



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Biodegradación de Poliestireno, por la acción de larvas de  
*Tenebrio molitor linnaeus*, a nivel de laboratorio-Lima-2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR:**

Huarancca Ñahuincopa, Cosme Paul (ORCID: 0000-0001-8195-2545)

**ASESORA:**

MAGISTER. Suarez Alvites, Haydee (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

**LINEA DE INVESTIGACION:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LIMA – PERÚ**

**2021**

**Dedicatoria:**

El presente Tesis de investigación dedico en especial a mis padres por su amor y apoyo moral que me brindaron en este camino tan largo, y a mis hermanos, quienes fueron el motivo para el esfuerzo y cumplir mis sueños.

**Agradecimiento:**

Mis agradecimientos a la Universidad Cesar Vallejo por darme la oportunidad, y la esperanza para alcanzar mis propósitos. A la asesora por su sinceridad, asistencia y guía para el desarrollo de la investigación. A laboratorio Ofilab Perú S.A.C por concederme los equipos y el espacio para el desarrollo del estudio.

## Índice de contenido

Dedicatoria: .....	ii
Agradecimiento: .....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación .....	17
3.2. Variables y operacionalización .....	17
3.3. Población y muestra .....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	18
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Método de análisis de datos .....	21
3.7. Aspectos éticos .....	22
IV. RESULTADOS .....	23
4.1. Condiciones ambientales en el ámbito del estudio. ....	23
4.2. Biodegradación de poliestireno expandido por larvas de <i>T. molitor</i> . ....	27
4.3. Biodegradación de poliestireno extruido por larvas de <i>T. molitor</i> . ....	31
4.4. Concentración CO <sub>2</sub> en la biodegradación de poliestireno por las larvas del <i>T. molitor</i> . ....	35
V. DISCUSIÓN.....	49
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	66

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Validación de instrumentos de registro de datos. ....	20
<b>Tabla 2.</b> Registro de temperatura ambiental.....	23
<b>Tabla 3.</b> Registro de humedad relativa. ....	25
<b>Tabla 4.</b> Variación de masa del poliestireno expandido.....	27
<b>Tabla 5.</b> Consumo de poliestireno expandido.....	27
<b>Tabla 6.</b> Tasa de supervivencia de larvas del <i>T. molitor</i> , en P. expandido. ....	29
<b>Tabla 7.</b> Evaluación de masa de larvas del <i>Tenebrio molitor</i> .....	30
<b>Tabla 8.</b> Fecula producida.....	30
<b>Tabla 9.</b> Variación de masa del poliestireno extruido.....	31
<b>Tabla 10.</b> Consumo de poliestireno extruido.....	31
<b>Tabla 11.</b> Tasa de supervivencia de larvas del <i>T. molitor</i> , en P. extruido. ....	33
<b>Tabla 12.</b> Evaluación de masa de larvas del <i>Tenebrio molitor</i> .....	34
<b>Tabla 13.</b> Fecula producida.....	34
<b>Tabla 14.</b> Dióxido de carbono para tratamiento de poliestireno expandido. ....	35
<b>Tabla 15.</b> Dióxido de carbono para tratamiento de poliestireno extruido. ....	38
<b>Tabla 16.</b> Prueba de normalidad.....	41
<b>Tabla 17.</b> Varianza de consumo de poliestireno. ....	42
<b>Tabla 18.</b> Comparación de medias del consumo de poliestireno.....	42
<b>Tabla 19.</b> Correlación de Pearson para poliestireno expandido.....	43
<b>Tabla 20.</b> Correlación de Pearson para poliestireno extruido. ....	44
<b>Tabla 21.</b> Evaluación de la eficiencia en el consumo de P. expandido.....	45
<b>Tabla 22.</b> Evaluación de la eficiencia en el consumo de poliestireno extruido. ....	46
<b>Tabla 23.</b> Varianza de medias de CO <sub>2</sub> en la biodegradación de poliestireno. .	47
<b>Tabla 24.</b> Diferencia de media de CO <sub>2</sub> en la biodegradación del poliestireno. ....	48
<b>Tabla 25.</b> Matriz de consistencia.....	66
<b>Tabla 26.</b> Matriz de operacionalización de variables. ....	67
<b>Tabla 27.</b> Polímeros lineales, sus monómeros y sus unidades repetitivas. ....	92
<b>Tabla 28.</b> Diferencia de medias para masa de larvas del <i>T. molitor</i> expuestos a P. expandido. ....	98
<b>Tabla 29.</b> Diferencia de medias para masa de larvas del <i>T. molitor</i> expuestos a P. extruido. ....	99

## Índice de figura

Figura 1. Biodegradación de poliestireno en el lumen intestinal de <i>T. molitor</i> ..	16
Figura 2. Consumo de poliestireno expandido en periodos de 10 días. ....	28
Figura 3. Tasa de supervivencia de larvas del <i>T. molitor</i> , en P. expandido .....	29
Figura 4. Consumo total de poliestireno extruido en periodos de 10 días. ....	32
Figura 5. Tasa de supervivencia de larvas del <i>T. molitor</i> , en P. extruido. ....	33
Figura 6. Estimación curvilínea de CO <sub>2</sub> para poliestireno expandido. ....	36
Figura 7. Comparación de la concentración de CO <sub>2</sub> con los grupos de tratamiento y control del poliestireno expandido. ....	37
Figura 8. Estimación curvilínea de CO <sub>2</sub> para poliestireno extruido. ....	39
Figura 9. Comparación de la concentración de CO <sub>2</sub> con los grupos de tratamiento y control del poliestireno extruido. ....	40
Figura 10. Estructura química del poliestireno en su producto final .....	93
Figura 11. Etapas de ciclo de vida de <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus. ....	93
Figura 12. Distribución global de la producción de plásticos en 2019. ....	94
Figura 13. Flujograma del proceso de biodegradación del poliestireno por larvas de <i>T. molitor</i> . ....	95
Figura 14. Variación de temperatura ambiental del espacio interior del área de investigación. ....	96
Figura 15. Variación de humedad relativa del espacio interior del área de investigación. ....	97

## Resumen

Es de vital importancia eliminar los residuos del poliestireno, para disminuir los impactos sobre el ambiente, la razón por lo cual la presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar la eficiencia de larvas del *Tenebrio molitor*, en la biodegradación del poliestireno. La investigación es de tipo aplicada, que se desarrolla sobre poliestireno expandido y poliestireno extruido, en muestras de 26.984 y 27.872 g respectivamente, y en un periodo de 30 días en las condiciones de temperatura media de 21.3 °C y humedad relativa media de 71.3 %. Las larvas de *T. molitor* que fueron sometidos a la dieta del poliestireno expandido consumieron 0.226 g en promedio, con una eficiencia de 3.4 %, con un aumento promedio de 9.2 % de masa larvario, con una producción de fecula de 0.346 g, y con una tasa de supervivencia de 88.3 %, mientras las larvas expuestas al P. extruido, consumieron 0.128 g en promedio, con una eficiencia de 1.8 %, con una disminución de 1.0 % de masa larvario, con una producción de 0.231 g de fecula, y con una tasa de supervivencia de 89.5 %. La concentración de CO<sub>2</sub> evaluado para poliestireno expandido y extruido aumentaron en porcentajes de 69.9 y 65.6 %, respectivamente, con respecto a la concentración inicial promedio. Concluimos que las larvas del *T. molitor* tienen mayor eficiencia en la biodegradación, en el poliestireno expandido, que en el poliestireno extruido, lo cual la diferencia, estaría directamente afectada por el grado de rigidez que poseen las mismas.

**Palabras clave:** Biodegradación, Eficiencia, *Tenebrio molitor*, Poliestireno expandido, Poliestireno extruido.

## **Abstract**

It is vitally important to eliminate polystyrene residues, to reduce the impacts on the environment, the reason why this research was developed with the objective of evaluating the efficiency of *Tenebrio molitor* larvae in the biodegradation of polystyrene. The research is of an applied type, which is developed on expanded polystyrene and extruded polystyrene, in samples of 26,984 and 27,872 g respectively, and in a period of 30 days in the conditions of average temperature of 21.3 ° C and average relative humidity of 71.3 %. *T. molitor* larvae that were subjected to the expanded polystyrene diet consumed 0.226 g on average, with an efficiency of 3.4 %, with an average increase of 9.2 % in larval mass, with a starch production of 0.346 g, and with a survival rate of 88.3 %, while the larvae exposed to extruded P. consumed 0.128 g on average, with an efficiency of 1.8 %, with a decrease of 1.0 % in larval mass, with a production of 0.231 g of starch, and with a survival rate of 89.5 %. The CO<sub>2</sub> concentration evaluated for expanded and extruded polystyrene increased in percentages of 69.9 and 65.6 %, respectively, with respect to the average initial concentration. We conclude that *T. molitor* larvae have greater biodegradation efficiency in expanded polystyrene than in extruded polystyrene, which difference would be directly affected by the degree of rigidity they possess.

**Keywords:** Biodegradation, Efficiency, *Tenebrio molitor*, Expanded polystyrene, Extruded polystyrene.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de plásticos, durante los últimos años, ha crecido fuertemente. Solo en el año 2019 la producción fue de aproximadamente 370 millones de toneladas (PlasticsEurope, 2020). Una cifra de 13 millones de toneladas de residuo plástico tiene como destino final los mares, ríos, aguas superficiales y océanos de toda la tierra, afectando principalmente la fauna acuática y el medio litoral (ONU, 2020).

En el Perú, un promedio de 3 mil millones de plásticos se utiliza al año, lo cual solo representa el 10 % del total de residuos que se genera anualmente, y de esta cantidad un porcentaje de 0.3 % es reciclado debidamente (MINAM, 2019). Los residuos plásticos durante su recorrido en el ambiente, son degradados por las condiciones ambientales, en partículas menores de 5 mm de diámetro (Rojo y Montoto, 2017). En particular los microplásticos están presentes en los ecosistemas acuáticos en altas concentraciones (Ley N° 30884, 2018). En nuestro país existen diferentes tipos de plástico, uno de ellos es el poliestireno (PS), un material de base polimérica, diseñado para un tiempo de servicio corto y un solo uso. El fuerte contraste entre la notable durabilidad y el poco tiempo de uso, el uso insostenible, los hábitos de usar y desecharlo por doquier, ha llevado a la creciente acumulación de residuos de poliestireno en nuestro entorno. Así como es su trayectoria y en su destino final, el poliestireno es degradado en microplásticos, que no solo contamina el agua transportando sustancias dañinas, por su propiedad de absorbente, también son consumidas por los organismos marinos, lo cual es alarmante para el desarrollo de estas especies, por los efectos sobre su salud. Así mismo, es preocupante para el ser humano, existen las posibilidades de estar consumiendo microplásticos, a través de la cadena alimentaria. Por otro lado, están los impactos económicos y sociales, afectando principalmente la actividad turística y la inversión pública, por los gastos en servicios de limpieza que se hacen y que se harán en un futuro.

Hasta la actualidad se vienen realizando diferentes estudios para reducir el problema ambiental del poliestireno, mediante el tratamiento con microorganismos del medio natural, así como con diferentes larvas de insectos.

*Tenebrio molitor* L, quien en su etapa de larva, alcanza medir en promedio de dos centímetros y medio, además de consumir granos, restos de vegetales y animales, son considerados detritívoros, por la razón de que pueden alimentarse de detritos en descomposición; es por esto que las larvas tienen la aptitud de consumir el poliestireno y obtener los nutrientes para su desarrollo.

La presente investigación tiene el interés de aprovechar, el gran potencial que poseen las larvas, para la biodegradación de dos tipos de poliestireno. Para lo cual se planteó como problema principal: ¿Cuál es la eficiencia de larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus, en la biodegradación de poliestireno, como dieta única?, y como problemas específicos: ¿Cuál será la eficiencia de larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus, en la biodegradación de poliestireno extruido, como dieta única?, ¿Cuál será la eficiencia de larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus, en la biodegradación de poliestireno expandido, como dieta única?, y ¿Cuál es el nivel de concentración de dióxido de carbono durante el proceso de biodegradación de poliestireno extruido y expandido?

A fin de resolver los problemas, planteamos como objetivo general: Determinar la eficiencia de larva del *Tenebrio molitor* linnaeus en la biodegradación del poliestireno como dieta única, y como objetivos específicos: Determinar la eficiencia de larva del *Tenebrio molitor* linnaeus, en la biodegradación del poliestireno extruido, como dieta única; Determinar la eficiencia de larva del *Tenebrio molitor* linnaeus, en la biodegradación de poliestireno expandido, como dieta única y Determinar el nivel de concentración de dióxido de carbono durante el proceso de biodegradación del poliestireno extruido y expandido.

El presente proyecto de investigación se realizó para aprovechar el potencial biodegradadora de la especie larvaria de *Tenebrio molitor*, y dar un mejor tratamiento a los materiales del poliestireno, que una vez dado el uso, toman su lugar en los entornos naturales, perjudicando a la sociedad y al ambiente, por las características duraderas y resistentes a la biodegradación por los microorganismos del medio natural. Por otra parte, proveerá conocimientos nuevos acerca del empleo de métodos biológicos, para la eliminación de materiales plásticos.

## II. MARCO TEÓRICO

**Horna (2020).** En su investigación estudia la eficiencia de *Alphitobius diaperinus* en su etapa de larva, para la biodegradación de poliestireno expandido y polietileno de baja densidad, de 10 y 6.88 g respectivamente. Para lo cual se agruparon en grupos de 50, 75 y 100 larvas, respectivos para cada muestra, el tratamiento fue durante 16 días. Los resultados sobresalientes corresponden a la biomasa de 100 larvas, quienes tuvieron estos resultados correspondientes: para el poliestireno, las larvas biodegradaron 1.75 g, con una eficiencia de 17.5 %, de hecho, la más alta de todas; para el polietileno de baja densidad, las larvas solo biodegradaron 0.57 g, alcanzando una eficiencia de 8.3 %.

**Siesquen y Trujillo (2019).** En la ciudad de Moyobamba realizó la investigación de larva *Gallería mellonella* para biodegradar poliestireno expandido; con el objetivo de estudiar la capacidad de aquella especie, para biodegradar contenedores de EPS. Para ello se realizó el tratamiento en 3 grupos de 10, 20 y 30 g de larvas, con una muestra de 3.4166 g. Para el primer grupo de 10 g de larva, y para un periodo de 24 h, el consumo total de poliestireno fue 0.220 g, con una eficiencia de 1.59 %, mientras para el grupo de 30 g y para un tiempo de 72 h, el consumo total de EPS corresponde a 1.546 g, con una eficiencia de 11.29 %.

**Espinoza (2018).** En su tesis determinó la eficiencia larvaria de *Galleria mellonella* y *Tenebrio molitor* para la biodegradar microplásticos de tereftalato de polietileno, cloruro de polivinilo, y poliestireno expandido, los cuales fueron obtenidos de la playa Costa Azul de Ventanilla, Callao. Para el proceso de estudio se toma 5 g de muestra por duplicado para cada tipo de microplásticos y cada uno en un recipiente fueron expuestos a 30 unidades de *T. molitor* y *G. mellonella*, por un periodo de 15 días. Los resultados en dicho estudio demuestran un alto grado de biodegradación para los dos tipos de microplásticos. La larva de *T. molitor* tuvo una eficiencia de 54.2 % para poliestireno expandido, mientras la larva de *G. mellonella* tuvo una eficiencia de 34.4 % para el cloruro de polivinilo.

**Daviran (2017).** En su tesis investiga la biodegradación de poliestireno espumado por *Tenebrio molitor*, con el objetivo de evaluar, en qué medida favorece a la producción de abono la biodegradación de poliestireno por *T. molitor* en la etapa de larva. Para ello se hizo el tratamiento con 40 larvas en paralelo con 2 g de muestra de densidades: 10 Kg/m<sup>3</sup> y 40 Kg/ m<sup>3</sup>. La metodología que se aplicó para evaluar las larvas a lo largo del estudio comprendió: tratamiento, consumo de poliestireno, variación en biomasa larvaria y producción de abono y su análisis. Los resultados indican que para la muestra de EPS D10, para un periodo de 4 días de biodegradación hubo una pérdida de biomasa de 0.0848 g, abono generado de 0.0307 g y un consumo de 0.0416 g, y mientras para la muestra de EPS D40, para un periodo de 8 días, el consumo fue 0.1460 g, la producción de abono fue 0.1635 g y la pérdida de masa larvaria fue de 0.3529 g. Los resultados indican que *T. molitor* en su etapa de larva, tiene la capacidad de descomponer la espuma de poliestireno, y a la vez tienen una influencia en la producción de abono.

**Malawi et al. (2021).** Estudia la biodisponibilidad mejorada y biodegradación microbiana del poliestireno en un enriquecimiento derivado del microbioma intestinal de *Tenebrio molitor*. Para ello como primer método fue extraer la microbiota intestinal y los sobrenadantes <30 kDa, que mejora la respiración microbiana y 30-100 kDa, que media la biodisponibilidad plástica. La microbiota intestinal de las larvas se cultivaron en un medio libre de carbono MLC, con microplásticos de poliestireno y a su vez fueron enriquecidas con los sobrenadantes, en el cultivo enriquecido se identificaron 8 microorganismos asociados a la biodegradación, los cuales son: *Bacillus thuringiensis*, *Klebsiella aerogenes*, *Citrobacter freundii*, *Serratia marcescens*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* y *Enterobacter asburiae*. Las larvas de *Tenebrio molitor* y su microbiota intestinal juegan un papel importante en la aceleración para la biodegradación del poliestireno.

**Yang et al. (2021).** En su investigación evalúa la viabilidad de los gusanos de *Tenebrio molitor* y *Zophobas atratus*, para la biodegradación de polipropileno. El tratamiento se realizó por duplicado para cada especie de larva, y para ello se tomaron 300 unidades de *T. molitor* y 200 unidades de *Z. atratus*, quienes fueron

incubadas a 25 °C y 65 % de humedad relativa, por un periodo de 35 días. De acuerdo al reporte para 100 larvas de *T. molitor*, en consumo fue de 1.0 mg/d, y para 100 larvas de *Z. atratus*, el consumo fue 3.1 mg/d. Mediante la secuenciación de ARNr 16S de alto rendimiento se identificó que *Citrobacter sp.* Y *Enterobacter sp.* Están asociados con la dieta de polipropileno en el intestino larvario de *Z. atratus*, por otro lado, para las larvas de *T. molitor*, se identificó *Kluyvera*, como principal biodegradadora.

**Hag, Jun y Tae (2020).** En su estudio de biodegradación del poliestireno con *Zophobas morio*. Investiga los cambios en la masa de espuma de poliestireno y de las larvas de *Z. morio*, en un periodo de 27 días. Para el proceso de estudio se criaron 40 larvas, y fueron ensayadas en 4 réplicas por 10 larvas, con una dieta de solamente poliestireno expandido. Los resultados promedio para la masa de las lavas y espuma de poliestireno disminuyeron en un 16.3 % y en un 6.5 %. Los resultados de espectrómetro (FTIR) para determinar si las larvas descomponían el poliestireno, no revela indicios de biodegradación asociados con el PS.

