | 48h | 72h | 24h | 48h | 72h |
| R1 | 0.017g | 0.074g | 0.090g | 0.100g | 0.153g | 0.183g | 0.166g | 0.328g | 0.420g |
| R2 | 0.075g | 0.132g | 0.173g | 0.057g | 0.144g | 0.150g | 0.292g | 0.475g | 0.584g |
| R3 | 0.017g | 0.029g | 0.049g | 0.048g | 0.119g | 0.157g | 0.048g | 0.081g | 0.166g |
| R4 | 0.111g | 0.203g | 0.239g | 0.055g | 0.064g | 0.078g | 0.183g | 0.332g | 0.376g |
| Consumo (g) | 0.220g | 0.439g | 0.551g | 0.259g | 0.480g | 0.568g | 0.688g | 1.216g | 1.546g |

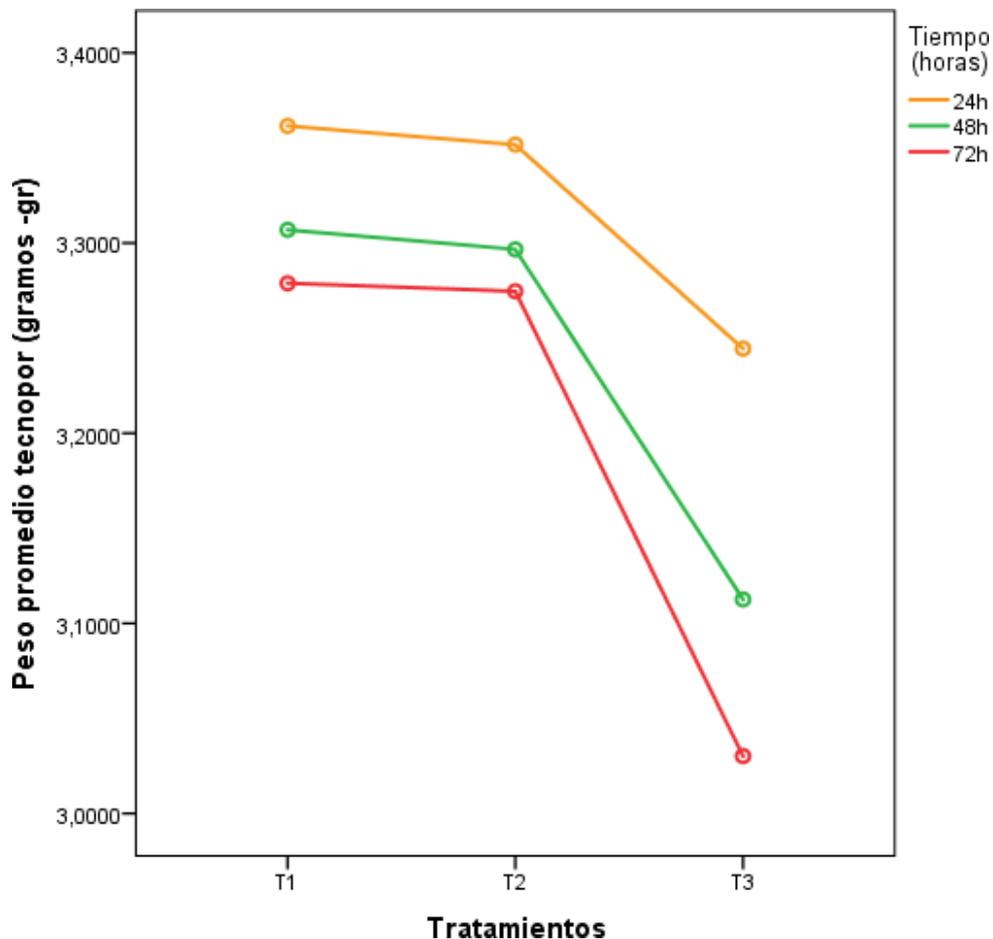
Fuente: Programa SPSS

Interpretación: En el tratamiento de 10g de masa de gusanos de cera (*Gallería mellonella*) a las 24 horas hubo un consumo total de Tecnopor de 0.220 g, siendo eficiente apenas en 1.59%, en contraste con la masa de 30g a 72 horas que fue 1.546g (11.29%), con respecto del total inicial (3.4166 g) (Tabla 9).