**Cardozo (2020).** En la ciudad de Bogotá, presenta el estudio de biodegradación del poliestireno expandido mediante *Tenebrio molitor* en su etapa de larva, con el objetivo de evaluar su capacidad para consumo y biodegradación del EPS. El tratamiento se realizó en 4 grupos de 10, 20, 30 y 40 larvas, con 5 réplicas y con 500mg de poliestireno respectivamente. La metodología del estudio fue: La determinación de capacidad de consumo, donde se midieron la masa de EPS por semana durante 6 meses y determinaron la cantidad consumida por *T. molitor*; la determinación de capacidad de biodegradación, para lo cual solamente se midió la masa de la fécula generada por larvas de *Tenebrio molitor*. Como resultado el estudio demuestra que las larvas tienen un mayor consumo y biodegradación de poliestireno en los primeros dos meses, y particularmente el grupo de 30 larvas tuvieron más éxito que los demás grupos, llegando a la conclusión de que la biodegradación y el consumo de poliestireno no es proporcional a la cantidad de la larva *Tenebrio molitor*.

**Yang, Wang y Xia (2020).** En su investigación sobre biodegradación y mineralización del poliestireno por *Zophobas atratus*, demuestra que estas larvas pueden comer y vivir con la dieta de poliestireno, así como aquellas larvas que fueron alimentados con salvado durante 28 días. El consumo promedio de las larvas se estimó en 0.58 mg/d, mientras los análisis de la excreta producida, demuestran que despolimerización de poliestireno, en productos de bajo peso molecular ocurrió en el intestino de las larvas, por la microbiota intestinal. Mediante la prueba de respirometría se determinó que el carbono presente en el poliestireno, se mineralizo en dióxido de carbono hasta un 36.7 %. El estudio concluye que la microbiota intestinal es una fuente biológica, que juega un papel clave para la biodegradación de poliestireno.

**Somia et al. (2020).** En el estudio de la ecología microbiana como una perspectiva para la biodegradación de plástico, investiga el papel que los microbios simbióticos tienen sobre los polímeros, en especial sobre los objetos de un solo uso. Dentro de los grupos de insectos que menciona es su estudio, está el insecto *Tenebrio molitor*, quien posee la especie bacteriana *Exuglobacterium sp. YT2*, quien estaría asociado directamente con la biodegradación plástica.

**Lopes, Tsochatzis, Gika y Theodoridis (2020).** En su investigación determina la biodegradación de poliestireno por larvas de *Tenebrio molitor*. Para empezar el estudio, se privó de alimentación durante 36 horas para evitar cualquier efecto que pueda producir en la biodegradación. La investigación se realizó en tres envases cada uno con 100 larvas y 1.5 g de poliestireno, y estas fueron colocadas en una incubadora a condiciones de temperatura 27.0 °C y una humedad de 75 %, por un periodo de 7 días. Los resultados de la investigación demostraron una tasa de 13 % de biodegradación para el poliestireno, en un periodo de 7 días.

**Fabreag y familiara (2019).** Estudia la biodegradación de bloques de poliestireno expandido (EPS) y espuma de poliestireno, usando escarabajo de la harina (*Tribolium castaneum*), para dicha investigación los gusanos fueron agrupados en tres grupos de 30 unidades respectivamente, el grupo 1, fue suministrado con 7 g de EPS; el grupo 2, proporcionado con 7 g de espuma de

poliestireno y el grupo 3 alimentado con 7 g de salvado de arroz. El tratamiento se realizó durante 5, 10, 15 y 20 días, obteniendo resultados favorables para los 10, 15 y 20 días, con pérdidas porcentual media máxima de 7.14 %, 10.71 % y 10.71 %, respectivamente. Por otro lado, el aumento porcentual medio máximo de peso para *T. castaneum*, para un periodo de 10 días, fue de 13.51 %, 44.44 % y 37.93 %, respectivamente para cada grupo. Por último, la investigación concluye que la alimentación con los dos tipos de poliestireno no tuvo efectos en la salud, y la tasa de supervivencia no fue afectada significativamente.

**Boyu et al. (2019).** En su investigación estudia la capacidad de *T. obscurus* y *T. molitor* para biodegradar el poliestireno. Para ello cada especie larvaria fue alimentada con muestras de espuma de poliestireno expandido, como dieta única. Los resultados del estudio indica que las tasas específicas de consumo de PS para 100 larvas de *T. obscurus* y *T. molitor*, fueron: 32.44 y 24.30 mg/día, respectivamente. En el estudio se ha demostrado que las larvas, son capaces de biodegradar productos de poliestireno. Por otra parte, los resultados demostraron que *T. obscurus* tiene una mayor capacidad de biodegradación de PS en el intestino, que *T. molitor*. Los resultados indican que la capacidad de biodegradar el poliestireno por parte de las larvas está presente en todas partes dentro del género Tenebrio, lo que podría proporcionar un biorecurso para la biodegradación de residuos plásticos.

En el XXIX congreso de investigación CUAM- ACMor, en la ciudad de México **Gálan et al. (2018).** Presenta la investigación de la “Degradación de poliestireno a través de la microbiota de *Artemia franciscana* y *Tenebrio molitor*”. El objetivo del estudio fue utilizar la microbiota de las dos especies mencionadas. Para tal fin la primera metodología fue: la adaptación de *T. molitor* con la dieta de poliestireno, y de *A. franciscana* con alimento de peces, durante una semana; al cabo del periodo las dos especies fueron sometido a la disección para la obtención de la microbiota en una Solución Salina Isotónica (SSI), los cuales fueron incubadas con 1 g de poliestireno por un periodo de 35 días a 30 °C, para lograr el crecimiento de solo aquellos que puedan degradar PS; posteriormente las colonias fueron aisladas e incubadas en un medio libre de carbono (MLC) adicionando 0.2 g de poliestireno durante 5 semanas. Los resultados obtenidos

demuestran que la microbiota de *T. molitor* tuvo éxito degradando en un rango de 40-60 % con respecto a la masa del poliestireno, por otra parte, la microbiota de *A. franciscana* no tuvo ningún indicio de degradación del poliestireno.

**Mejía et al. (2017).** En su estudio “Carbonización, oxidación e hidrogenación del poliestireno expandido”. Tuvieron como objetivo obtener la medición cuantitativa de su degradación térmica a 0, 30, 60 y 90 nm de profundidad con respecto a la superficie de una muestra de 0.4 cm de grosor y 2.54 cm de diámetro, que fueron tomadas de EPS descartables. El método utilizado para la degradación térmica fue a través del proceso de calentamiento, en un horno Binder FP a temperaturas de 115 - 120 °C, las muestras fueron ensayadas cada hora utilizando un espectrómetro Thermo Scientific K-Alpha equipado con una fuente de rayos X monocromática de Al de 1486.6 eV. Los análisis indican que en las primeras 7 horas de tratamiento térmico, la hidrogenación disminuyó 6.2 % y también la oxidación disminuyó en 2.5 %, mientras la carbonización tuvo un aumento de 6.6 %. Por otra parte, la oxidación del poliestireno fue con más intensidad en la superficie, lo que indica que los principales cambios químicos ocurren en los primeros 30 nm. La cantidad de carbono a mayor profundidad aumenta porque es parte del EPS, mientras la cantidad de oxígeno disminuye a medida que el análisis profundiza hacia el interior del EPS. Al final el estudio sugiere que la hidrogenación y carbonización son los principales mecanismos de degradación, además la diferencia que existió en la degradación con la superficie y el interior son debido por el contacto con la atmósfera.

**Karol et al. (2017).** Realiza el estudio de biodegradación de materia prima del poliestireno, poliestireno procesado, poliestireno utilizado en la construcción como aislante y cajas de envase para alimentos. El objetivo fue analizar la eficacia de biodegradación de 4 estructuras o tipos de poliestireno por la acción de larvas de *Tenebrio molitor*. Los resultados del estudio indican una buena eficiencia en la biodegradación de poliestireno utilizado en la construcción y como caja de envase para alimentos, mientras que la materia prima y poliestireno procesado son difíciles de consumir por el conjunto larvario de *T. molitor*, esto se debe al grado de dureza y brillo que poseen estos materiales.

**Martin et al. (2017).** En su investigación “Degradación de poliestireno y análogos seleccionados por enfoques de química biológica de Fenton: oportunidades y limitaciones”. Realizado con el objetivo de determinar la capacidad del hongo *Gloeophyllum trabeum* para degradar el poliestireno y análogos, a través de la química de Fenton impulsada por el ciclo redox de las quinonas. Los resultados del estudio indican que hubo indicios de oxidación superficial, pero los efectos globales sobre el polímero fueron débiles, y para evaluar los factores que limitan la biodegradación del poliestireno, los compuestos moleculares solubles en agua etilbenceno e isopropilbenceno también se sometieron a la biodegradación. Del mismo modo, se utilizó etilbenceno sulfonato, el cumeno sulfonato y el dímero 1,3-difenilbutanosulfonato. Todos los compuestos modelo, fueron degradados por *G. trabeum* y se produjo una gran variedad de metabolitos oxidados, lo que sugiere que tanto la muy baja biodisponibilidad de poliestireno y su estructura básica inerte juegan un papel fundamental limitando la biodegradabilidad a través de la química biológica Fenton.

**Yang et al. (2015).** En el estudio de “Biodegradación y mineralización del poliestireno por gusanos de la harina que comen plástico: Parte 1. Caracterización química y física y pruebas isotópicas”. Elaborado en universidad de Beihang, China. Tuvo como objetivo determinar la biodegradación de espuma poliestireno empleando larvas de *T. molitor*. Durante el proceso de estudio la metodología empleada para evaluar las larvas de *T. molitor* fueron: Prueba de alimentación, donde se evaluó la pérdida de masa de EPS en función del tiempo y la comparación de la supervivencia de los gusanos de la harina criados con una dieta de EPS y salvado; colección y caracterización, la fécula recolectada y fue almacenada en N<sub>2</sub> líquido cada 12 h por un periodo de 30 días, para su posterior análisis; prueba del balance de masa de carbono, el CO<sub>2</sub> generado durante la biodegradación fue captado con la solución de NaOH a 2M en serie. Los resultados indican que la espuma de poliestireno se biodegradó de manera eficiente en el intestino larvario en un tiempo de detención, inferior a 24 horas. Las larvas nutridas con espuma de poliestireno vivieron tan bien como las alimentadas con salvado, con una tasa de supervivencia por encima de 85%. En los análisis de fécula producida, se constató que la despolimerización de aquellas moléculas de cadena larga y la producción de metabolitos o

compuestos orgánicos despolimerizados ocurrieron en el interior del intestino larvario. Dentro de un período de ensayo de 16 días, el 47,7 % del carbono de espuma de poliestireno ingerido se convirtió en CO<sub>2</sub> y mientras el 49,2 % se consideró como fécula.

**Yang et al. (2015).** En su investigación sobre la “Biodegradación y mineralización del poliestireno por consumo de gusanos de la harina”. Estudia el papel de los microorganismos intestinales de la especie larvaria. Para ello, como primero se administró gentamicina con alimento a los gusanos, y luego PS. El resultado fue que las larvas perdieron la capacidad de despolimerizar el poliestireno y mineralizar en CO<sub>2</sub>. Como segundo punto se aislaron colonias de microorganismos intestinales de las larvas, y estas fueron cultivadas en una incubadora con películas de poliestireno. Se identificó una bacteria Gram-positiva no formadora de esporas, quien fue la más abundante, Esta cepa se identificó taxonómicamente como *Exiguobacterium* sp. Cepa YT2, quien luego fue estudiado y demostrado que es capaz de atacar y oxidar la estructura de PS para producir derivados más polares.

**Naima (2011).** En su estudio de investigación sobre la biodegradabilidad de plásticos sintéticos y espuma de poliestireno por aislamientos de hongos, investiga el proceso de biodegradación del poliestireno, para ello la película plástica fue enterrando en el suelo durante 8 meses, y luego fue incubada por un periodo de 3 meses, en placas de agar con medios de sales minerales, con el fin de obtener sólo aquellos microorganismos capaces de crecer en poliestireno. Para determinar el proceso de biodegradación, las metodologías utilizadas fueron: la prueba de evolución de CO<sub>2</sub> (prueba Sturm), donde se detectó el aumento de dióxido de carbono, y medios líquidos con películas de poliestireno. Los hongos aislados pudieron colonizar la superficie del poliestireno sin ninguna fuente de carbono, y esto demuestra que los microorganismos tuvieron como fuente de alimentación el poliestireno.

A continuación, se presentan los conceptos y enfoques relacionados a la investigación:

La eficiencia es definida como “la facultad para lograr un efecto” (Sopena, 2009). Así mismo la (Real Académica Española s.f) expone como: Capacidad de resolver algo por parte de alguien, para obtener un determinado efecto. Así mismo la eficiencia en función a la alimentación es definida como: una medida para determinar el ingenio, la maña o la habilidad, para transformar los productos consumidos en un nuevo producto (Alltech, 2013).

La biodegradación es la descomposición de una sustancia químico orgánico por los microorganismos en presencia y ausencia de oxígeno, a elementos como: agua, dióxido de carbono, sales minerales, metano y biomasa. (NF EN 13432, 2000 p. 6). La biodegradación es una progresión de eventos durante el cual, los materiales son disueltos químicamente por bacterias u otras formas biológicas. Más la materia biodegradable consiste en materiales orgánicos generados a partir de plantas, animales o sustancias artificiales que son lo suficientemente similares a la materia vegetal y animal (Qi, 2012 p. 7).

Biodegradable es definida como una facultad de las sustancia inorgánicas y orgánicas de ser tomada y asimilada, bajo las condiciones naturales del medio y en un corto tiempo, por el sistema biológico, para su conservación y desarrollo, una vez descompuestas por los microorganismos (MINAM, 2012 p. 50).

El plástico, es definido por la norma peruana que regula los plásticos y recipientes descartable de un solo uso, dentro de sus anexos como, objetos materiales de estructura polimérica con la cualidad se ser moldeable con sencillez (D.S. N° 006-2019-MINAM, 2019 p. 9).

El plástico de un solo es definido como un “bien de base polimérica, diseñado para un solo uso y con corto tiempo de vida útil, o cuya composición y/o características no permita y/o dificulta su biodegradabilidad y/o valorización. También se le conoce como descartable” (Ley N° 30884, 2018 p. 9).

Los microplásticos son aquellas partículas inferiores a 5 mm de diámetro, derivados de la degradación de materiales de base polimérica, de mayor dimensión. Estas a su vez logran permanecer en altas concentraciones en el ambiente y especialmente en los ecosistemas marinos y acuáticos (Ley N° 30884, 2018 p. 9). “Con el tiempo, los artículos de plástico se fragmentan en pedazos más pequeños, algunos de los cuales no se pueden ver a simple vista, [...]. Estos microplásticos también pueden atraer contaminantes químicos tóxicos a su superficie, [...]” (Belchior, 2015).

Los polímeros son considerados como moléculas orgánicas construidas por repetición de unidades simples o monómeros, unidos a través del enlace covalente, en forma de cadena y constituida por átomos de carbono, nitrógeno, hidrogeno y otros (Hermida, 2011 p. 14). “Un polímero es un compuesto molecular que está formado por muchas unidades repetitivas, y está a la vez se distingue por poseer una masa molar grande, que comprende desde miles a millones de gramos [...]” (Chang et al., 2013 p. 1062).

Existen diferentes tipos de polímeros, uno de ellos son los polímeros naturales, que vienen a ser las proteínas, los ácidos nucleicos, los lípidos (ceras, componentes de membrana celular, aceites naturales, resinas y cauchos), la celulosa y el almidón (polisacáridos) (Chang et al., 2013).

Por otra parte, están los polímeros orgánicos sintéticos, definidos como compuestos orgánicos, y son obtenidos industrialmente al reaccionar al monómero correspondiente uno cada vez, mediante reacciones de adición y condensación (Wade, 2011 p. 1222).

El poliestireno a diferencia de bolsas, es obtenido a partir de la polimerización del monómero estireno y es considerado como un termoplástico (Comisión de pueblos andinos, amazónicos y afroperuanos, 2017 p. 14). “El poliestireno se descubrió en 1839, poco después que se sintetizó y purificó el estireno. El descubrimiento del poliestireno fue inevitable, dado que el estireno se polimeriza de manera espontánea a menos que se adicione un estabilizador” (Wade, 2011 p. 1222).

Para el estudio se utilizó dos tipos de poliestireno, que se definen a continuación:

(ANAPE, s.f) Define el poliestireno expandido o EPS como: “Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire”.

El poliestireno extruido, es definido como, una espuma tiesa, termoplástica y de una contextura celular cerrada. Por su naturaleza y característica técnica es capaz de mojarse sin perder sus propiedades físicas y químicas. El poliestireno extruido tiene una resistencia mecánica alta, debido a la estructura celular regida (AIPEX, s.f).

Los impactos de los residuos plásticos en el medio ambiente son números, en cada rincón de nuestras ciudades es notable la presencia de dichos objetos de base polimérica.

Una vez [...] en el medio marino, los desechos de plásticos pueden durar centenares de años. [...] Los residuos de plásticos causan daños a las especies marinas, que pueden enredarse con ellos o ingerirlos. (Comisión Europea, 2013 p. 6). Del mismo modo (Rojo et al., 2017) escribe que:

El cambio climático y la contaminación por basuras marinas son problemas globales que degradan los sistemas biológicos impidiendo funciones fisiológicas, el crecimiento y la supervivencia. Debido al aumento de la basura marina y a la aceleración del cambio climático, grandes cantidades de basuras marinas están llegando a las costas, ayudadas por los cambios en el nivel del mar, en el régimen de lluvia y en la velocidad del viento. Los cambios en las corrientes y en los afloramientos están haciendo que estas basuras lleguen a lugares que anteriormente no habían sufrido este impacto. Además, el incremento de la radiación solar favorece la degradación más rápida de microplásticos.