Interpretación de la biodegradación por peso y tiempo - Prueba de Hipótesis

Se realizó la prueba de hipótesis afirmando que con el uso del gusano de cera (*Gallería mellonella*) se biodegrada significativamente los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), para lo cual se realizaron comparaciones múltiples de la interacción cantidad de gusano en gramos con el tiempo en horas, aceptando la hipótesis del investigador (H_1) con una probabilidad mínima de error aceptable de 6% ($F_{anova} = 15.360$, $gl = 2$, $p = 0.061$) (Figura 17).

Figura 17. Efectos de los tratamientos de las masas en gramos de gusano de cera sobre el tiempo de biodegradación (horas). Valores de los círculos representan el promedio de cuatro réplicas. LSD definido a $p < 0,05$



Fuente: Programa SPSS

Basado en comparaciones múltiples (Tabla 10), las diferencias entre los tratamientos (masa en gramos) según las horas muestreadas indican que, el T1 (10 g) mostró diferencia significativa a las 48 y 72 horas ($p = 0.054$); el T2 (20 gr) no mostró diferencias en ninguna de las horas propuestas, Sin embargo, para el T3 (30 g) hubo diferencias significativas a las 72 h con respecto a 24 h ($p = 0.033$) y 48 h ($p = 0.027$) (Tabla 10). Esto indica que los tratamientos con mayor cantidad en gramos de gusanos de cera podrían consumir mayor cantidad de Tecnopor en tiempos menores (Figura 17).

Tabla 10. Comparaciones múltiples para las masas en gramos de gusano de cera con interacción al tiempo de biodegradación (horas)

| Peso en gramos* Tempo de biodegradación (horas) | | Diferencia de medias | Error estándar | Sig. ^a | 95% de intervalo de confianza para diferencia ^a | | |
|---|-----|----------------------|-----------------|-------------------|--|-----------------|----------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | |
| 10gr | 24h | 48h | 0.055 g | 0.016 | 0.130 | -0.025 g | 0.134 g |
| | | 72h | 0.083 g | 0.020 | 0.079 | -0.016 g | 0.181 g |
| | 48h | 24h | -0.055 g | 0.016 | 0.130 | -0.134 g | 0.025 g |
| | | 72h | 0.028 g | 0.006 | 0.054 | -0.001 g | 0.057 g |
| | 72h | 24h | -0.083 g | 0.020 | 0.079 | -0.181 g | 0.016 g |
| | | 48h | -0.028 g | 0.006 | 0.054 | -0.057 g | 0.001 g |
| 20gr | 24h | 48h | 0.055 g | 0.017 | 0.136 | -0.027 g | 0.137 g |
| | | 72h | 0.077 g | 0.019 | 0.077 | -0.014 g | 0.168 g |
| | 48h | 24h | -0.055 g | 0.017 | 0.136 | -0.137 g | 0.027 g |
| | | 72h | 0.022 g | 0.007 | 0.159 | -0.013 g | 0.057 g |
| | 72h | 24h | -0.077 g | 0.019 | 0.077 | -0.168 g | 0.014 g |
| | | 48h | -0.022 g | 0.007 | 0.159 | -0.057 g | 0.013 g |
| 30gr | 24h | 48h | 0.132 g | 0.034 | 0.088 | -0.032 g | 0.296 g |
| | | 72h | 0,214* g | 0.038 | 0.033 | 0.030 g | 0.399 g |
| | 48h | 24h | -0.132 g | 0.034 | 0.088 | -0.296 g | 0.032 g |
| | | 72h | 0,082* g | 0.014 | 0.027 | 0.017 g | 0.148 g |
| | 72h | 24h | -0,214* g | 0.038 | 0.033 | -0.399 g | -0.030 g |
| | | 48h | -0,082* g | 0.014 | 0.027 | -0.148 g | -0.017 g |

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: Sidak.

Fuente: Programa SPSS

IV. DISCUSIÓN

El propósito del presente trabajo fue demostrar la capacidad que tiene el gusano de cera (*Gallería mellonella*) para biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor). Para ello se recopiló información de investigaciones previas relacionadas al uso de agentes bióticos, ya sean gusanos, u otras agrupaciones microbianas para biodegradar el tecnopor. Los cuales se aprovecharon como principal instrumento para desarrollar las discusiones con los resultados obtenidos de nuestra investigación.

Algunos trabajos utilizando gusanos de cera para biodegradación de plásticos fueron realizados, como, por ejemplo: REVILLA (2018) afirma que la biodegradación en una muestra de 20 cm x10 cm, con el volumen de 5 ml de tratamiento fue de 0.64%, con el volumen de 7.5 ml de tratamiento fue de 3.36% y con el volumen de 10 ml fue de 9.79%, lo que indicaría que, a mayor volumen de tratamiento, existe una mayor eficiencia. Mientras que en la presente investigación se demostró que el uso de estos gusanos para biodegradar poliestireno expandido (tecnopor) fue eficiente en el tiempo (72 horas) y en cantidades más altas en gramos (30 g) con una eficiencia de 11.29%. DAVIRAN (2017) obtuvo biodegradación de plástico con los gusanos de cera, logrando en que a los 4 días un consumo de 0,0416 g y 0,1460 g para un periodo de 8 días. Finalmente, los resultados indican una influencia de biodegradación del EPS pero poco eficiente por parte de la especie durante el proceso. En comparación con nuestra investigación el gusano (*Gallería mellonella*) si es eficiente para la biodegradación del poliestireno expandido (tecnopor) con valores entre 0.220 g y 1.546 g a 24 y 72 horas respectivamente.

VELASCO (2017) determinó que el tamaño ideal del lepidóptero *Gallería mellonella* para que pueda realizar una mejor biodegradación del polietileno de baja densidad es de 22 mm a 27 mm dado que este tamaño los lepidópteros tienen una mejor mandíbula y producen seda muy rápidamente, en comparación con unas de 0,6 o 0,7 mm que pueden tardar días en biodegradar un pequeño agujero. En comparación con nuestra investigación podemos decir que el tamaño del gusano de cera (*Gallería mellonella*), no es esencial a que pudimos ver que la larva sea de 10mm a 30mm biodegradan igual en el mismo tiempo. Por otro lado, el mismo autor determinó que la temperatura optima de *Gallería mellonella* para mejores resultados en la biodegradación del polietileno de baja densidad es de 25°C debido a que es un ambiente donde pueden adaptarse tranquilamente, en comparación con una temperatura mayor de 35°C en donde el

comportamiento de los lepidópteros no es el adecuado y se mueven de lado a lado buscando por donde salir y alejarse del calor. Contrastando con nuestras observaciones ya que no fue necesario tener una temperatura opima, los gusanos de cera se adaptaron a un clima tropical de la ciudad de Moyobamba.

Por último, DERAS (2018) demostró que las larvas de *Gallería mellonella* al consumir polietileno de baja densidad disminuye su supervivencia, ya que afecta negativamente el crecimiento y desarrollo del gusano de cera. En comparación con nuestra investigación, no es posible considerar, ya que las larvas utilizadas en el experimento durante 3 días, no se registró disminución, ni muerte y continuaron con su desarrollo del ciclo de la *Gallería mellonella*.

V. CONCLUSIONES

- Hubo un 23% de margen de error entre los tratamientos, no siendo suficiente para aceptar una diferencia, esto debido a que no existió variaciones significativas entre las masas, concluyendo que mayor masa mejor eficiencia de biodegradación, ya que el consumo no varió en el T2.
- En el caso del tiempo, la diferencia en las medias entre las 24 y 72 horas fue de 0,125 gr, y esto indicó una diferencia significativa de la disminución de la cantidad de Tecnopor con respecto al tiempo, también el tiempo entre 48 y 72 horas fue ideal para disminuir relativamente el tecnopor.
- Los resultados obtenidos confirman la validez de la hipótesis alterna que: “el uso del gusano de cera (*Gallería mellonella*), biodegrada significativamente los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor)”.