“[...] La basura marina es una pérdida económica para las comunidades costeras y los sectores económicos dependientes del mar. Una playa llena de basura es comprensiblemente no muy atractiva para los visitantes.” (Belchior, 2015 p. 1)

En los últimos 50 años, la basura plástica se ha convertido en una presencia cada vez más visible en los ecosistemas marinos. Si bien los riesgos que representan los desechos plásticos más grandes para la vida marina están bien documentados, estamos apenas empezando a entender cómo los desechos plásticos microscópicos, pueden estar afectando a los organismos acuáticos. Los microplásticos describen gránulos de plástico, perlas, fragmentos y fibras de menos de 1 mm de diámetro, fabricados para ser de tamaño microscópico o derivados de la fragmentación de residuos plásticos más grandes después de una degradación prolongada. Se ha identificado la basura microprocesada en ambientes acuáticos de todo el mundo lo que provoca niveles crecientes de regulación. La abundancia de escombros microplásticos es temporalmente y espacialmente variable, y está sujeta a la influencia de la marea, el viento y la acción de la ola, los efectos del upwelling y de los océanos [...]. El principal riesgo asociado con los microplásticos es su biodisponibilidad para los organismos marinos; una gama de biota marina, incluyendo peces, aves marinas, poliquetos bentónicos, y zooplancton, tienen la capacidad de ingerir microplásticos. El consumo de microplásticos puede resultar en impactos adversos para la salud incluyendo la reducción de la alimentación, la pérdida de reservas energéticas, el estrés hepático, la reducción de la fecundidad y la supervivencia, y potencialmente la transferencia de aditivos tóxicos. (...). (Cole et al., 2015 p. 1130)

El poliestireno naturalmente es considerado muy resistente y duradero a la biodegradación en el medio natural, por los microorganismos. Las larvas de *Tenebrio molitor* alimentados solamente con poliestireno, pueden biodegradar de manera eficiente en el intestino larvario en un tiempo de retención de menos de 24 horas (Yang et al., 2015). Los responsables de la biodegradación y mineralización del poliestireno en el intestino larvario de *T. molitor*, son las bacterias *Exiguobacterium sp* (Wu et al., 2015). Así mismo en el estudio de biodegradación de poliestireno expandido por las larvas de *T. molitor* y *Tenebrio*

*obscurus*, se demuestra que estas larvas son capaces de alimentarse como dieta única y biodegradar el poliestireno expandido en su intestino, en condiciones controladas (Boyu et al., 2019).

El escarabajo de harina, *Tenebrio molitor*, es un insecto que mide entre 15-20 mm, y es de color marrón rojizo casi negro, brillante, con protórax punteado finamente, y élitros con estrías verticales, mientras sus larvas son conocidos como, gusano de harina, y estas son amarillo anaranjadas, con 6 patas, su exoesqueleto es duro, de unos 3 cm, con la cabeza oscura; y pequeña (Blasco, 2016).

Las larvas de *Tenebrio molitor* son criadas, mayormente con fines de alimento para animales y mascotas insectívoras, por su elevado aporte nutricional. Por otra parte, son comestibles por los humanos (Galan, 2015).

Tanto las larvas como el escarabajo prefieren ambientes oscuros, cálidos, húmedos, como debajo de troncos, piedras, hojarasca y lugares con cereales almacenados. Por lo general el gusano es de distribución cosmopolita, es una especie que puede adaptarse en cualquier ambiente. Los gusanos de la harina son omnívoros y pueden comer todo tipo de material vegetal, así como de animales muertos y todo tipo de cereales (Blasco, 2016).

El periodo de vida de *Tenebrio molitor* es de longitud inestable o variable, presentando 4 etapas distintas, que son huevo, larva, pupa y adulto. Su periodo de vida toma en concluir entre 4 y 5 meses, lo cual varía de conforme a algunos factores, como: temperatura, humedad, disponibilidad de nutrientes y agua (Galan, 2015).

En el intestino medio de larvas, habitan un gran número de microorganismo, con varios morfotipos, quienes son los encargados de despolimerizar el poliestireno a derivados más polares. El microorganismo que tiene mayor influencia en la biodegradación de poliestireno fue identificado taxonómicamente como *Exiguobacterium sp. Cepa YT2*, una bacteria Gram-positiva no formadora de esporas (Yang et al., 2015).

Así mismo (Shan et al., 2020), describe la existencia de un microorganismo predominante en la despolimerización de poliestireno, lo cual fue identificado como *cluyvera*, quien vive en el intestino medio de larva del *Tenebrio molitor*. El poliestireno dentro del lumen intestinal de *T. molitor*, es sometido a la acción de microorganismos presentes, en el transcurso hasta mineralizarse en biomasa y CO<sub>2</sub>, para ello el poliestireno es masticado e ingerido cuando es alimentado como dieta única (Punto 1); estos fragmentos de poliestireno ingerido son mezclados con los microorganismos presentes en la flora intestinal, quienes excretan enzimas extracelulares, para catalizar la despolimerización del poliestireno en moléculas más pequeñas (Punto 2 y 3); los productos despolimerizados se mineralizan principalmente en dióxido de carbono, por microbios funcionales (Punto 4 y 5); así mismo el carbono limitado es asimilado en biomasa larvario (Punto 6), y por último se elimina los fragmentos residuales del poliestireno y otros, como fecula o biomasa producida (Punto 7). (Figura 1) (Yang et al., 2015).

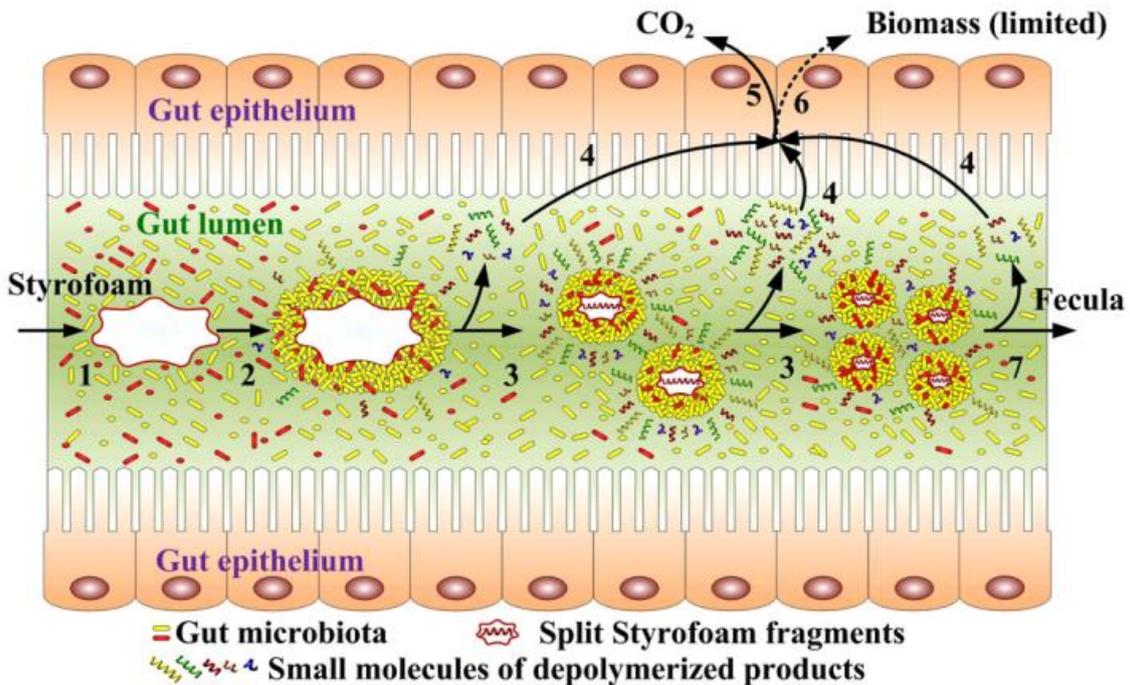


Figura 1. Biodegradación de poliestireno en el lumen intestinal de *T. molitor*.

Fuente: Yang et al., (2015)

### III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

La presente investigación es aplicada, con objetivo a determinar si las larvas de *Tenebrio molitor* Linnaeus son eficientes en biodegradar poliestireno, mediante la alimentación como dieta única, además se basa en investigaciones previas, conocimientos ya existentes. (Landeau, 2007) Determina que la investigación aplicada, "Tiene como finalidad la resolución de problemas prácticos. El propósito de realizar aportaciones al conocimiento teórico es secundario " (p. 55).

El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque se medirán y analizarán con precisión las variables del problema de investigación. Además, se basa en investigaciones previas (Hernández et al., 2014).

La investigación experimental, son diseños, donde se manipula intencionalmente el variable independiente, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre el variable dependiente (Hernández et al., 2014), es así que la investigación es de tipo experimental, donde se sometió a la única dieta, de poliestireno, las larvas del *T. molitor*, para medir el variable dependiente y ver su efecto que produce las larvas de *T. molitor*.

Asimismo, la investigación experimental corresponde a la categoría de diseños cuasiexperimentales, son diseños donde no se asignan al azar los sujetos que serán parte del grupo experimental y control, de hecho, los grupos de investigación ya existen y están formados (Carrasco, 2005).

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable dependiente:**

Biodegradación del Poliestireno

**Variable Independiente:**

Eficiencia de las larvas del *Tenebrio molitor* Linnaeus

**Operacionalización:**

La operacionalización de variables se presenta en el Anexo N° 2.

### **3.3. Población y muestra**

#### **Población:**

La población corresponde al conjunto de elementos que guardan relación en ciertas características y estas además deben ser delimitadas (Hernández et al., 2014 p. 174).

Esta investigación toma como población poliestireno expandido y poliestireno extruido, en forma de planchas y platos descartables de 1.8 y 0.5 cm de espesor, respectivamente, que fueron fabricados en Perú, ambos con propiedades y características similares. Así mismo la población de larvas del *Tenebrio molitor*, fueron adquiridas en una cantidad de 1000 unidades.

#### **Muestra:**

La muestra es la parte representativa de un conjunto de población, de los cuales se obtendrá información. (Hernández et al., 2014 p. 173)

Para la presente investigación las muestras fueron obtenidas a través de muestreo no probabilístico, es así la muestra para poliestireno extruido fue 27.872 g, para el poliestireno expandido fue y 26.984 g, y 800 unidades de larvas jóvenes del *T. molitor*, en medidas de 1 - 1.5 cm.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnica de recolección de datos:**

Los resultados fueron medidos y recolectados a través de la observación, registro e instrumentos electrónicos de laboratorio. La Humedad Relativa (%), la Temperatura (°C) y la concentración de CO<sub>2</sub> (ppm) fueron registrados de una manera constante, mediante el software RS232 Handheld. La medición de las masas del poliestireno, de *Tenebrio molitor linnaeus* y de la biomasa generada por las larvas, fue a través de una balanza analítica, mientras los datos para determinar la tasa de supervivencia de *T. molitor* en su etapa de larva, ha sido registrado a través de la observación directa.

### **Instrumentos de recolección de datos:**

Los instrumentos que se utilizaron para el registro de datos durante el proceso de biodegradación de poliestireno fueron:

Ficha N° 1: “Control de masa del poliestireno”, esta ficha fue usado para el registro de datos antes y después del tratamiento de poliestireno. Para lo cual se usó el equipo balanza analítica.

Ficha N° 2: “Control de masa de larvas”, usado para el registro de masa de *Tenebrio molitor*, antes de tratamiento y después de cada 10 días hasta el día 30. Donde también se utilizó el equipo mencionado para la ficha N° 1.

Ficha N° 3: “Tasa de supervivencia”, empleado para el registro de larvas vivas y muertas, en el transcurso del estudio. El registro fue a través de observación y conteo.

Ficha N° 4: “producción de fecula de la larva”, que fue utilizado, para el registro de la biomasa producida en el tratamiento. El equipo utilizado corresponde al mismo mencionada para la ficha N° 1.

Ficha N° 5: “condiciones ambientales del local”, lo cual ha sido usado para tomar registro de temperatura, humedad relativa del local, a través del equipo portable AZ 7755.

Ficha N° 6: “Dióxido de carbono”, empleado para registrar la concentración de dióxido de carbono, por un periodo de 10 días de tratamiento del P. expandido y P. extruido, por el equipo portable AZ 7755.

### **Confiabilidad y validación de instrumentos:**

La confiabilidad y validación de los instrumentos fue consultado a tres expertos del campo de la investigación, quienes evaluaron cada uno de las fichas propuestas y dieron su validación correspondiente.

A continuación, se detallan los datos de los especialistas participantes en la validación de los instrumentos.

**Tabla 1.** Validación de instrumentos de registro de datos.

Nº	Apellidos y Nombres	Número CIP	Promedio %	Promedio total (%)
1	Dr. Acosta Suasnabar, E. Horacio	25450	80	86
2	Ing. Valdivia Orihuela, Braulio A.	160959	90	
3	Dr. Sandoval Ricci, Aldo Juan	128658	90	

### 3.5. Procedimientos

El procedimiento para evaluar la biodegradación del poliestireno y la determinación de la eficiencia de larva *T. molitor*, ver el diagrama de flujo, en el (Anexo 9). Además se menciona a continuación los diferentes procesos que indican en el diagrama:

Adquisición de poliestireno y *T. molitor*: el poliestireno extruido y expandido se adquirió en una distribuidora en forma de platos descartables y planchas respectivamente. Las larvas del *T. molitor*, fueron compradas a través de mercado libre en cantidades de 1000 unidades.

Disposición por grupo y medición de muestras: las muestras de poliestireno fueron cortados en trozos de 10 x 5 cm, y luego se calcularon las masas en promedios iguales para los 4 réplicas o grupos respectivos, teniendo en total 8 muestras. En el caso de larvas de *T. molitor*, se seleccionaron aquellas larvas jóvenes con medidas de 1 y 1.5 cm de longitud en promedio, para evitar, de esta forma el cambio a la siguiente fase de pupa, en el periodo de investigación. Por último, se agruparon en números de 100 larvas, para 8 grupos, y al mismo tiempo se midió la masa, de 20 larvas por grupo, quienes fueron tomadas al azar para evaluar su masa promedio inicial.

Tratamiento de poliestireno expandido y extruido con larvas del *Tenebrio molitor*: El día 1, las muestras de poliestireno expandido y extruido fueron sometidos al proceso de biodegradación con larvas de *T. molitor*, en un recipiente plástico de 0.004 m<sup>3</sup>. Al mismo periodo se empezó con el control y registro de la temperatura

ambiental y humedad relativa en un intervalo de 6 horas, hasta el día 30. Las mediciones fueron tomadas en el ambiente interior del ámbito de estudio, para la evaluación de las condiciones en las que se dio el proceso de biodegradación del poliestireno.

Se evaluó la producción de dióxido de carbono, con respecto a la concentración inicial tomada el día 1, por un periodo de 10 días, en intervalos de 24 horas. Para ellos se usó, el equipo AZ 7755, que cuenta con un sensor Infrarrojo no Dispersivo (NDIR), considerado en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire - MINAM, por su tecnología y exactitud como métodos automáticos y de referencia.

Se midió el consumo de poliestireno, así como también la masa promedio de larvas de *T. molitor*, en intervalos de 10 días hasta el día 30. La cantidad de poliestireno consumida se determinó mediante la variación de masa inicial y la masa final, y con respecto a ello se determinó la eficiencia para la biodegradación.

Se evaluó la tasa de supervivencia de la larva del *T. molitor*, desde el día 1, hasta el día 30, en el que, se registró la cantidad de larvas vivas y muertas diariamente. Las larvas muertas fueron retiradas para evitar el consumo de las mismas, por aquellas larvas vivas y para evitar efectos en la producción de fecula.

Por último, se evaluó la producción de biomasa o fecula generada, que fue obtenida y almacenada en un recipiente plástico cada 10 días, al finalizar el periodo de biodegradación se evaluó la masa total producida, en cada grupo de tratamiento del poliestireno.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los resultados obtenidos fueron analizados a través de la técnica estadística descriptiva, mediante el uso de software Microsoft Excel y SPSS. El procesamiento y análisis de datos tanto en las gráficas y tablas nos permitió determinar la eficiencia de *T. molitor* para biodegradar poliestireno, y además responder a las hipótesis planteadas.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación ha sido realizada con honestidad y responsabilidad, con respeto a los derechos del autor, a las condiciones y procedimientos establecidos por la universidad. La información utilizada para la base de la investigación, corresponde a fuentes nacionales e internacionales con total confiabilidad, así mismo se desarrolló en base a las guías establecidas por la Universidad Cesar Vallejo (UCV).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Condiciones ambientales en el ámbito del estudio.

En el ámbito del estudio se caracterizó los factores físicos, específicamente la temperatura y la humedad relativa, en el espacio interior del establecimiento, durante un periodo de 30 días, en las que se llevó a cabo el proceso de biodegradación del poliestireno por *T. molitor*.

**Tabla 2.** Registro de temperatura ambiental.

Tiempo (Días)	Horas	T. (°C)	Tiempo (Días)	Horas	T. (°C)	Tiempo (Días)	Horas	T. (°C)
Día 1	06:00	21.0	Día 11	06:00	20.7	Día 21	06:00	19.5
	12:00	25.0		12:00	23.2		12:00	21.5
	18:00	25.3		18:00	23.8		18:00	22.4
Día 2	00:00	21.9	Día 12	00:00	22.5	Día 22	00:00	20.7
	06:00	20.5		06:00	20.7		06:00	19.6
	12:00	22.0		12:00	23.8		12:00	22.3
Día 3	18:00	23.0	Día 13	18:00	24.5	Día 23	18:00	22.2
	00:00	21.7		00:00	21.0		00:00	20.3
	06:00	20.0		06:00	20.8		06:00	19.6
Día 4	12:00	23.6	Día 14	12:00	21.0	Día 24	12:00	20.1
	18:00	24.0		18:00	21.1		18:00	21.0
	00:00	20.8		00:00	20.0		00:00	19.5
Día 5	06:00	20.5	Día 15	06:00	19.8	Día 25	06:00	18.4
	12:00	22.7		12:00	21.8		12:00	19.7
	18:00	23.3		18:00	23.6		18:00	20.6
Día 6	00:00	21.3	Día 16	00:00	20.9	Día 26	00:00	19.3
	06:00	21.0		06:00	19.8		06:00	18.5
	12:00	21.9		12:00	22.5		12:00	19.0
	18:00	24.2		18:00	23.3		18:00	20.6
	00:00	20.5		00:00	22.3		00:00	20.0
	06:00	20.3		06:00	19.0		06:00	18.1
	12:00	23.7		12:00	22.6		12:00	20.3
	18:00	24.8		18:00	22.8		18:00	21.8

	00:00	21.3		00:00	20.5		00:00	20.2
	06:00	20.9		06:00	19.2		06:00	19.4
Día 7	12:00	22.0	Día 17	12:00	22.5	Día 27	12:00	19.6
	18:00	24.6		18:00	22.3		18:00	20.0
	00:00	22.1		00:00	20.8		00:00	19.1
	06:00	21.5		06:00	19.6		06:00	18.5
Día 8	12:00	22.5	Día 18	12:00	21.5	Día 28	12:00	20.5
	18:00	24.7		18:00	21.5		18:00	21.6
	00:00	22.5		00:00	22.0		00:00	20.0
	06:00	21.5		06:00	18.9		06:00	19.6
Día 9	12:00	23.0	Día 19	12:00	20.6	Día 29	12:00	20.0
	18:00	24.9		18:00	22.6		18:00	19.7
	00:00	22.2		00:00	21.0		00:00	19.6
	06:00	22.0		06:00	19.7		06:00	18.8
Día 10	12:00	22.3	Día 20	12:00	22.1	Día 30	12:00	20.5
	18:00	23.5		18:00	22.7		18:00	19.8
	00:00	21.8		00:00	20.7		00:00	19.0

\*T: Temperatura

\*Hora: (24 h)

En la tabla 2 se muestran datos de la temperatura ambiental, desde el día 1 hasta el día 30. La temperatura más alta registrada corresponde a los siguientes días: día 1, hora 18, se registró temperatura de 25.3 °C; día 6, hora 18, se registró temperatura de 24.8 °C; día 8, hora 18, se registró temperatura de 24.7 ° y día 9, hora 18, se registró temperatura de 24.8 °C. Las temperaturas más bajas registradas corresponden a los siguientes días: día 18, hora 6, se registró temperatura de 18.6 °C; día 24, hora 6, se registró temperatura de 18.4 °C; día 25, hora 6, se registró temperatura de 18.5 °C; día 26, hora 6 se registró temperatura de 18.1 °C; y para el día 28, hora 6, se registró temperatura de 18.5 °C.

Las temperaturas más altas registradas corresponden a los periodos del día 1 hasta el día 9, alcanzando un valor máximo de 25.3 °C, y mientras las temperaturas más bajas fueron registradas en los periodos del día 10 hasta el

día 30, alcanzando un valor de 18.1 °C; y en general la temperatura media fue 21.3 °C. La figura de fluctuación de la temperatura se presenta en el Anexo 10.

**Tabla 3.** Registro de humedad relativa.

Tiempo (Días)	Horas	HR. (%)	Tiempo (Días)	Horas	HR. (%)	Tiempo (Días)	Horas	HR. (%)
Día 1	06:00	74.7	Día 11	06:00	72.9	Día 21	06:00	76.9
	12:00	59.6		12:00	66.2		12:00	70.4
	18:00	59.8		18:00	63.8		18:00	65.5
Día 2	00:00	67.9	Día 12	00:00	68.5	Día 22	00:00	70.7
	06:00	76.1		06:00	75.7		06:00	75.9
	12:00	70.4		12:00	74.4		12:00	66.4
Día 3	18:00	63.7	Día 13	18:00	61.8	Día 23	18:00	65.0
	00:00	68.0		00:00	72.3		00:00	71.1
	06:00	74.3		06:00	73.5		06:00	78.4
Día 4	12:00	62.5	Día 14	12:00	72.0	Día 24	12:00	76.0
	18:00	61.0		18:00	68.0		18:00	68.7
	00:00	71.2		00:00	74.4		00:00	74.4
Día 5	06:00	75.0	Día 15	06:00	75.7	Día 25	06:00	79.9
	12:00	66.5		12:00	70.6		12:00	77.9
	18:00	64.0		18:00	63.5		18:00	70.8
Día 6	00:00	70.8	Día 16	00:00	71.5	Día 26	00:00	77.8
	06:00	73.5		06:00	77.8		06:00	82.3
	12:00	71.0		12:00	69.5		12:00	81.5
Día 7	18:00	62.0	Día 17	18:00	62.9	Día 27	18:00	72.2
	00:00	69.8		00:00	66.6		00:00	80.5
	06:00	76.7		06:00	75.5		06:00	84.3
Día 8	12:00	67.2	Día 18	12:00	75.5	Día 28	12:00	77.7
	18:00	59.5		18:00	63.4		18:00	68.9
	00:00	71.5		00:00	70.5		00:00	76.0
Día 9	06:00	76.5	Día 19	06:00	75.6	Día 29	06:00	78.2
	12:00	70.8		12:00	62.9		12:00	76.8
	18:00	60.1		18:00	63.0		18:00	74.7
Día 10	00:00	68.6	Día 20	00:00	69.2	Día 30	00:00	77.6

	06:00	72.7		06:00	73.8		06:00	84.0
Día 8	12:00	71.0	Día 18	12:00	69.7	Día 28	12:00	77.4
	18:00	58.4		18:00	68.7		18:00	71.2
	00:00	65.5		00:00	74.0		00:00	72.6
Día 9	06:00	70.2	Día 19	06:00	76.7	Día 29	06:00	77.8
	12:00	68.3		12:00	74.7		12:00	76.2
	18:00	58.3		18:00	64.7		18:00	75.3
	00:00	69.3		00:00	74.5		00:00	78.7
Día 10	06:00	73.6	Día 20	06:00	76.0	Día 30	06:00	80.9
	12:00	70.0		12:00	69.1		12:00	78.5
	18:00	64.8		18:00	64.7		18:00	75.4
	00:00	68.5		00:00	72.0		00:00	77.8

\* HR: Humedad relativa

\* Horas: (24 h)

En la tabla 3 se muestran datos de la humedad relativa, desde el día 1 hasta el día 30. La humedad relativa más baja registrada corresponde a los siguientes días: día 1, hora 12, se registró humedad relativa de 59.6 %; día 8, hora 18, se registró humedad relativa de 58.4 %; y el día 9, hora 18, se registró humedad relativa de 58.3 %. La humedad relativa más alta registrada corresponde a los siguientes días: día 25, hora 12, se registró humedad relativa de 81.5 %; día 26, hora 6, se registró humedad relativa de 84.3 %; día 28, hora 6, se registró humedad relativa de 84.0 %; y el día 30, hora 6, se registró humedad relativa de 80.9 %.

La humedad relativa más baja registrada corresponde a los periodos del día 1 hasta el día 9, alcanzando un valor mínimo de 58.3 % y mientras la humedad relativa más alta fueron registradas en los periodos del día 10 hasta el día 30, alcanzando un valor máximo de 84.3 %; y en general la humedad relativa media fue de 71.3 %. La figura de fluctuación de la humedad relativa se presenta en el Anexo 11.

#### 4.2. Biodegradación de poliestireno expandido por larvas de *T. molitor*.

Se evaluó el consumo del poliestireno expandido, suministrada como única dieta de larvas del *T. molitor*, cuyos resultados se muestran a continuación.

**Tabla 4.** Variación de masa del poliestireno expandido.

Grupos	Variación de masa del poliestireno expandido			
	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de masas (g)	Variación de masa (%)
A	6.521	6.301	0.220	3.4
B	6.235	6.000	0.235	3.8
C	6.288	6.030	0.258	4.1
D	7.941	7.751	0.190	2.4
Total	26.984	26.082	0.902	3.3
Promedio	6.746	6.521	0.226	3.4
Control	6.949	6.949	0.000	0.0

En la tabla 4 se aprecia la variación de masa del poliestireno expandido a causa del consumo de larvas del *T. molitor* en 30 días de tratamiento, en las que el consumo mayor se presenta en el Grupo C (0.258 g) y el menor consumo en el Grupo D (0.190 g). El promedio de consumo de poliestireno expandido por *T. molitor* fue 0.226 g, equivalente a 3.4 % de la masa inicial del poliestireno.

**Tabla 5.** Consumo de poliestireno expandido.

Grupos	Consumo de poliestireno expandido (g)			
	Día 1-10	Día 10-20	Día 20-30	Consumo total
A	0.108	0.062	0.050	0.220
B	0.126	0.058	0.051	0.235
C	0.116	0.092	0.050	0.258
D	0.050	0.058	0.082	0.190
Total	0.399	0.270	0.233	0.902
Promedio	0.100	0.067	0.058	0.226

En la tabla 5 se evalúa, el consumo de poliestireno expandido por larvas del *T. molitor*, con respecto a la masa inicial. El consumo total registrado por períodos

de tiempo fueron los siguientes: para los primeros 10 días, la cantidad consumida fue 0.399 g; para el día 10 hasta el día 20, el consumo fue 0.270 g; y para el día 20 hasta el día 30, el consumo fue 0.233 g. En total la cantidad consumida fue 0.902 g, con un promedio de 0.226 g.

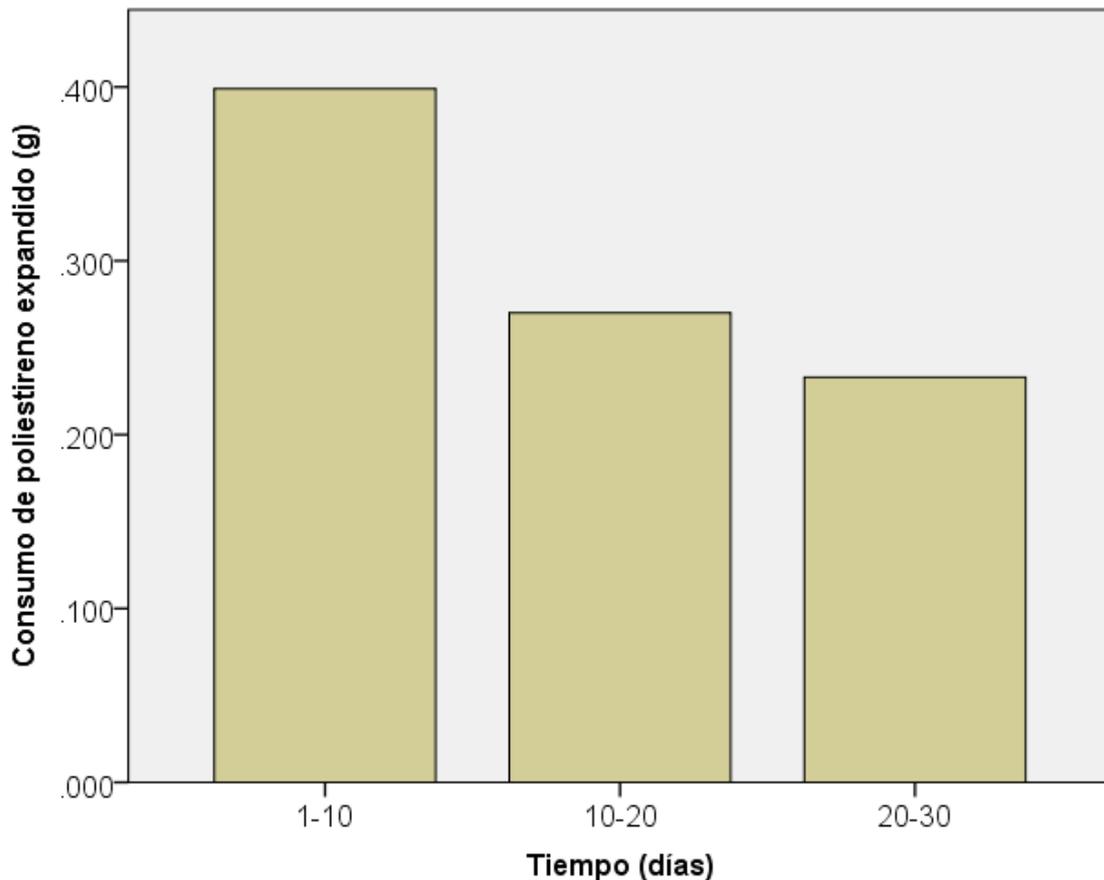


Figura 2. Consumo de poliestireno expandido en periodos de 10 días.

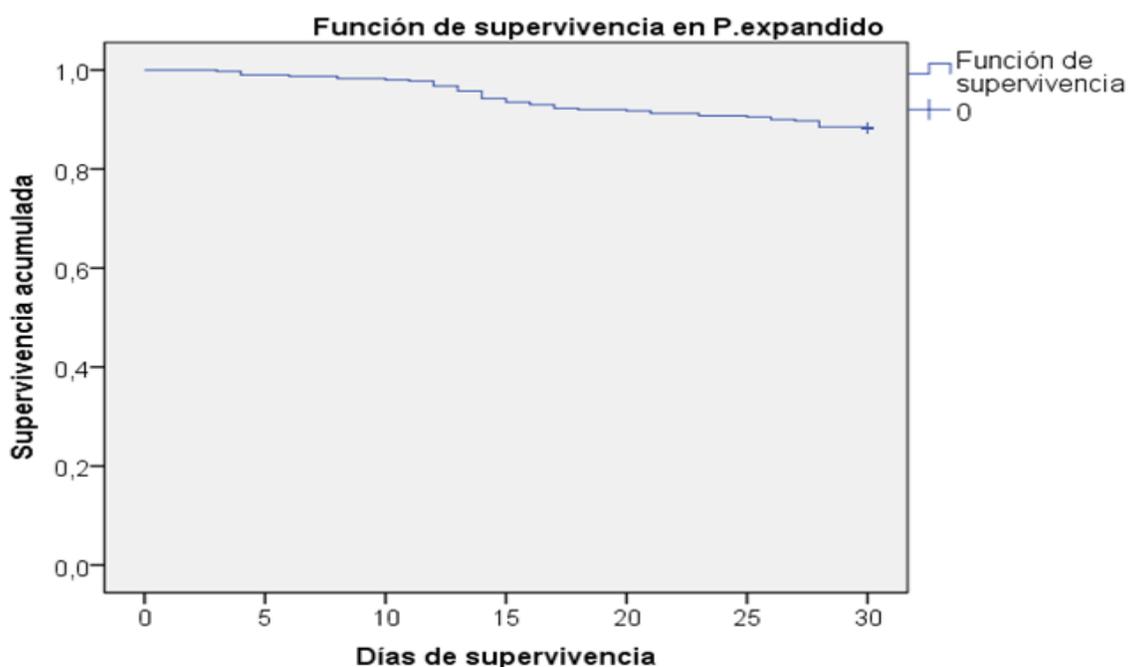
En la figura 2, se observa que el consumo es mayor en los primeros 10 días, mientras para los periodos de los días 10 al 20, y 20 al 30, el consumo tiende a disminuir, conforme al paso del tiempo.

A medida que la larva de *T. molitor* fue alimentándose de P. expandido, se fue evaluando la tasa de supervivencia, la masa promedio de las mismas y como último la fecula producida, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 6.** Tasa de supervivencia de larvas del *T. molitor*, en P. expandido.

Grupos	Número de larvas			Tasa de supervivencia (%)
	Día 1	Día 30	Muertos	
A	100	93	7	93.0
B	100	87	13	87.0
C	100	85	15	85.0
D	100	88	12	88.0
Total	400	353	47	88.3
Promedio	100	88	12	88.3

En la tabla 6, se indica la tasa de supervivencia de 100 larvas del *T. molitor*, por grupo, para 30 días de biodegradación del P. expandido. El Grupo A, culminó con la tasa de supervivencia al 93.0%, mientras los Grupos B, C y D, culminaron con una tasa de supervivencia de 87.0, 85.0, y 88.0 % respectivamente. En total con respecto a 400 larvas, murieron 47 y vivieron un número de 353, con una tasa de supervivencia promedio de 88.3 %.



**Figura 3.** Tasa de supervivencia de larvas del *T. molitor*, en P. expandido

En la figura 3 se demuestra que la tasa de supervivencia, para el día 30, aún está sobre el 80%, y tiene la tendencia de seguir bajando con respecto al tiempo.

Así mismo, se midió la masa a grupos de larva de *T. molitor*, al inicio del experimento y cada 10 días hasta el día 30. La información obtenida se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 7.** Evaluación de masa de larvas del *Tenebrio molitor*.

<b>Variación de masa de larvas del <i>Tenebrio molitor</i></b>								
Nº	Grupos	Nº de larvas	día 1	día 10	día 20	día 30	Variación de	
							Promedio	masa (%)
1	A	20	0.779	0.775	0.721	0.671	0.737	-13.9
2	B	20	0.689	0.734	0.632	0.850	0.726	23.4
3	C	20	0.711	0.720	0.821	0.870	0.781	22.4
4	D	20	0.721	0.812	0.890	0.758	0.795	5.1
	Total	80	2.900	3.041	3.064	3.149	3.039	37.0
	Promedio	20	0.725	0.760	0.766	0.787	0.760	9.2

En la tabla 7 se muestra los resultados, de la evaluación de masa, de 20 larvas por grupo, y en total de 80 larvas, durante el tratamiento de poliestireno expandido, para los cuales se obtuve los siguientes resultados: día 1, la masa promedio fue 0.725 g; día 10, la masa promedio fue 0.760 g; día 20, la masa promedio fue 0.766 g; y día 30, la masa promedio fue 0.787 g. Estos resultados indican que la masa de las larvas tiende a subir por el consumo de poliestireno expandido en un promedio de 9.2%.

**Tabla 8.** Fecula producida.

Grupos	Tiempo	Masa de fecula (g)
A	30 días	0.304
B		0.323
C		0.397
D		0.361
Total		1.385
Promedio		0.346

En la tabla 8 se presenta, la cantidad en masa de fecula obtenido por grupo en el proceso de biodegradación del P. expandido, en un periodo de 30 días. La cantidad total obtenida fue 1.385 g, con un promedio de 0.346 g por grupo.

#### 4.3. Biodegradación de poliestireno extruido por larvas de *T. molitor*.

Se evaluó el consumo del poliestireno extruido suministrado como única dieta de larvas del *T. molitor*, cuyos resultados se muestran a continuación.

**Tabla 9.** Variación de masa del poliestireno extruido.

Grupos	Variación de masa del poliestireno extruido			
	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de masa (g)	Variación de masa (%)
E	6.503	6.391	0.112	1.7
F	6.466	6.330	0.136	2.1
G	6.811	6.707	0.104	1.5
H	8.092	7.931	0.161	1.9
Total	27.872	27.359	0.513	1.8
Promedio	6.968	6.840	0.128	1.8
Control	6.601	6.601	0.000	0.0

En la tabla 9 se aprecia la variación de masa del poliestireno extruido a causa del consumo de larvas del *T. molitor* en 30 días de tratamiento, en las que el consumo mayor se presenta en el Grupo H (0.161 g) y el menor consumo en el Grupo G (0.104 g). El promedio de consumo de poliestireno extruido por *T. molitor* fue 0.128 g, equivalente a 1.8 % de la masa inicial del poliestireno.

**Tabla 10.** Consumo de poliestireno extruido.

Grupos	Consumo de poliestireno extruido (g)			
	Día 1-10	Día 10-20	Día 20-30	Consumo total
E	0.063	0.030	0.019	0.112
F	0.055	0.041	0.040	0.136
G	0.050	0.030	0.024	0.104
H	0.011	0.069	0.081	0.161
Total	0.179	0.170	0.164	0.513
Promedio	0.045	0.042	0.041	0.128

En la tabla 10 se evalúa el consumo de poliestireno expandido por larvas del *T. molitor*, con respecto a la masa inicial. El consumo total registrado por períodos de tiempo fueron los siguientes: día 10, el consumo de poliestireno fue 0.179 g; día 10 - 20, el consumo de poliestireno fue 0.170 g; y el día 20 - 30, el consumo de poliestireno fue 0.164 g. El consumo total fue de 0.513 g, con un promedio de 0.128 g.