VI. RECOMENDACIONES

- Es necesario que nuevos investigadores realicen este tipo de experimentos en cajas de vidrio porque existen antecedentes que afirman que los gusanos de cera biodegradan la madera.
- Futuras investigaciones deberán realizar los tratamientos de gusanos en mayor cantidad en gramos, para completar y contrastar los resultados encontrados en el presente trabajo.
- Se recomienda a los apicultores el uso de esta plaga como una alternativa de recurso sostenible y no como un daño para las colmenas. Asimismo, proponer a las autoridades locales (Universidad César Vallejo, Municipalidad Provincial de Moyobamba, Gobierno Regional de San Martín) la crianza del gusano de cera a gran escala, ya que trabajando de la mano con los apicultores.

REFERENCIAS

- ALEXANDER, Martin. Biodegradation and bioremediation. Estados Unidos de América, 1999. 453 pp. ISBN-10:012049816
- ALONSO, María. En su trabajo de investigación: *Degradación de poliestireno y polipropileno con microorganismos de vermicompost*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador, Argentina, 2017. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aidis12/plasticos.pdf>
- ASOCIACION NACIONAL DE POLIESIRENO EXPANDIDO (ANAPE). 1979, [sitio web]. Madrid, Produco: El poliesireno expandido (EPS). Disponible: <http://www.anape.es/index.php?accion=produco&subaccion=proceso-de-fabricacion>
- ARCINIEGA, I. Aislamiento de microorganismos degradadores de terftalato de polietileno (PET) en medio ambiente combinado [en línea]. (2008). [fecha de consulta: 29 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14439/ProyectoFinal.pdf?sequence=1>
- ARGENBIO. *La biorremediación*. (Artículo científico). Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología, Argentina, 2008. Disponible en: <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=202>
- ARRIOLA, E & VELASQUEZ, F. *Evaluación técnica de la alternativa de reciclaje de poliestireno expandido (EPS)*. Trabajo de graduación (bachiller en ingeniería química), San Salvador. Universidad de el Salvador, 2013.
- ARUTCHELVI, J. Biodegradation of polyethylene and polypropylene [en línea]. Vol. 7. 2008. [fecha de consulta: 29 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/7326/4/IJBT%207%281%29%209-22.pdf>
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. El poliestireno expandido y el medio ambiente. [en línea]. Madrid. [fecha de consulta: 2 de junio 2019]. Disponible en:

<http://www.anape.es/pdf/El%20EPS%20en%20el%20Medioambiente.pdf?publicacion=El%20Poliestireno%20Expandido%20y%20el%20Medioambiente>

AVALOS, A & TORRES, I. (2018). *Modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz*. Universidad de Piura. [En línea]. Disponible en: <https://pirhua.udp.edu.pe/handle/11042/3459>

CÁDIZ. Las bolsas plásticas contaminan y no son necesarias. [En línea]. 2014. [fecha de consulta: 29 de junio de 2019]. Disponible en: <http://www.ecologistasenaccion.org/article28277.htm>

CARDOSO, A. (2007). Exigencias térmicas de estadios inmaduros de *G. Mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *Ecology, Behavior and Bionomics. Neotropical Entomology*. 36 (5). 657-661.

CITY: 2015- [fecha de consulta 15 mayo]. Disponible en: <http://search.proquest.com/docview/1707881136/A41A5F99F7CD4DFAPQ/1?accountid=37408>

DAVIRAN, Albert. En su trabajo de investigación: *Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del Tenebrio molitor para la producción de Abono, 2017*. (Tesis de grado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/22578>

DEGRADACIÓN DE POLIESTIRENO Y POLIPROPILENO CON MICROORGANISMOS DE VERMICOMPOST [en línea]. por Alonso, M [et al.]. Buenos Aires. 2002. [fecha de consulta: 29 de noviembre de 2017]. Disponible en: (<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/aidis12/plasticos.pdf>).