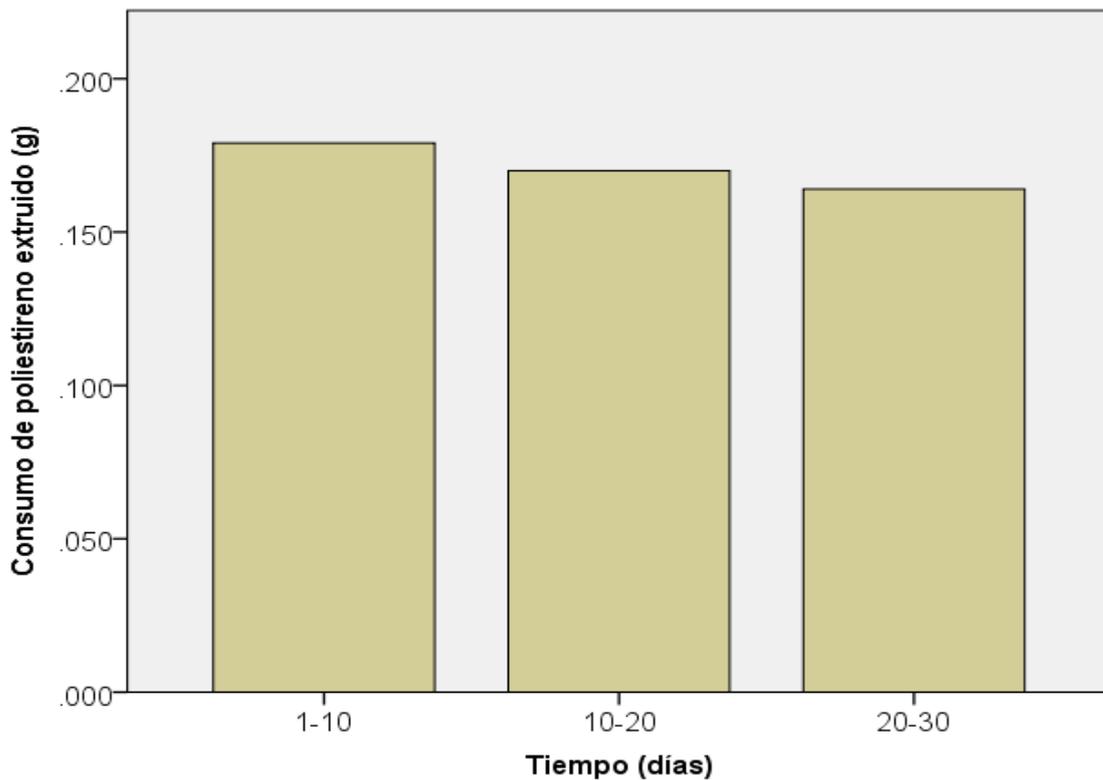


Figura 4. Consumo total de poliestireno extruido en periodos de 10 días.

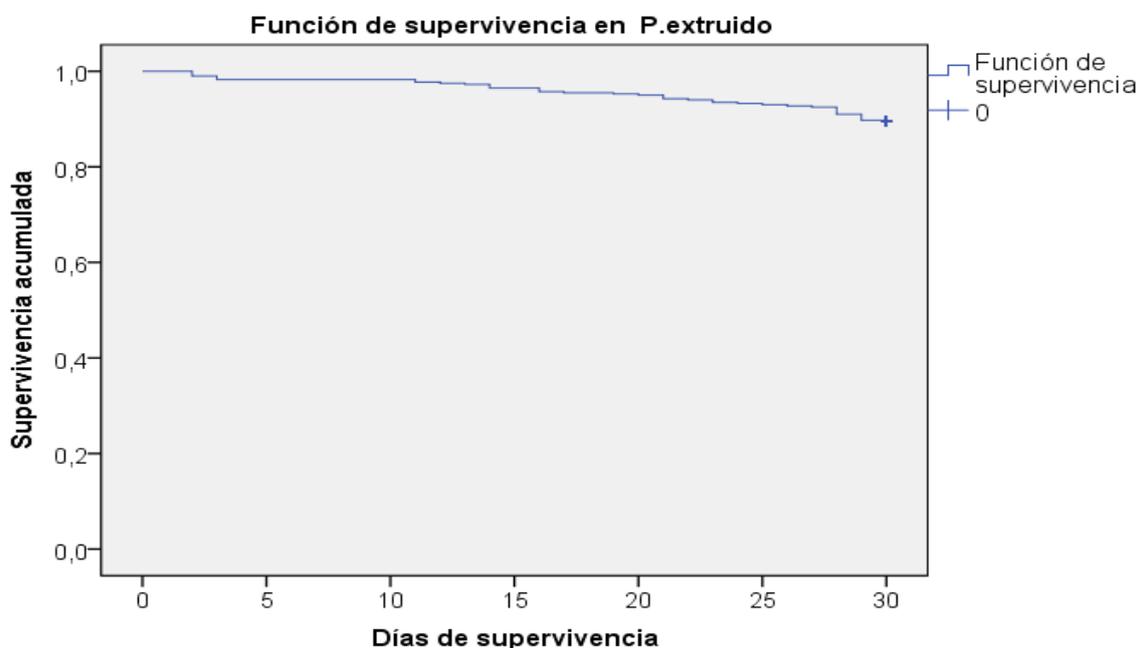
En la figura 3 se observa, que el consumo es mayor en los primeros 10 días, y disminuye en función del tiempo.

A medida que la larva de *T. molitor* fue alimentándose de P. extruido, se fue evaluando la tasa de supervivencia, la masa promedio de las mismas y como último la fecula producida, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 11.** Tasa de supervivencia de larvas del *T. molitor*, en P. extruido.

Grupos	Número de larvas			Tasa de supervivencia (%)
	Día 1	Día 30	Muertos	
E	100	86	14	86.0
F	100	90	10	90.0
G	100	89	11	89.0
H	100	93	7	93.0
Total	400	358	42	89.5
Promedio	100	90	11	89.5

En la tabla 11 se muestran los resultados de la tasa de supervivencia de las larvas en 30 días de biodegradación del poliestireno extruido. El Grupo H y F, finalizaron con una tasa de supervivencia de 93.0 y 90.0 % respectivamente, mientras los Grupos E y G, culminaron con una tasa de supervivencia de 86.0 y 89.0 % respectivamente. Y el promedio total de supervivencia fue de 89.5%.



**Figura 5.** Tasa de supervivencia de larvas del *T. molitor*, en P. extruido.

En la figura 5 la tasa de supervivencia para el día 30, se encuentra por encima de 85 %, y con una tendencia a disminuir con respecto al tiempo.

**Tabla 12.** Evaluación de masa de larvas del *Tenebrio molitor*.

<b>Variación de masa de larvas del <i>Tenebrio molitor</i></b>								
Nº	Grupos	Nº de larvas					Promedio	Variación
			día 1	día 10	día 20	día 30		de masa (%)
1	E	20	0.731	0.749	0.671	0.655	0.702	-10.4
2	F	20	0.742	0.619	0.737	0.772	0.718	4.0
3	G	20	0.711	0.720	0.667	0.691	0.697	-2.8
4	H	20	0.745	0.750	0.831	0.783	0.777	5.1
	Total	80	2.929	2.838	2.906	2.901	2.894	-4.1
	Promedio	20	0.732	0.710	0.727	0.725	0.723	-1.0

En la tabla 12 se muestran los resultados de la evaluación de masa de 20 larvas por grupo, durante el tratamiento de poliestireno extruido, para los cuales se obtuve los siguientes resultados: día 1, la masa promedio fue 0.732 g; día 10, la masa promedio fue 0.710 g; día 20, la masa promedio fue 0.727 g; y para el día 30 la masa promedio fue 0.725 g, estos resultados indica que la masa de las larvas tiende a disminuir por el consumo de poliestireno extruido en 1.0 %.

**Tabla 13.** Fecula producida.

Grupos	Tiempo	Masa de fecula (g)
E	30 días	0.200
F		0.250
G		0.210
H		0.265
Total		0.925
Promedio		0.231

En la tabla 13 se demuestra la cantidad en masa de fecula obtenido por cada grupo, en el proceso de biodegradación del poliestireno extruido, en un tiempo de 30 días. La fecula obtenida en promedio fue 0.231 g, por grupo, mientras la cantidad total obtenida o producida fue 0.925 g.

#### 4.4. Concentración CO<sub>2</sub> en la biodegradación de poliestireno por las larvas del *T. molitor*.

En la tabla 14 y 15 se evalúa los resultados obtenidos, de la concentración de dióxido de carbono, en el proceso de biodegradación de poliestireno expandido y extruido para un periodo de 10 días, en cuatro grupos, respectivamente, así mismo se evalúa la concentración de dióxido de carbono en grupos de control respectivos. El promedio de dióxido de carbono, corresponde a los resultados finales de los valores dentro de los picos máximos y mínimos registrados.

**Tabla 14.** Dióxido de carbono para tratamiento de poliestireno expandido.

Tiempo (días)	Concentración de dióxido de carbono (ppm)					
	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Promedio	Control
1	485.0	469.5	469.5	467.4	472.9	456.4
2	554.3	590.0	551.7	504.5	550.1	490.0
3	685.7	639.0	674.9	535.0	633.7	530.8
4	692.5	655.0	692.9	604.2	661.2	495.2
5	644.3	675.0	678.9	648.9	661.8	492.7
6	656.2	711.2	619.6	660.3	661.8	506.1
7	662.0	705.8	637.4	707.2	678.1	532.0
8	618.5	595.8	654.4	685.6	638.6	459.5
9	804.6	738.0	777.5	670.5	747.7	465.8
10	854.0	808.5	810.2	741.9	803.7	483.8
Promedio	665.7	658.8	656.7	622.6	650.9	491.2

En la tabla 14 se evalúa la evolución de dióxido de carbono, con respecto a la concentración inicial en la biodegradación del poliestireno expandido, el promedio para el día 1, para los 4 grupos de tratamiento fue 472.9 ppm, y termina el día 10 con una concentración promedio de 803.7 ppm. Para el Grupo de control se inicia con un promedio de 456.4 ppm y finaliza el día 10 con una concentración de 483.8 ppm.

Las concentraciones máximas para el día 10 se obtuvieron en el Grupo A, Grupo B, y Grupo C, en valores de 854.0, 808.5, y 803.7 ppm respectivamente, mientras en el Grupo D, se obtuvo un valor mínimo de 741.9 ppm.

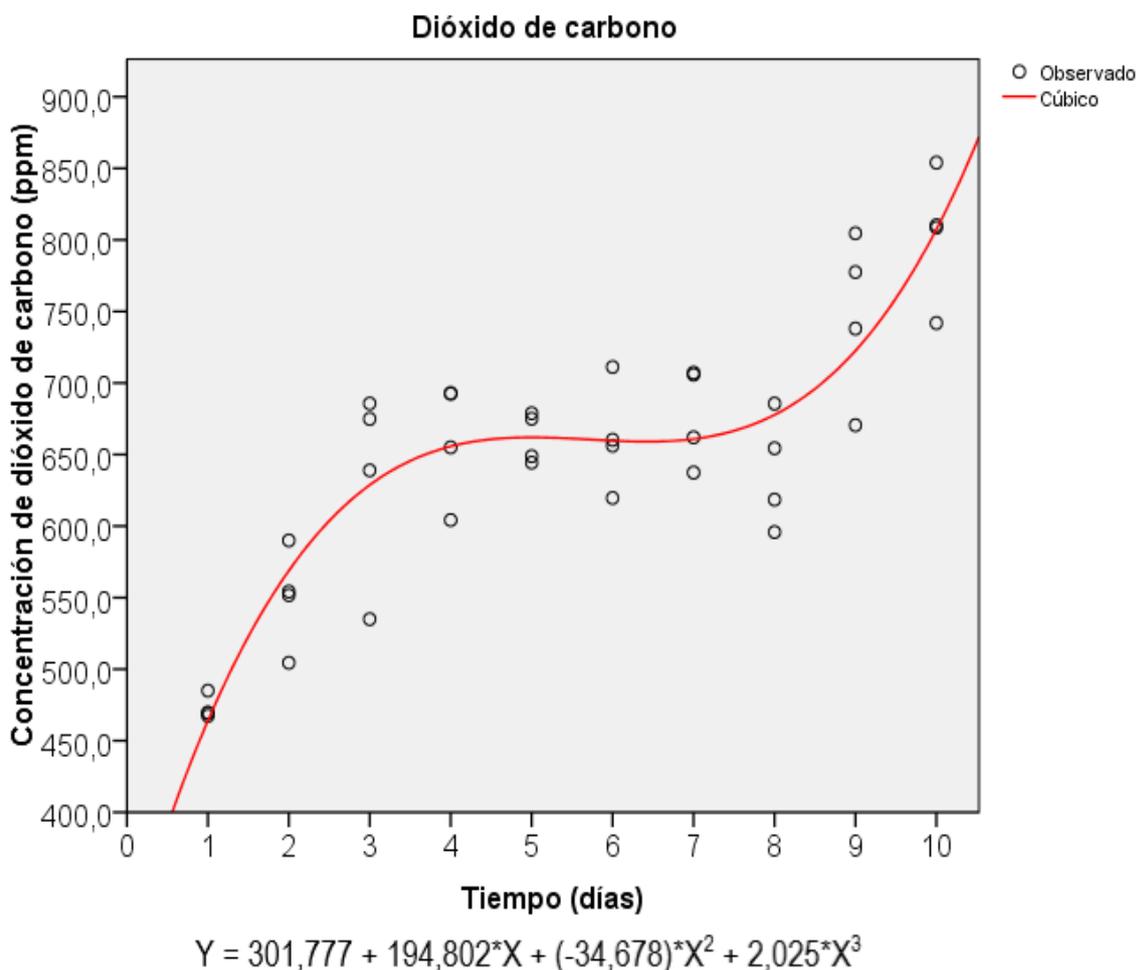


Figura 6. Estimación curvilínea de CO<sub>2</sub> para poliestireno expandido.

En la figura 6 se muestra la evolución de dióxido de carbono, producido en el proceso de biodegradación de poliestireno expandido, por larvas del *T. molitor* para un periodo de 10 días. Los valores medidos tienen una dispersión, que al extrapolar, guardan una relación curvilínea cúbica, con tendencia a seguir subiendo, con respecto al tiempo después de los 10 días.

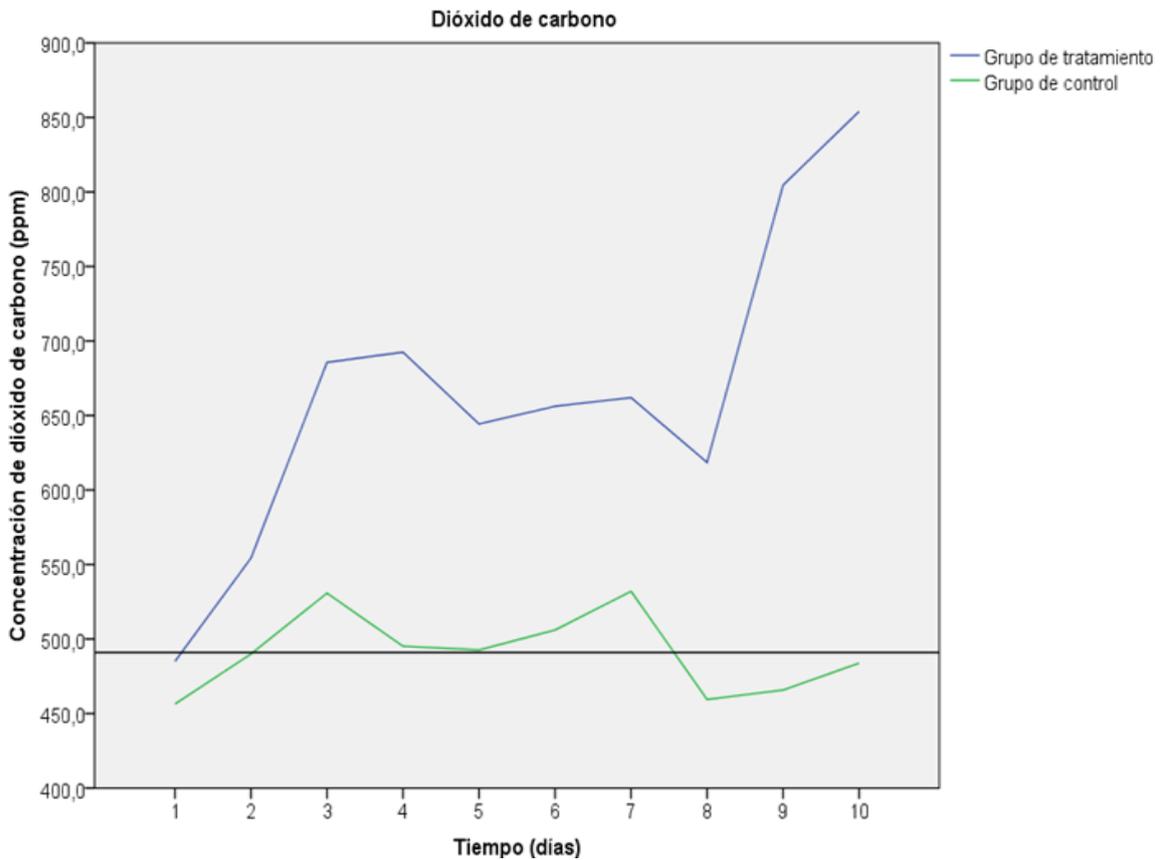


Figura 7. Comparación de la concentración de CO<sub>2</sub> con los grupos de tratamiento y control del poliestireno expandido.

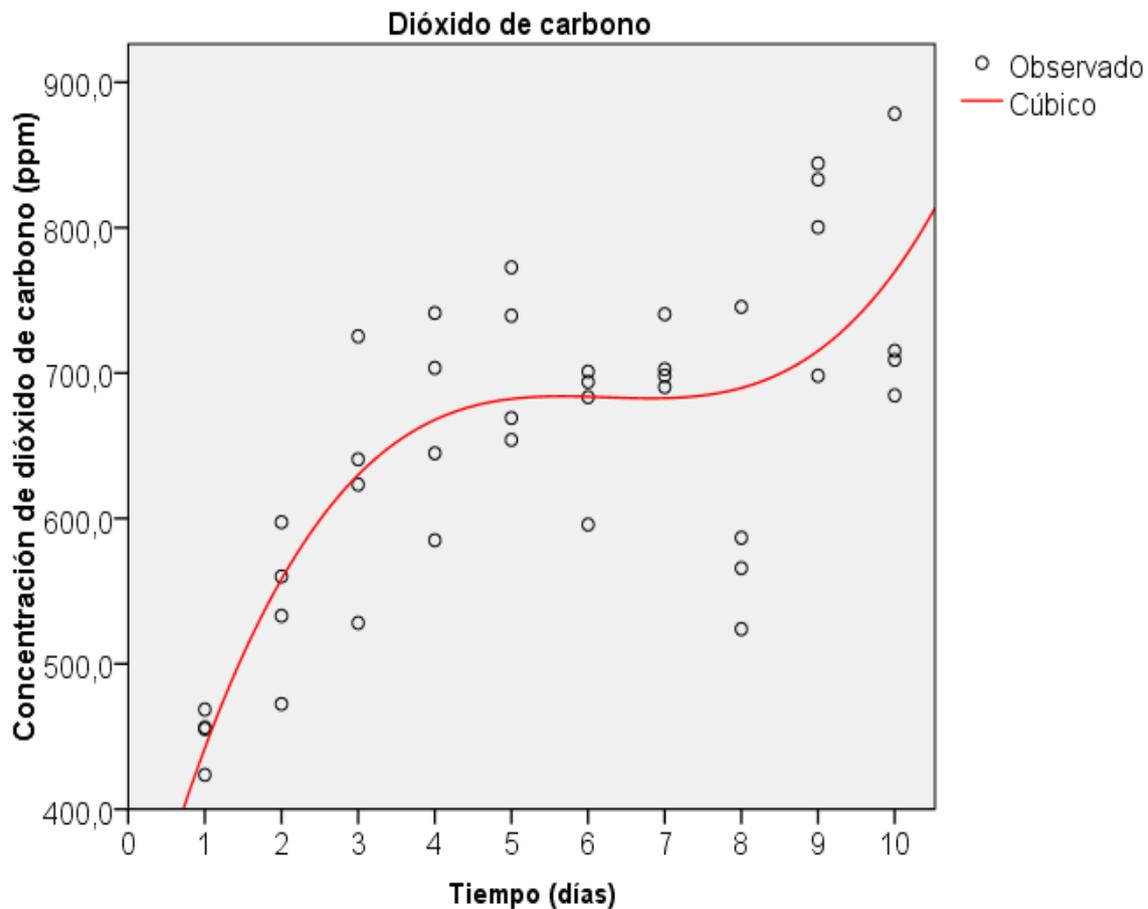
El análisis de la figura 7, demuestra una diferencia en las concentraciones de dióxido de carbono del grupo de control, con respecto al grupo de tratamiento. El grupo de control desarrolla una curva que oscila entre 456.4 y 532.0 ppm respectivamente, con una mediana de 491.3 ppm, mientras en el grupo del tratamiento el CO<sub>2</sub> evoluciona con respecto al tiempo, alcanzando un promedio entre 741.9 – 854.0 ppm.

**Tabla 15.** Dióxido de carbono para tratamiento de poliestireno extruido.

Tiempo (días)	Concentración promedio de dióxido de carbono					
	Grupo E	Grupo F	Grupo G	Grupo H	Promedio	Control
1	468.6	456.2	455.2	423.7	450.9	466.0
2	533.0	597.4	560.1	472.4	540.7	478.7
3	640.7	623.3	725.3	528.1	629.4	514.1
4	644.9	703.5	741.3	585.0	668.7	507.0
5	669.1	772.7	739.5	654.0	708.8	482.2
6	701.0	683.4	693.9	595.8	668.5	511.4
7	702.6	698.2	690.4	740.5	707.9	528.6
8	523.9	565.8	586.7	745.5	605.5	484.0
9	698.2	844.2	833.1	800.3	794.0	486.3
10	709.1	878.4	684.6	715.3	746.9	499.5
Promedio	629.1	682.3	671.0	626.1	652.1	495.8

En la tabla 15 se muestra los resultados de la evaluación de la concentración de dióxido de carbono, con respecto al valor inicial, en el proceso de biodegradación del poliestireno extruido, el promedio para el día 1, para los 4 grupos de tratamiento fue 450.9 ppm, y termina el día 10 con una concentración promedio de 746.9 ppm. Para el Grupo de control se inicia con un promedio de 466.0 ppm y finaliza el día 10 con una concentración de 499.5 ppm.

La concentración máxima fue 878.4 ppm obtenido en el Grupo F, mientras en el Grupo E, G y H, se obtuvieron concentraciones mínimas de 709.1, 684.6 y 715.3 ppm respectivamente.



$$Y=271,051 + 201,885 \cdot X + (-32,657) \cdot X^2 + 1,745 \cdot X^3$$

Figura 8. Estimación curvilínea de CO<sub>2</sub> para poliestireno extruido.

En la figura 8 se muestra la evolución de dióxido de carbono, producido en el proceso de biodegradación de poliestireno extruido para un periodo de 10 días. Los valores medidos tienen una dispersión, que al extrapolar, la curva obedece la función cúbica, con tendencia a seguir aumentando con respecto al tiempo.

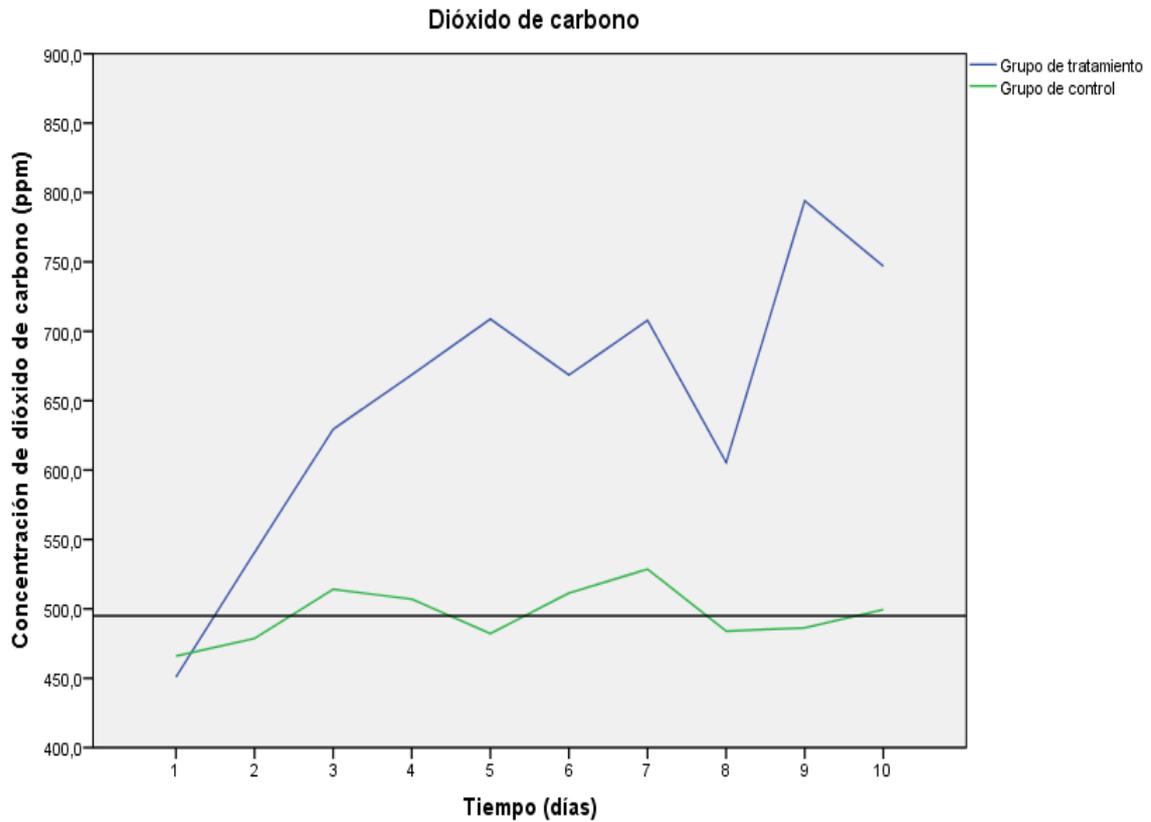


Figura 9. Comparación de la concentración de CO<sub>2</sub> con los grupos de tratamiento y control del poliestireno extruido.

El análisis de la figura 7, demuestra una diferencia en las concentraciones de dióxido de carbono del grupo de tratamiento, con respecto al control. En este caso el Grupo de control tiende a oscilar entre 466.0 y 499.5 ppm respectivamente, con una mediana de 495.7 ppm, mientras en el grupo del tratamiento el CO<sub>2</sub> evoluciona con respecto al tiempo, alcanzando un promedio entre 684.6 – 878.4 ppm.

## Prueba de hipótesis

### Hipótesis general

Ho: Las larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus, no son eficientes en la biodegradación del poliestireno, mediante la alimentación como dieta única, a nivel de laboratorio Lima-2021.

H1: Las larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus, son eficientes en la biodegradación del poliestireno, mediante la alimentación como dieta única, a nivel de laboratorio Lima-2021.

### Prueba de normalidad

Ho: la muestra aleatoria tiene una distribución normal.

H1: la muestra aleatoria tiene una distribución no normal.

**Tabla 16.** Prueba de normalidad.

Tratamiento de poliestireno		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl.	Significancia
Consumo de poliestireno	Poliestireno expandido	,995	4	,980
	Poliestireno extruido	,939	4	,647
Masa de larvas	Poliestireno expandido	,894	4	,400
	Poliestireno extruido	,811	4	,123
Dióxido de carbono	Poliestireno expandido	,805	4	,111
	Poliestireno extruido	,840	4	,196
Tasa de supervivencia	Poliestireno expandido	,923	4	,556
	Poliestireno extruido	,991	4	,962
Fecula producida	Poliestireno expandido	,964	4	,802
	Poliestireno extruido	,903	4	,444

\*gl: Grados de libertad

Como se puede observar en la tabla 16, el nivel de significancia en todos los casos de los variables es  $> 0.05$ , por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula (Ho), de distribución normal con una confiabilidad de 95 %.

### Prueba de análisis de media

Ho: La media de los grupos son iguales.

Hi: No todas las medias de los grupos son iguales.

**Tabla 17.** Varianza de consumo de poliestireno.

ANOVA de un factor					
Consumo de poliestireno					
	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,144	3	,048	130,570	,000
Intra-grupos	,004	12	,000		
Total	,149	15			

En la tabla 17 se muestra la igualdad de varianza, donde se contrasta que el nivel de significancia ( $p = 0.00 < 0.05$ ), para el consumo de poliestireno, por lo tanto, se asume que no todas las medias de los grupos son iguales, y se acepta la hipótesis alterna (Hi), lo cual es: no todas las medias de los grupos son iguales.

**Tabla 18.** Comparación de medias del consumo de poliestireno.

Comparaciones múltiples						
Consumo de poliestireno		HSD de Tukey				
(I) Tipos de poliestireno	(J) Tipos de poliestireno	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Expandido	Extruido	.097500*	.015673	,000	.05374	.14126
	Control	.225750*	.015673	,000	.18199	.26951
Extruido	Expandido	-.097500*	.015673	,000	-.14126	-.05374
	Control	.128250*	.015673	,000	.08449	.17201
Control	Expandido	-.225750*	.015673	,000	-.26951	-.18199
	Extruido	-.128250*	.015673	,000	-.17201	-.08449

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

En la tabla 18 muestra la diferencia de medias de consumo de poliestireno, para los tipos de poliestireno y su control, en todos los casos se observa una diferencia y una significancia ( $p = 0.00 < 0.05$ ), por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna ( $H_i$ ), de que las larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus son eficientes en la biodegradación del poliestireno, mediante la alimentación como dieta única a nivel de laboratorio Lima-2021.

### Correlación de Pearson

**Tabla 19.** Correlación de Pearson para poliestireno expandido.

Poliestireno expandido		Consumo de poliestireno	Masa de larvas	Dióxido de carbono	T. de supervivencia	Fecula producida
Consumo de poliestireno	Correlación de Pearson	1	-,272	,720	-,463	,322
	Sig.		,728	,280	,537	,678
	N	4	4	4	4	4
Masa de larvas	Correlación de Pearson	-,272	1	-,772	-,424	,806
	Sig.	,728		,228	,576	,194
	N	4	4	4	4	4
Dióxido de carbono	Correlación de Pearson	,720	-,772	1	,247	-,390
	Sig.	,280	,228		,753	,610
	N	4	4	4	4	4
Tasa de supervivencia	Correlación de Pearson	-,463	-,424	,247	1	-,807
	Sig.	,537	,576	,753		,193
	N	4	4	4	4	4
Fecula producida	Correlación de Pearson	,322	,806	-,390	-,807	1
	Sig.	,678	,194	,610	,193	
	N	4	4	4	4	4

En la tabla 19 se muestra la correlación de los variables independientes y dependientes, de los cuales interpretamos de la siguiente manera: Existe una correlación positiva baja y alta entre consumo de poliestireno y la producción de fecula y CO<sub>2</sub>; respectivamente; Existe una correlación, positiva alta y negativa alta entre masa de larvas del *T. molitor* y la producida de fecula y CO<sub>2</sub> respectivamente; y por último existe una correlación positiva baja y negativa alta entre la tasa de supervivencia de larvas del *T. molitor*, la producción de fecula y CO<sub>2</sub> de forma respectivo.

**Tabla 20.** Correlación de Pearson para poliestireno extruido.

		Consumo de poliestireno	Masa de larvas	Dióxido de carbono	Tasa de supervivencia	Fecula producida
Consumo de poliestireno	Correlación de Pearson	1	,949	-,317	,842	,945
	Sig.		,051	,683	,158	,055
	N	4	4	4	4	4
Masa de larvas	Correlación de Pearson	,949	1	-,493	,860	,852
	Sig.	,051		,507	,140	,148
	N	4	4	4	4	4
Dióxido de carbono	Correlación de Pearson	-,317	-,493	1	-,020	,002
	Sig.	,683	,507		,980	,998
	N	4	4	4	4	4
Tasa de supervivencia	Correlación de Pearson	,842	,860	-,020	1	,916
	Sig.	,158	,140	,980		,084
	N	4	4	4	4	4
Fecula producida	Correlación de Pearson	,945	,852	,002	,916	1
	Sig.	,055	,148	,998	,084	
	N	4	4	4	4	4

En la tabla 20 se muestra la correlación de los variables independientes y dependientes, de los cuales interpretamos de la siguiente manera: Existe una correlación positiva muy alta y negativa baja entre consumo de poliestireno y la producción de fecula y CO<sub>2</sub>; respectivamente; Existe una correlación, positiva alta y negativa moderada entre masa de larvas del *T. molitor* y la producida de fecula y CO<sub>2</sub> respectivamente; y por último existe una correlación negativa muy baja y positiva muy alta entre la tasa de supervivencia de larvas del *T. molitor*, la producción de fecula y CO<sub>2</sub> de forma respectiva.

### Hipótesis específico 1

Ho: Larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus no son eficientes en la biodegradación de poliestireno expandido, como dieta única, a nivel de laboratorio Lima - 2021.

Hi: Larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus son eficientes en la biodegradación de poliestireno expandido, como dieta única, a nivel de laboratorio Lima - 2021.

Evaluación de la eficiencia: La eficiencia de larvas del *Tenebrio molitor* en la biodegradación del poliestireno expandido, fue evaluado a través del consumo como dieta única, empleando la siguiente fórmula.

$$Eficiencia(\%) = \frac{(consumo\ total)}{(masa\ inicial)} * 100$$

**Tabla 21.** Evaluación de la eficiencia en el consumo de P. expandido.

Grupos	Consumo de poliestireno expandido (g)				Eficiencia (%)
	Día 1-10	Día 10-20	Día 20-30	Consumo total	
A	0.108	0.062	0.050	0.220	3.4
B	0.126	0.058	0.051	0.235	3.8
C	0.116	0.092	0.050	0.258	4.1
D	0.050	0.058	0.082	0.190	2.4
Total	0.399	0.270	0.233	0.902	3.3
Promedio	0.100	0.067	0.058	0.226	3.4

De acuerdo a la tabla 21 podemos visualizar que el consumo de poliestireno, por parte de larvas del *T. molitor* tiene una eficiencia promedio de 3.4 %.

### Prueba de hipótesis

De acuerdo a los resultados de la tabla 21 podemos aceptar la hipótesis alterna (Hi) de que las larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus son eficientes en la biodegradación de poliestireno expandido, como dieta única.

### Hipótesis específico 2

Ho: Larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus no son eficientes para la biodegradación de poliestireno extruido, como dieta única, a nivel de laboratorio Lima - 2021.

Hi: Larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus son eficientes para la biodegradación de poliestireno extruido, como dieta única, a nivel de laboratorio Lima - 2021.

Evaluación de la eficiencia: La eficiencia de larvas del *Tenebrio molitor* en la biodegradación del poliestireno expandido, fue evaluado a través del consumo como dieta única, empleando la siguiente fórmula.

$$Eficiencia(\%) = \frac{(consumo\ total)}{(masa\ inicial)} * 100$$

**Tabla 22.** Evaluación de la eficiencia en el consumo de poliestireno extruido.

Grupos	Consumo de poliestireno extruido (g)			Consumo total	Eficiencia (%)
	Día 1-10	Día 10-20	Día 20-30		
E	0.063	0.030	0.019	0.112	1.7
F	0.055	0.041	0.040	0.136	2.1
G	0.050	0.030	0.024	0.104	1.5
H	0.011	0.069	0.081	0.161	2.0
Total	0.179	0.170	0.164	0.513	1.8
Promedio	0.045	0.042	0.041	0.128	1.8

En la tabla 22 podemos visualizar el consumo de poliestireno extruido por larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus, con una eficiencia promedio de 1.8 %.

### Prueba de hipótesis

De acuerdo a los resultados de la tabla 22 podemos aceptar la hipótesis alterna (Hi) de que las larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus son eficientes en la biodegradación de poliestireno extruido, como dieta única.

### Hipótesis específico 3

Ho: El proceso de biodegradación, de poliestireno extruido y expandido, mediante el uso de larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus no produce CO<sub>2</sub>, a nivel de laboratorio Lima-2021.

Hi: El proceso de biodegradación, de poliestireno extruido y expandido, mediante el uso de larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus si produce CO<sub>2</sub>, a nivel de laboratorio Lima-2021.

### Prueba de análisis de media

Ho: La media de los grupos son iguales.

Hi: No todas las medias de los grupos son iguales.

**Tabla 23.** Varianza de medias de CO<sub>2</sub> en la biodegradación de poliestireno.

ANOVA de un factor					
Dióxido de carbono					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	66942,605	2	33471,303	47,273	,000
Intra-grupos	6372,417	9	708,046		
Total	73315,023	11			

En la tabla 23 se muestra la igualdad de varianza, donde se contrasta que el nivel significancia ( $p = 0.00 < 0.05$ ), para la producción de dióxido de carbono, por lo tanto, se asume que no todas las medias de los grupos son iguales, y se acepta la hipótesis alterna (Hi), que es: No todas las medias de los grupos son iguales.

**Tabla 24.** Diferencia de media de CO<sub>2</sub> en la biodegradación del poliestireno.

Diferencia de medias de CO <sub>2</sub>						
t de Dunnett (bilateral) <sup>a</sup>						
(I) Tipos de poliestireno	(J) Tipos de poliestireno	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Expandido	Control	157.8500*	18.8155	,000	108.667	207.033
Extruido	Control	159.0250*	18.8155	,000	109.842	208.208

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

En la tabla 24 muestra la diferencia de medias de la producción de CO<sub>2</sub> en la biodegradación de poliestireno expandido y extruido.