DERAS, Gonzalo. En su trabajo de investigación: *Efecto del consumo del polietileno de baja densidad en el desarrollo de la polilla de la cera (Galleria mellonella, Lepidoptera: Pyralidae)*. (Tesis de grado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras, 2018. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6367/1/IAD-2018-T011.pdf>

DESCUBREN QUE EL GUSANO DE CERA ES CAPAZ DE BIODEGRADAR PLÁSTICOS RESISTENTES. [en línea]. Madrid: 2017 – [fecha de consulta

- 24 abril]. EFE News Service Retrieved from:
<https://search.proquest.com/docview/1891109219?accountid=37408>
- DIARIO LA NACIÓN. 2016. Contaminación por plástico es nuevo reto ambiental del país. Disponible en: http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Contaminacion-plastico-nuevo-ambiental-pais_0_1564643544.html
- EDNEY, E. The water relations of terrestrial arthropods. California, 1957. ISBN 0521048729.108 pp. ISBN 0521048729 18.
- El 46% de los residuos sólidos en playas del Perú son plásticos. [En línea]. Lima: 2015 – [fecha de consulta 16 mayo]. Disponible en: <http://www.inforegion.pe/196519/el-46-de-los-residuos-solidos-en-playas-del-peru-son-plasticos/>
- EVANS, Arthur y HOGUE, James. Introduction to California Beetles. California, 2004. ISSN 0068-5755
- FUNDACION AMIGOS DE LAS ABEJAS. *Ciclo de Galleria mellonella*. Guadalajara, España. 2007. [En línea]. Disponible en: <http://abejas.org/fudacionamgosedelasabejas/>
- GONZALES, T. Atagana. 2004 *Biodegradación del plástico*. Metodología científica III. México. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/63595936/Biodegradacionde-Plastico-Por-Rhyzopus-Sp>
- GOODMAN, R. (2003). This Agricultural Note was developed This Agricultural Note was developed by Department of Environment and Primary Industrie
- HERNANDEZ, Augusto; Martinez, Jose y Pérez, Laura (2015). Bacterias hidrocarbonoclasticas biodegradantes de poliestireno expandido. (Artículo científico). Universidad Veracruzana, Mexico, 2015. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/497/49743956003.pdf>
- HERNÁNDEZ, ROBERTO; FERNÁNDEZ, CARLOS Y BAPTISTA, PILAR. *“Metodología de la Investigación”*. [Libro Electrónico]. México, 2014.
- IDALSOAGO, M. Lepidópteros nocturnos y diurnos: el curioso fenómeno del aumento de polillas y mariposas. [en línea]. 2014. Disponible en: <http://elrancaguino.cl/2015/11/15/lepidopteros-nocturnos-y-diurnos-el-curioso-fenomeno-del-aumento-de-polillas-y-mariposas/>ISSN 1727-

- KENBI, el ecológico. *Un producto biodegradable*. (artículo científico). Laboratorios INTEMAN S.A. España, 2019. Disponible en: http://kenbi.eu/kenbipedia_1.php?seccion=kenbipedia&capitulo=1#nav
- LIBRE DE TECNOPOR. *El problema de la basura en Perú*. (Artículo científico). Pontificia Universidad Católica del Perú y Universidad Cayetano Heredia, Perú, 2019. Disponible en: <https://libredetecnopor.pe/que-es-el-tecnopor/el-problema-de-la-basura-en-peru/>
- LLORENTE, J. (2004). Las enfermedades y enemigos de las colmenas. In: Quero, A. (ed). *Las abejas y la apicultura*. Universidad de Oviedo. España. p 105 – 117.
- LLORET, M. (2005-2006). El ciclo biológico de la polilla grande de la cera.
- MARSTON, N. Y CAMPBELL, B. (1973). Comparison of nine diets for rearing *Galleria mellonella*. *Annals of Entomological Society of America* 66 (1). 132 - 136.
- MEZA, Mauricio. En su trabajo de investigación: *Biodegradabilidad de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en humus de lombriz, caballo y gallina*. (Tesis de grado). Escuela Politécnica del ejército, Colombia, 2013. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6261>
- NEIRA, M. (2006). Sanidad apícola, principales enfermedades y enemigos de las abejas en Chile. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. p 138
- NEIRA, M. y MANQUIAN, N. (2004). Apuntes prácticos de apicultura. Material curso: Apicultura PSV 232. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. p 107
- NEWEL, J. *Ciencia de los materiales, aplicaciones en ingeniería*, México, 2010. 368 pp, ISBN: 9786077071143.
- RECICLAJE Y DISPOSICIÓN FINAL SEGURA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS. [En línea]. Perú: 2008 – [fecha de consulta 29 abril]. Disponible en: sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39052
- REVILLA, Sandra. En su trabajo de investigación: *Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, lima - 2018*. (Tesis de grado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2017. Disponible