### Prueba de hipótesis

Existe una diferencia de medias en la producción de CO<sub>2</sub> con respecto al control, con una significancia ( $p = 0.00 < 0.05$ ), por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna (H<sub>i</sub>), lo cual es el siguiente: El proceso de biodegradación, de poliestireno extruido y expandido, mediante el uso de larvas del *Tenebrio molitor* linnaeus si produce CO<sub>2</sub>, a nivel de laboratorio Lima-2021.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en relación a la eficiencia de 100 especímenes jóvenes de larva del *Tenebrio molitor*, en la biodegradación de poliestireno expandido fue de 3.4 % con respecto a la masa promedio de 6.746 g, administrada como dieta única, en un periodo de 30 días, en condiciones de temperatura media de 21.3 °C y una humedad relativa media de 71.3 %. De acuerdo a ello se calculo que 30 especímenes de *T. molitor*, en un periodo de 15 días, y con respecto a 5 g de poliestireno, biodegradan con una eficiencia de 0.6 %. Estudios realizados con 30 unidades de *T. molitor*, para biodegradar microplásticos de poliestireno expandido de 5 g, se obtuvieron una eficiencia de 54.2 %, en periodos de 15 días, en este caso reporta una mayor eficiencia, los cuales son debido a que se usó como muestra microplásticos de poliestireno, que son altamente biodisponibles para el consumo de las larvas, **Espinoza (2018)**. Así mismo calculamos a partir de nuestros resultados, para 20 larvas, en una muestra de 0.727 g de poliestireno, obteniendo una eficiencia de 6.0 %. De igual modo se empleó 20 larvas por grupo del *T. molitor* para biodegradar poliestireno expandido de 0.727 g en un periodo de 30 días, y se obtuvo una eficiencia de 19.2 %, **Karol et al. (2017)**. El valor reportado es mayor a nuestros resultados calculados, lo cual puede deberse a las condiciones de ambiente, ya que la investigación se trabajó a 28 °C y humedad relativa constante de 78-80 %, además se usó larvas de masas 0.03 - 0.04 g, que tienden a ser larvas adultas.

Así mismo para una muestra de 10 g de P. expandido y en un periodo de 16 días, obtendríamos una eficiencia de 1.1 %, de acuerdo a nuestros resultados. Estudios de **Horna (2020)**, con 100 unidades de *Alphitobius diaperinus*, larvas de la misma familia Tenebrionidae, se obtuvieron una eficiencia de 17.5 % con respecto a la masa inicial de 10 g, en periodos de 16 días, siendo mayor a nuestros resultados calculados, lo que indica que larvas de *A. diaperinus*, es más eficiente que larvas de *T. molitor*.

De igual manera, para una muestra promedio de 5 g, empleando 30 g de larvas del *T. molitor*, obtendríamos una eficiencia de 4.4 % en la biodegradación, en un periodo de 72 horas. De igual manera estudios con 30 g de larva del *Gallería mollenella*, de la familia Pyralidae, en la biodegradación del poliestireno expandido para un periodo de 72 h, se obtuvo una eficiencia de 11.2 % con

respecto a la masa inicial de 5 g, **Siesquen y Trujillo (2019)**. Es así que los especímenes de *G. mollenella* son más eficientes que *T. molitor* en la biodegradación de poliestireno expandido, en comparación con nuestro estudio.

Los resultados obtenidos en relación a la eficiencia de 100 especímenes jóvenes de larva del *T. molitor*, en la biodegradación de poliestireno extruido fue de 1.8 % con respecto a la masa promedio de 6.968 g. En base a ello se calculó, que, para una muestra de 1,12 g, y empleando 20 unidades de larvas de *T. molitor* se obtendría una eficiencia de 2.2 % de biodegradación. **Karol et al. (2017)**, de igual modo empleó 20 larvas por grupo del *T. molitor* para biodegradar poliestireno extruido de 1.12 g en un periodo de 30 días, y se obtuvo una eficiencia de 16.9 %, un valor mayor a nuestros resultados calculados, la diferencias en este caso también pueden deberse a las condiciones ambientales del estudio, ya que se trabajó a temperatura constante de 28 °C y humedad relativa constante de 78-80 %, además se usó larvas de masas 0.03 - 0.04 g, que vienen a ser larvas adultas.

La concentración de dióxido de carbono en el proceso de biodegradación del poliestireno expandido y extruido por los especímenes larvarios del *T. molitor*, con respecto a la concentración inicial, aumentó en un porcentaje de 69.9 y 65.6 % respectivamente, en un periodo de 10 días. La comparación de la diferencia de medias en la producción de CO<sub>2</sub> para los dos tipos de poliestireno, que fueron sometidos a la biodegradación por larvas del *T. molitor*, el valor ( $p = 0.998 > 0.05$ ), lo cual indica que las diferencias de las medias, no son significativas. Por otra parte, la diferencia de medias con respecto al control es significativo con un valor ( $p = 0.00 < 0.05$ ), esto indica que la causa para el aumento de CO<sub>2</sub> fue el consumo y mineralización del carbono por *T. molitor*.

En relación a la fecula, la cantidad promedio obtenida para el tratamiento del poliestireno expandido fue 0.346 g, lo cual no guarda relación con la cantidad promedio consumida de 0.226 g de poliestireno. Así mismo la cantidad promedio de fecula obtenida en el tratamiento de poliestireno extruido fue 0.231 g, mientras la cantidad promedio consumida del poliestireno fue 0.128 g. La razón está en que las larvas, al ser expuestas al poliestireno como dieta única, no consumen como lo harían con la dieta de salvado y prefieren alimentarse de larvas muertas

y de exuvia abandonada como parte de la muda de piel, los cuales han sido estimados. En el grupo de poliestireno expandido, la cantidad de consumo de larvas muertas y de exuvia, fueron de 0.120 g en promedio, y mientras en el grupo de poliestireno extruido se estimó en 0.103 g en promedio. Dichas variables intervienen en el consumo de poliestireno, por lo tanto, la producción de fecula tiende a ser mayor, al respecto.

La tasa de supervivencia obtenida para larvas del *T. molitor* que fueron expuestos al poliestireno expandido, fue 88.3 %, y para larvas que consumieron poliestireno extruido la tasa de supervivencia fue 89.5 %. De la misma manera, en estudios con condiciones de temperatura media 25.0 °C y una humedad relativa media de 85.0 %, se obtuvieron una tasa de supervivencia por encima de 85 %, tanto para larvas que fueron expuestos a la dieta del poliestireno y salvado, sin diferencias significativas, **Yang et al. (2015)**.

## VI. CONCLUSIONES

El presente estudio se desarrolló en las condiciones ambientales de temperatura media 21.3 °C y humedad relativa de 71.3 %, durante un periodo de 30 días, con 100 especímenes de larvas jóvenes, del *T. molitor*, por grupo.

El P. expandido perdió la masa en un porcentaje promedio de 3.4 %, equivalente a 0.226 g, en promedio; y el producto del consumo del poliestireno y el canibalismo de sí mismos, dio como resultado la producción de fecula, en promedio de 0.346 g, además la masa promedio evaluado sobre 20 especímenes por grupo de larvas del *T. molitor*, incremento en 9.2 %, con respecto a la masa inicial. Las larvas comieron y sobrevivieron con la dieta del poliestireno, con una tasa de supervivencia de 88.3%.

El P. extruido también perdió su masa en un porcentaje promedio de 1.8 %, equivalente a 0.128 g, en promedio; producto de este consumo y el canibalismo de las mismas especímenes muertas, se obtuvo 0.231 g de fecula o excreta. La masa promedio evaluado sobre 20 especímenes de larvas por grupo, disminuyó en 1.0 %, con respecto a la masa inicial promedio, y además con la dieta del P. extruido, sobrevivieron con una tasa de supervivencia de 89.5 %.

La eficiencia obtenida de las larvas del *T. molitor*, en la biodegradación del P. expandido fue 3.4 %, mientras en el P. extruido fue 1.8 %. Dicha diferencia en eficiencia entre ambos tipos de poliestireno, son debidas a las características física y mecánicas de las mismas, el P. expandido es más biodisponible por poseer una estructura baja en rigidez o dureza, en cambio el P. extruido tiene una alta rigidez o dureza, siendo menos biodisponible para el consumo de las larvas.

La concentración de CO<sub>2</sub> evaluado, en los primeros 10 días, en la biodegradación del P. expandido, con respecto a la concentración promedio inicial de 479.9 ppm, incremento en 69.9 %, alcanzando la concentración de 803.7 ppm, y de igual manera, en la biodegradación del P. extruido, con respecto a la concentración promedio inicial de 450.9 ppm, creció en 65.6 %, alcanzando 746.9 ppm. La estimación curvilínea, demuestra que la concentración de CO<sub>2</sub> en ambos casos de biodegradación del poliestireno aumentó, con respecto al tiempo, obedeciendo una curva cúbica.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Para una mejor eficiencia de biodegradación, realizar estudios en condiciones de temperatura 28 °C y una humedad relativa de 75 - 80 %.

Para estudios con tiempos mayores a 10 días, optar por larvas en estado de joven, para no tener ningún inconveniente con el cambio de fase en su desarrollo larvario, que normalmente los especímenes adultos tienden a pasar con mayor frecuencia y también existe mayor canibalismo entre ellos en este estado adulto.

Estudiar la eficiencia en la biodegradación del poliestireno de acuerdo a la etapa larvario y comparar los resultados.

Para no afectar el desarrollo de larvas suministrar como dieta el poliestireno en la presencia de salvado u otros tipos de alimento con contenido de agua, que ayuden la biodisponibilidad del poliestireno y eviten el canibalismo.

Considerar la densidad del dióxido de carbono para un mejor control en un sistema cerrado, en estados estacionarios, por la razón de que el gas tiende acumular en las partes inferiores del recipiente.

No mantener cerrado los recipientes de tratamiento más de 10 días, para no afectar la tasa de supervivencia y el consumo del poliestireno, por causa del estrés de los especímenes, afectado por falta oxígeno y generación de otros gases.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASOCIACIÓN Ibérica de Poliestireno Extruido. s.f. Disponible en: <https://aipex.es/poliestireno-extruido-xps/descripcion-y-propiedades-del-xps/>.

ALLTECH. 19 de septiembre de 2013. Disponible en: [https://www.ganaderia.com/destacado/Eficiencia-Alimenticia-\(EA\)](https://www.ganaderia.com/destacado/Eficiencia-Alimenticia-(EA)).

ÁLVAREZ , Dolly y BOTACHE, Lina. Biodegradación de plástico con larvas de coleópteros *Tenebrio molitor* como aporte interdisciplinario a la Biotecnología Ambiental. Tesis (Título de Licenciada en Biología). Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, 2020. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/12205>.

ASOCIACIÓN Nacional de Poliestireno Expandido. s.f. Disponible en: <http://www.anape.es/index.php?accion=producto&subaccion=proceso-de-fabricacion>.

BAENA. Metodología de la investigación. 3ª ed. s.l. : *Grupo editorial patria*, 2017. 141 pp.

ISBN: 9786077447481

BELCHIOR, constanca. When plastics fill our oceans. *European Environment Agency* [En línea]. 16 de marzo de 2015. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/articles/when-plastics-fill-our-oceans>.

BILLMEYER. Ciencia de los polímeros. 2.ª ed. Barcelona: *Reverté*, 1984. 591 pp.

ISBN: 8429170480

RODRIGUEZ, Ariel. Biodegradabilidad de materiales bioplástico. *Jour* [En línea]. Vol. 22. 01 de noviembre de 2012. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/328676031>.

ISSN: 0864-4497.

YANG, Li [et al]. Biodegradation of expanded polystyrene and low-density polyethylene foams in larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad versus limited extent depolymerization and microbe-dependence versus independence. *Chemosphere* [En línea]. Vol. 262. 30 de julio de 2020. [Fecha de consulta: 08 de abril de 2021]. Disponible en: 10.1016/j.chemosphere.2020.127818.

ISSN: 0045-6535

MEDEIROS, Amanda [et al]. Biodegradação de poliestireno expandido utilizando *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Zophobas morio* Fabricius, 1776 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Gestão Ambiental e Sustentabilidade* [En línea]. Vol. 5. 30 de abril de 2018. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.21438/rbgas.050918>.

ISSN: 2359-1412

TSOCHATZIS, Emmanouil [et al]. Polystyrene Biodegradation by *Tenebrio molitor* Larvae: Identification of Generated Substances Using a GC-MS Untargeted Screening Method. *Polymers* [En línea]. Vol. 13. 23 de diciembre de 2020. [Fecha de consulta: 08 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym13010017>.

HAG, Choi , JUN, Lee y TAE, Chung. Polystyrene biodegradation using *Zophobas morio*. *Journal of Entomological Research* [En línea]. Vol. 44. 09 de octubre de 2020. [Fecha de consulta: 08 de abril de 2021]. Disponible en: 10.5958/0974-4576.2020.00079.1.

ISSN: 0974-4576

BOYU, Peng [et al]. Biodegradation of polystyrene by dark (*Tenebrio obscurus*) and yellow (*Tenebrio molitor*) mealworms (Coleoptera: Tenebrionidae). *American Chemical Society* [En línea]. Vol. 53. 16 de abril de 2019. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06963>.

SHAN, Yang [et al]. Biodegradation of polypropylene by yellow mealworms (*Tenebrio molitor*) and superworms (*Zophobas atratus*) via gut-microbe-dependent depolymerization. *Science of The Total Environment* [En línea]. Vol.

756. 20 de febrero de 2020. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144087>.

ISSN: 0048-9697

YANG, Yu [et al]. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 1. Chemical and physical characterization and isotopic tests. *American Chemical Society* [En línea]. Vol. 49. 21 de Septiembre de 2015. [Fecha de consulta: 05 de abril de 2021]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b02661>.

YANG, Yu [et al]. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 2. Role of gut microorganisms. *Environmental Science & Technology* [En línea]. Vol. 49. 21 de setiembre de 2015. [Fecha de consulta : 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02663>.

Yang, Yu, WANG, Jialei y XIA, Mengli. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating superworms *Zophobas atratus*. *Science of the Total Environment* [En línea]. Vol. 708. 15 de marzo de 2020. [Fecha de consulta: 08 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135233>.

ISSN: 0048-969

MALAWI, Brandon [et al]. Enhanced bioavailability and microbial biodegradation of polystyrene in an enrichment derived from the gut microbiome of *Tenebrio molitor* (Mealworm larvae). *Environmental Science & Technology* [En línea]. Vol. 55. 12 de enero de 2021 . [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04952>.

BLASCO, Javier. *Tenebrio Molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae). *Monteriza* [En línea]. 29 de junio de 2016. [Fecha de consulta: 08 de abril de 2021]. Disponible en: <http://monteriza.com/wp-content/uploads/insecta/220.tenebrio-molitor.pdf>.

CHUNGA , Lourdes y CIEZA , Carlos. Biodegradación de poliestireno utilizando microorganismos presentes en el humus de lombriz durante los meses octubre - diciembre. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Universidad de Lambayeque. Chiclayo. 2017. Disponible en: <http://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/83>.

AGUILAR, Miranda [et al]. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *American Chemical Society* [En línea]. Vol. 50. 1 de enero de 2002. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf010691y>.

YIXIN, Zhang [et al]. Porous carbon derived from waste polystyrene foam for supercapacitor. *Journal of Materials Science* [En línea]. Vol. 53. 04 de junio de 2018. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10853-018-2513-z>.

MEJÍA, Indira [et al]. Carbonization, hydrogenation and oxidation in the thermal degradation of expanded polystyrene. *Journal of Materials Science* [En línea]. Vol. 53. 04 de octubre de 2017. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10853-017-1649-6>.

CARDOZO, Marby. Degradación de poliestireno expandida por larvas de *Tenebrio molitor* (Coleóptera: Tenebrionidae), en condiciones de laboratorio. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá. 2020. Disponible en:

<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/34873/1/mlcardozos.pdf>.

CARRASCO, Sergio. Metodología de la Investigación científica. Lima: San Marcos, 2005. 474 pp.

ISBN: 9972342425

RODRIGO, Portocarrero. Biodegradación de poliestireno con *Tenebrio molitor* para la sostenibilidad de empresas. Trabajo de suficiencia (Título de Licenciado en Biología). Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima. 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12866/9025>.

CHANG, Raymond y GOLDSBY, Kenneth. Química. 11.<sup>a</sup> ed. México : McGrawHill, 2013. 1085 pp.

ISBN: 9786071509284.

CHAVESTA, Marjorie y GUERRA, Ariana. Aprovechamiento de las condiciones alimentarias del gorgojo negro común (*Tenebrio molitor*) para la biodegradación del poliestireno en los Residuos Sólidos domiciliarios de la Planicie. Trabajo de

investigación (Bachiller de Ingeniera Ambiental). Universidad Peruana Unión. Tarapoto. 2019. Disponible en:

<http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2355>.

COLE, Matthew [et al]. The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *calanus helgolandicus*. *American Chemical Society* [En línea]. Vol. 49. 06 enero de 2015. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en:

<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es504525u>.

COMISIÓN de pueblos andinos, amazónicos y afroperuanos. Ambiente y ecología. 2017. Dictamen de Proyecto de ley. Disponible en: [https://www.minam.gob.pe/comuma/wpcontent/uploads/sites/106/2019/04/Dictamen-02248DC19MAY20180607\\_compressed.pdf](https://www.minam.gob.pe/comuma/wpcontent/uploads/sites/106/2019/04/Dictamen-02248DC19MAY20180607_compressed.pdf).

COMISIÓN Europea. Sobre una estrategia europea frente a los residuos de plásticos en el medio ambiente. 07 de marzo de 2013. Bruselas. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52013DC0123>.

CONFERENCIA de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo. Creciente contaminación plástica a raíz del COVID-19. 27 de julio de 2020. Disponible en: <https://unctad.org/news/growing-plastic-pollution-wake-covid-19-how-trade-policy-can-hel>.

D.S. N° 006-2019-MINAM. 2019. Reglamento de la ley N° 30884. *Diario oficial El peruano*. Lima, Perú 19 de diciembre de 2019.

DJELLALE, Élaboration caractérisation et biodégradation des mélanges PEBD/PLA et PEBD/EGMA/PLA. Tesis ( Doctor en Ciencias ).Universite Setefi. 2014. 190 pp. Disponible en:

<http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/1069>.

MOSTAFA , Aboelkheir [et al]. The biodegradative effect of *Tenebrio molitor* linnaeus larvae on vulcanized SBR and tire crumb. *Elsevier* [En línea]. Vol. 649. 01 de febrero de 2019. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.228>.

ISSN: 0048-9697

CASTELLON, Carlos, LÓPEZ, Luis y TEJEDA, Lesly. Evaluación de la degradación ambiental de bolsas plásticas biodegradables. *Journal* [En línea]. Vol. 80. 30 de junio de 2016. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5767278>.

ISSN-e: 2256-5035

TUTUSAUS, Vanessa, OLIVER, Ramón y ESTRANY, Francesc. Fabricación y conformado de poliestireno de alto impacto. *Técnica Industrial* [En línea]. 1 de enero de 2009 [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.tecnicaindustrial.es/fabricacion-y-conformado-de-poliestireno-de-a/>.

GÁLÁN , Díaz de sandy [et al]. Degradación de poliestireno a través de la microbiota de *Tenebrio molitor* y *Artemia franciscana*. Proyecto escolar (Ciencias ambientales). *XXIX Congreso de investigación CUAM- ACMor*. México 2018. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2021] Disponible en: <http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2018/331.%20Degradacion%20de%20poliestireno....pdf>.