en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/20217>

RIVERA, D.L., et al, 2014. TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO UTILIZANDO SOLVENTES VERDES. Revista

Investigaciones Aplicadas, vol. 8, no. 1 ProQuest Central. ISSN 20110413.

RODRÍGUEZ, Luis. Ciclo biológico de *Gallería mellonella* Linnaeus. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Lima, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, FACULTAD DE AGRONOMÍA, 2015. 24p.

SCHEIRS, John y PRIDDY, Duane. *Modern styrenic polymers*. Australia.2003

URIBE, Diego; Giraldo, Daniel Gutiérrez, Susana y Merino, Fernando. En su investigación: *Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno sanitario, Lima, Perú*.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 2017. Disponible en:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/62>

VELASCO, Miguel. En su investigación: *Biodegradación del poliestileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Galleria mellonella*, bajo condiciones térmicas controladas en el 2017*, Lima, Perú, 2017.

VERGARA, C. Y Raven, K. (1989). Tachinidae (Díptera) registrados en el Museo de Entomología de la Universidad Nacional Agraria, La Molina. Rev. Per. Ent. 32. 93-102.

WILLIAMS, J. (1990). Insects: Lepidoptera (moths) In: Morse, R y Nowogrodski, R. (eds). Honey bee pests, predators, and diseases. Sec. Edition. USA. p 96-120

ANEXOS

ANEXO N° 1: Matriz de consistencia

Título: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

| Formulación del problema | Objetivos | Hipótesis | Técnicas e Instrumentos |
|---|--|---|--|
| <p>Problema general ¿Será capaz el gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>), biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019?</p> <p>Problemas específicos ¿Cuál es la cantidad adecuada del gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>) para biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019?</p> <p>¿Cuál es el tiempo óptimo que requiere el gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>) para biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019?</p> | <p>Objetivo general demostrar la capacidad del gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>), para la biodegradar los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019</p> <p>Objetivos específicos Determinar la cantidad adecuada del gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019.</p> <p>Determinar el tiempo óptimo que requiere el gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019.</p> | <p>H₁: Con el uso del gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>), se biodegrada significativamente los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor).</p> <p>H₀: Con el uso del gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>) no se biodegrada significativamente los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor).</p> | <p>Técnicas: Observación</p> <hr/> <p>Instrumentos: Ficha de observación</p> |
| <p>Diseño de investigación Diseño es experimental</p> | <p>Población y muestra <u>Población:</u> Es un total de 4625.75 g <u>Muestra:</u> Es de 3.4166 g</p> | <p>Variables</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variable Independiente Gusano de cera (<i>Gallería mellonella</i>) • Variable Dependiente Biodegradación | |

Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

ANEXO 2: Instrumento de recolección de datos

| Ficha de recolección de datos (biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido) | | | | | |
|--|--|-------------------------------|-------------------|---------------------------|--|
| Realizado por: | Lourdes Macarena Trujillo Ventura Blanca Nelida Siesquen Angulo | | | Masa inicial del tecnopor | |
| Datos de campo | | | | | |
| Lugar: | | Provincia: | | Fecha: | |
| Cálculo de masa de la biodegradación de las muestras de poliestireno expandido (tecnopor) tratadas | | | | | |
| Masa del tratamiento gusano de cera (<i>Galleria mellonella</i>) | Repeticiones \ Horas | Peso final menos peso inicial | | | |
| | | 24 horas | 48 horas | 72 horas | |
| 10 gramos | R1 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| | R2 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| | R3 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| | R4 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| 20 gramos | R1 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| | R2 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| | R3 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| | R4 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| 30 gramos | R1 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| | R2 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| | R3 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |
| | R4 | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | Pi= - Pf=_____ | |

Fuente: “Utilización del gusano de cera (*Galleria mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019”

ANEXO 3: Validación de instrumentos

Validación de ficha de recolección de datos experto N° 1

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Rojas Bardales Alfonso

Institución donde labora: Universidad Nacional de San Martín

Especialidad: Ingeniería Ambiental

Instrumento de evaluación: FICHA DE REGISTRO

Autor (s) del instrumento (s): Lourdes Macarena Trujillo Ventura y Blanca Nelida Siesquen Angulo.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

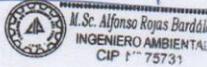
| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|----|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Biodegradación del Poliestireno expandido (Tecnopor) , en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Biodegradación del Poliestireno expandido (Tecnopor) . | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | X | |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | X | | |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | X | | |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Biodegradación del Poliestireno expandido (Tecnopor) . | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | X | |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 47 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47

Moyobamba, 09 de Septiembre de 2019

M.Sc. Alfonso Rojas Bardales
INGENIERO AMBIENTAL
CIP 75731

Sello personal y firma

Validación de ficha de recolección de datos experto N° 2

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Ruiz Valles Rubén
 Institución donde labora: Universidad Nacional de San Martín
 Especialidad: Ingeniero Forestal
 Instrumento de evaluación: FICHA DE REGISTRO
 Autor (s) del instrumento (s): Lourdes Macarena Trujillo Ventura y Blanca Nelida Siesquen Angulo.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | X | |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Biodegradación del Poliestireno expandido (Tecnopor) , en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | X | |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Biodegradación del Poliestireno expandido (Tecnopor) . | | | | X | |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Biodegradación del Poliestireno expandido (Tecnopor) . | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 47 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 47

Moyobamba, 09 de Septiembre de 2019

ING. MSC. Rubén Ruiz Valles
 CIP. N° 48609
 ING. FORESTAL

Sello personal y firma

Validación de ficha de recolección de datos experto N° 3

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Hualcos Sevilano Robert M.
 Institución donde labora: Autoridad Regional Ambiental
 Especialidad: Lourdes Macarena Trujillo Ventura y Blanca Nelida Siesquen Angulo.
 Instrumento de evaluación: FICHA DE REGISTRO

Autor (s) del instrumento (s): Lourdes Macarena Trujillo Ventura y Blanca Nelida Siesquen Angulo.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Biodegradación del Poliestireno expandido (Tecnopor) , en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | X | |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Biodegradación del Poliestireno expandido (Tecnopor) . | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | X | |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Biodegradación del Poliestireno expandido (Tecnopor) . | | | | X | |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | X | |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 46 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 46

Moyobamba, 09 de Septiembre de 2019
 GOBIERNO REGIONAL SAN MARTÍN
 A.R.A.



Robert M. Hualcos Sevilano
 Mg. Robert M. Hualcos Sevilano
 Director Ejecutivo de Gestión
 Ecología Ambiental

Sello personal y firma

ANEXO 4: Panel fotográfico

Figura N° 18: *Obtención de gusano de cera (Gallería mellonella) del distrito de Yántalo (colmena infectado por el gusano de cera).*



Figura N° 19: *Elección del gusano de cera (Gallería mellonella)*



Figura N° 20: *Peso inicial de los contenedores del poliestireno expandido (tecnopor) en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo – Moyobamba.*

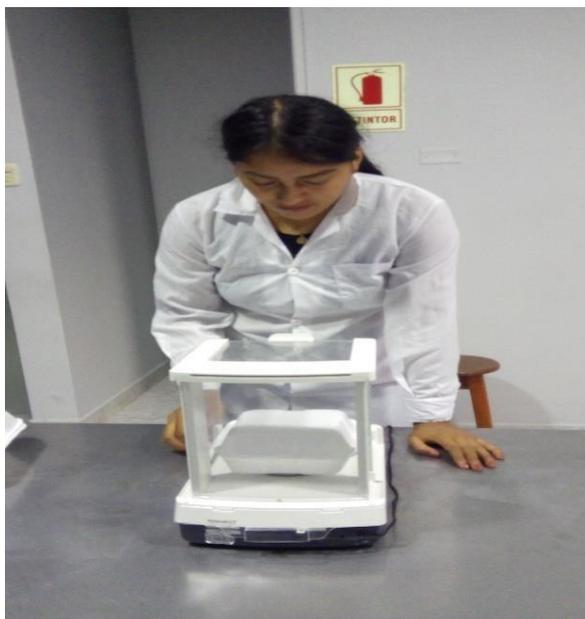


Figura N° 21: *Pesaje de los gusanos de cera (Gallería mellonella) en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo – Moyobamba.*

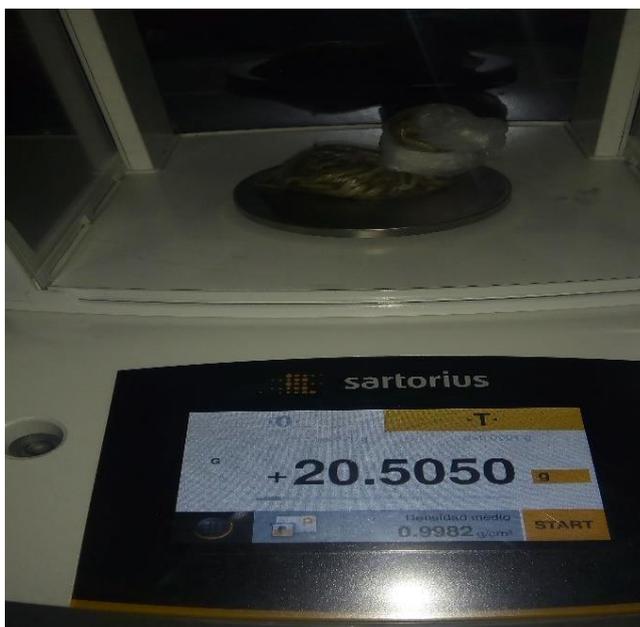


Figura N° 22 y 23: Poniendo los gusanos de cera (*Gallería mellonella*) y a los contenedores dentro de las cajas de madera para iniciar con el experimento.



Figura N° 24: Aquí encontramos los 3 tratamientos de 10 g, 20 g y 30 g de gusanos de cera (*Gallería mellonella*).



Figura N° 25, 26 y 27: biodegradación de los 3 tratamientos de 10 g, 20 g y 30 g de gusanos de cera (*Gallería mellonella* en 24 horas

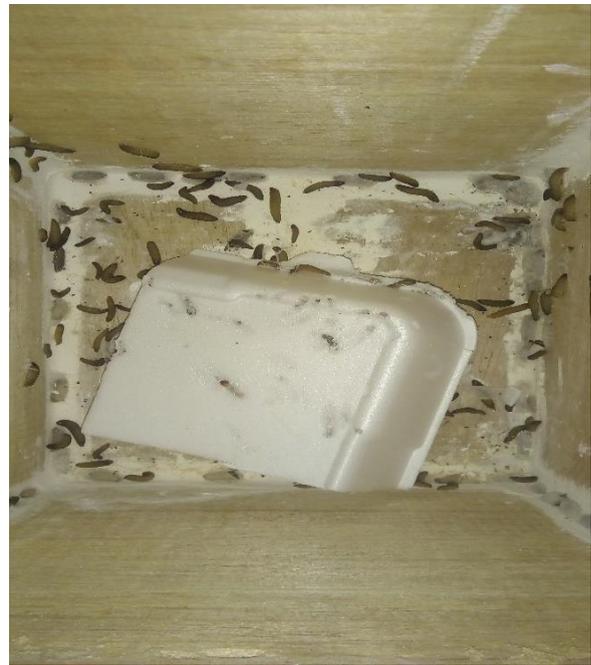


Figura N° 28: *Tecnopor biodegradado listo para el pesado en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo – Moyobamba.*



Figura N° 29: *Peso final de los contenedores del poliestireno expandido (tecnopor) de los diferentes tratamientos (10g; 20g; y 30g) las diferentes horas (24, 48 y 72).*