TAXATECA. [En línea]. 25 de noviembre de 2015. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2021] Disponible en: <https://tubiologia.forosactivos.net/t10339-tenebrio-molitor?highlight=tenebrio+molitor>.

GREENPEACE [En línea]. Plásticos en el pescado y el marisco. 2016. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: [http://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/Plasticos\\_en\\_el\\_pescado\\_y\\_el\\_mariscoLR.pdf](http://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/Plasticos_en_el_pescado_y_el_mariscoLR.pdf).

HEINRICH Böll. Atlas del plástico. 2ª ed. Alemania. 2019. 50 pp.

ISBN: 9783869282114

HERMIDA, Élida. Guía didáctica. [En línea]. Argentina: Ministerio de Educación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2011. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Capítulo 9. Polímeros. Disponible en: [http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09\\_Polimeros.pdf](http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf).

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6ª ed. México : McGrawHill, 2014. 600 pp.

ISBN: 9781456223960

HUESO, Andrés y CASCANT, Josep. Metodología y técnicas cuantitativas de investigación. s.l. : Universitat politècnica de valència, 2012. 80 pp.

ISBN: 978-84-8363-839-4.

FABREAG, Mark y FAMILARA, Joanne. Biodegradation of expanded polystyrene (EPS) (Styrofoam) block as feedstock to *Tribolium castaneum* (Red Flour Beetle) imago: A promising plastic-degrading process. *World News of Natural Sciences* [En línea]. Vol. 24. 05 de abril de 2019. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: <http://psjd.icm.edu.pl/psjd/element/bwmeta1.element.psjd-6fa2fca1-b650-4e99-93cc-b301378d0eb1>.

ISSN: 2543-5426

KAPLAN, Sarah. Hay mucho plástico en los océanos del mundo [En línea]. *The Washington Post*. 10 de enero de 2016. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.washingtonpost.com/news/morning-mix/wp/2016/01/20/by-2050-there-will-be-more-plastic-than-fish-in-the-worlds-oceans-study-says/?noredirect=on>.

LELUK, Karol [et al]. The effectiveness of the biodegradation of raw and processed polystyrene by mealworms. *E3S Web of Conference* [En línea]. Vol. 22. 01 de enero de 2017. [Fecha de consulta: 07 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172200103>.

UNITED Nations Environment Programme (UNEP). Neglected. abril de 2021. Disponible en:

<https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/35417/EJIPP.pdf>.

ISBN: 978-92-807-3852-0

LABEAGA, Aitziber. Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. Tesis (Máster en Química Inorgánica e Ingeniería Química). España: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2018. 48 pp. Disponible en: <http://62.204.194.43/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga>.

LANDEAU, Rebeca. Elaboración de trabajos de investigación. Caracas: Alfa, 2007. 177 pp.

ISBN: 9803542141

LEY N° 27314. Ley general de residuos sólidos. Diario oficial El peruno, Lima, Perú, 17 de Marzo de 2016.

LEY N° 30884. Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. Diario oficial El peruano, Lima, Perú, 19 de diciembre de 2018.

LÓPEZ, Michelle. Supervivencia de larvas de dos especies de escarabajos *Tenebrio molitor* y *Dermestes sp.* expuestas a dietas basadas en dos tipos de plásticos (Polietileno y Poliestireno). Tesis (Licenciado en Ciencias Biológicas y Ambientales). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2020. Disponible en:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21338>.

BOŽEK, Magdalena, HANUS, Beata y RYBAK, Justyna. The studies on waste biodegradation by *Tenebrio molitor*. *E3S Web of Conferences* [En línea]. Vol. 17. 2017. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20171700011>.

MARIÑO, Yaneth. Estadística y probabilidades. Huancayo. 2012. 118 pp.

ISBN:9786120010136.

MIHELIC, James y ZIMMERMAN, Julie. Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño. s.l. : Alfaomega, 2011. 720 pp.

ISBN: 978-607-707-317- 8

MINISTERIO del Ambiente. Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Lima. 2012. Disponible en:

<http://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/glosario-terminos-gestion-ambiental-peruana>.

MINISTERIO del Ambiente. D.S N° 010 - 2019: Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental de aire Lima: 2019. 101 pp.

MINISTERIO del Ambiente. Playas Limpias. Lima, 2019. Disponible en: [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/309946/Rotafolio\\_2019.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/309946/Rotafolio_2019.pdf).

MINISTERIO del Ambiente. Tiempo de degradación de objetos. 2019. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/274154-kit-de-educacion-investigacion-e-informacion-ambienta>.

PARADAIS Sphynx [En línea]. 19 de noviembre de 2018. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2021]. Disponible en: <https://invertebrados.paradais-sphynx.com/artropodos/gusano-de-la-harina-tenebrio-molitor.htm>.

MATTSSON, Karin [et al]. Nanofragmentation of expanded polystyrene under simulated environmental weathering (Thermooxidative degradation and hydrodynamic turbulence). *Board* [En línea]. Vol. 7. 18 de enero de 2021. [Fecha de consulta: 07 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.578178>.

UNE. NF EN 13432 . 2000: Requisitos para los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Francia, 2000.

ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas. Compromiso mundial para reducir los plásticos de un solo uso. 15 de marzo de 2019. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961>.

ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas. Cambio climático y medioambiente. 08 de junio de 2020. <https://news.un.org/es/story/2020/06/1475582>.

PERDOMO, Gilberto. Plásticos y Medio Ambiente. *Revista Iberoamericana Polímeros* [En línea]. Vol. 3. abril de 2002. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/219140829/PLASTICOS-Y-SU-RECUPERACION>.

PLASTICSEUROPE. Un análisis de los datos europeos de producción, demanda y residuos de plásticos. 2019. [Fecha de consulta: 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.plasticseurope.org/es/resources/market-data>.

PLASTICSEUROPE. Un análisis de los datos europeos de producción, demanda y residuos de plásticos. 2020. [Fecha de consulta: 08 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.plasticseurope.org/es/resources/market-data>.

KATARZYNA, Leja y LEWANDOWICZ, Grazyna. Polymer Biodegradation and Biodegradable. *Polish Journal of Environmental Studies* [En línea]. Vol. 19. 2010. [Fecha de consulta : 10 de abril de 2021]. Disponible en: <http://www.pjoes.com/Polymer-Biodegradation-and-Biodegradable-Polymers-a-Review,88379,0,2.html>.

BRITISH Broadcasting Corporation. Por qué cada vez más ciudades prohíben el poliestireno. 02 de julio de 2015. [Fecha de consulta : 11 de abril de 2021]. Disponible en:

[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150701\\_poliestireno\\_prohibicion\\_lp](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150701_poliestireno_prohibicion_lp).

PROGRAMA de la ONU para el Medio Ambiente. Objetivos de Desarrollo Sostenible. 12 de mayo de 2017. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2017/05/1378771>.

QI, Li. Biodegradation study of polymeric material with various levels of molecular orientation induced via vibration-assisted injection molding. Tesis (Master en Ciencias). Bethlehem: Lehigh Preserve Institutional Repository, 2012. Disponible en: <https://preserve.lib.lehigh.edu/islandora/object/preserve%3AAbp-3902878>.

ISBN: 1267144173

REYNOSO, Sara. Los polímeros plásticos. México, 2018.

ISBN: 9781790826001

RIANDE. Los polímeros y sus aplicaciones bajo una perspectiva científica e histórica. *Anales de la Real Sociedad Española de Química* [En línea]. 2003. [Fecha de consulta : 11 de abril de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=648851>.

ISSN: 1575-341

ROJO, Elisa y MONTOTO, Tania. Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. *Ecologistas en Acción* [En línea]. Enero de 2017. [Fecha de consulta : 11 de abril de 2021]. Disponible en:

<https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf/informe-basuras-marinas.pdf>.

ISBN: 978-84-946151-9-1

PROGRAMA de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Salto verde hacia adelante. *TUNZA* [En línea]. Vol. 08. s.f. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/12177/retrieve>.

ISSN: 1727-8902

SAMSA. Tienda online oficial de alimento vivo samsa. [En línea] s.f. Disponible en: <https://www.alimentovivosamsa.com/blog/category/page/2.html>.

SIESQUEN, Blanca y TRUJILLO, Lourdes. Utilización del gusano de cera (*Gallería mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (Tecnopor). Tesis (Titulo en Ingeniera Ambiental). Moyobamba: Universidad César Vallejo, 2019. 51 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47724>.

SHAN, Yang [et al]. Ubiquity of polystyrene digestion and biodegradation within yellow mealworms, larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). *Elsevier* [En línea]. Vol. 212. diciembre de 2018. [Fecha de consulta : 22 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.08.078>.

ISSN: 0045-6535

RAMOS, Elorduy [et al]. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. *Journal of Economic Entomology* [En línea]. Vol. 95. 1 de febrero de 2002. [Fecha de consulta : 22 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.214>.

VÁZQUEZ, Gabriela y BELTRÁN, Rosa. Pruebas normalizadas para la evaluación de la biodegradabilidad de sustancias químicas. enero de 2004. [Fecha de consulta : 11 de abril de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/236149478\\_Pruebas\\_normalizadas\\_para\\_la\\_evaluacion\\_de\\_la\\_biodegradabilidad\\_de\\_sustancias\\_quimicas\\_Una\\_revision](https://www.researchgate.net/publication/236149478_Pruebas_normalizadas_para_la_evaluacion_de_la_biodegradabilidad_de_sustancias_quimicas_Una_revision).

WADE, Leroy. Química Orgánica. 7.<sup>a</sup> ed. México: Pearson, 2011. 744 pp. Vol. 1.

ISBN: 9786073207904

WADE, Leroy. Química Orgánica. 7.<sup>a</sup> ed. México: Pearson, 2011. 656 pp. Vol. 2.

ISBN: 9786073207935

## ANEXOS

### Anexo 1

**Tabla 25.** Matriz de consistencia.

BIODEGRADACIÓN DE POLIESTIRENO, POR LA ACCIÓN DE LARVAS DE <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus A NIVEL DE LABORATORIO LIMA-2021					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACIÓN
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>			Población
¿Cuál es la eficiencia de larvas del <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, en la biodegradación del poliestireno, como dieta única a nivel de laboratorio lima- 2021?	Determinar la eficiencia de larvas del <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, en la biodegradación del poliestireno, como dieta única a nivel de laboratorio Lima-2021.	Las larvas de <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, son eficientes en la biodegradación del poliestireno, mediante la alimentación como dieta única a nivel de laboratorio Lima-2021.			Conjunto de poliestireno expandido y extruido. Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus de 1 - 1.5 cm de longitud.
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivo Especificos</b>	<b>Hipótesis Especifico</b>			<b>Muestra</b>
¿Cuál será la eficiencia de larvas del <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, en la biodegradación de poliestireno extruido, como dieta única, a nivel de laboratorio Lima – 2021?	Determinar la eficiencia de larvas del <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, en la biodegradación de poliestireno extruido como dieta única, a nivel de laboratorio Lima – 2021.	Larvas del <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, son eficientes en la biodegradación de poliestireno extruido, como dieta única, a nivel de laboratorio Lima - 2021.	<b>Variable independiente</b>	El tipo de investigación es aplicada.	26.984 g de poliestireno expandido.
¿Cuál será la eficiencia de larvas del <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, en la biodegradación de poliestireno expandido, como dieta única, a nivel de laboratorio Lima – 2021?	Determinar la eficiencia de larvas del <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, en la biodegradación de poliestireno expandido, como dieta única, a nivel de laboratorio Lima – 2021.	Larvas del <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, son eficientes en la biodegradación de poliestireno expandido, como dieta única, a nivel de laboratorio lima- 2021.	<b>Variable dependiente</b>	El diseño de la investigación es de tipo cuasi experimental.	27.872 g de Poliestireno extruido,
¿Cuál será el nivel de concentración de dióxido de carbono, durante el proceso de biodegradación de poliestireno extruido y expandido, a nivel de laboratorio Lima – 2021?	Determinar el nivel de concentración de dióxido de carbono, durante el proceso de biodegradación de poliestireno extruido y expandido, a nivel de laboratorio Lima – 2021.	El proceso de biodegradación, de poliestireno extruido y expandido, mediante el uso de larvas del <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus, emite CO <sub>2</sub> , a nivel de laboratorio Lima-2021.	Biodegradación de poliestireno.		800 larvas de <i>Tenebrio molitor</i> linnaeus.

## Anexo 2

**Tabla 26.** Matriz de operacionalización de variables.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLES	CONCEPTUAL	CONCEPTO OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD
Variable independiente					
Eficiencia de <b><i>Tenebrio molitor linnaeus</i></b>	<p><b><i>Tenebrio molitor linnaeus</i></b>, es una especie de escarabajo de color marrón rojizo, de clase Insecta. Las larvas son de unos 3cm, de color amarillo. anaranjado, con cabeza oscura y una estructura de exoesqueleto duro (Blasco,2016). La eficiencia es una medida para determinar el ingenio, la maña o la habilidad, para transformar los productos consumidos en un nuevo producto.(Alltech, 2013)</p>	La eficiencia de larvas del <b><i>Tenebrio molitor linnaeus</i></b> , se evaluará a través de consumo del poliestireno.	Masa de <b><i>T. molitor</i></b>	Masa inicial	g
				Masa final	
			Consumo de poliestireno	Masa inicial	g
				Masa final	g
				Variación total	%
			Tasa de supervivencia	Larvas vivas	%
			Tratamiento		días
Variable dependiente					
Biodegradación de poliestireno	Es la descomposición del Poliestireno en CO <sub>2</sub> y otros subproductos metabólicos, por la acción de las bacterias anaerobias presentes en el intestino larvario de insectos y otros organismos (Liaqat,Hussain,Malik, Aslam y Mumtaz, 2020, p.2141).	Biodegradación de poliestireno se medirá a través de: la cantidad de fecula producida, las condiciones de tratamiento, y el dióxido de carbono generado.	Producción de fecula	Fecula producida	g
			Condiciones de tratamiento	Temperatura	°C
				Humedad relativa	%
			Producción de carbono	Concentración de CO <sub>2</sub>	ppm

### Anexo 3

#### Instrumentos de investigación

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Tasa de supervivencia	Ficha N° 1
---	-----------------------	------------

Datos del investigador  
Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Título de investigación Biodegradación de Poliestireno, por la acción de larvas de *Tenebrio molitor linnaeus*, a nivel de laboratorio-Lima-2021

Grupo: A ( ) B ( ) C ( ) D ( ) E ( ) F ( ) G ( ) H ( )  
Cantidad: 100 larvas por grupo Característica: 1-1.5 cm de longitud

Fecha	Tiempo (días)	Nº de larvas vivos	Nº de larvas muertos	Cambio de fase	Observación
	0				
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
Total					
Promedio					

  
Dr. HORACIO ACOSTA S.  
CIP N° 25450

  
  
ING. BRAULIO ARMANDO L'ALDIVIA ORIHUELA  
CIP 180059  
GREEN LIFE S.A.C.

  
  
Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
Especialista Ambiental  
Reg. CIP N° 128658  
DNI: 087424058 Telf: 997928367

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Control y registro de condiciones ambientales del local	Ficha N° 2
---	---	------------

Datos del investigador  
 Nombres y Apellidos : \_\_\_\_\_

Título de investigación: Biodegradación de Poliestireno, por la acción de larvas de **Tenebrio molitor linnaeus**, a nivel de laboratorio-Lima-2021

Día: \_\_\_\_\_ Mes: \_\_\_\_\_ Año: \_\_\_\_\_

Tiempo (días)	Horas	Temperatura (°C)	Dióxido de carbono (ppm)	Humedad relativa (%)	Observación
	6:00 a. m.				
	12:00 p. m.				
	18:00 p.m.				
	24:00 a.m.				
Promedio					

Local OFILAB PERÚ S.A.C  
 Instrumento: AZ 7755 Serie: 1029162

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

   
 ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORHUELA  
 CIP 180960  
 GREEN LIFE S.A.C.

   
 Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
 Especialista Ambiental  
 Reg. CIP N° 128658  
 DNI: 087424058 Telf: 997928367

Datos del investigador

Nombres y Apellidos : \_\_\_\_\_

 Título de investigación: Biodegradación de Poliestireno, por la acción de larvas de *Tenebrio molitor* linnaeus, a nivel de laboratorio-Lima-2021

Grupo de tratamiento	Grupo A ( )	Grupo B ( )	Grupo C ( )	Grupo D ( )
	Grupo E ( )	Grupo F ( )	Grupo G ( )	Grupo H ( )
	Grupo Blanco 1 ( )		Grupo Blanco 2 ( )	

Grupo de tratamiento	Días	Dióxido de carbono (ppm)			Observación
		Máximo	Mínimo	Promedio	
	0				
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				

Fecha: \_\_\_\_\_



Dr. HORACIO ACOSTA S.  
CIP N° 25450



ING. BRAULIO ARMANDO L'ALDIVIA ORIHUELA  
CIP 160969  
GREEN LIFE S.A.C.



Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
Especialista Ambiental  
Reg. CIP N° 128658  
DNI: 087424058 Telf: 997928367

Datos del investigador

Nombres y Apellidos : \_\_\_\_\_

Título de investigación: Biodegradación de Poliestireno, por la acción de larvas de *Tenebrio molitor* *linnaeus*, a nivel de laboratorio-Lima-2021

100 larvas ( )

20 larvas ( )

N°	Grupo	Código	Numero de larvas	Masa inicial(g)	Masa a 10 días(g)	Observación	Masa a 20 días(g)	Observación	Masa a 30 días(g)	Observación
1	A	ma								
2	B	mb								
3	C	mc								
4	D	md								
5	E	me								
6	F	mf								
7	G	mg								
8	H	mh								
Promedio										

Fecha:  /  /

Local  OFILAB PERÚ S.A.C

Instrumento : Balanza analítica Serie: JW-B0002

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450



  
 ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA  
 CIP 180959  
 GREEN LIFE S.A.C.



  
 Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
 Especialista Ambiental  
 Reg.CIP N° 128658

DNI: 087424058 Telf:997928367

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Control de masa del poliestireno	Ficha N° 5
---	----------------------------------	------------

Datos del investigador

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Título de investigación:

Biodegradación de Poliestireno, por la acción de larvas de *Tenebrio molitor linnaeus*, a nivel de laboratorio-Lima-2021

Poliestireno expandido ( )

Poliestireno extruido ( )

N°	Identificación	Código	Masa inicial(g)	Masa a 10 días(g)	Observación	Masa a 20 días(g)	Observación	Masa a 30 días	Observación
1	Muestra 1	M...							
2	Muestra 2	M...							
3	Muestra 3	M...							
4	Muestra 4	M...							
Promedio									

Fecha:

Local:	OFILAB PERÚ S.A.C		
Instrumento:	Balanza analítica	Serie:	JW-B0002

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450


  
 ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORHUELA  
 CIP 180959  
 GREEN LIFE S.A.C.


  
 Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
 Especialista Ambiental  
 Reg.CIP N° 128658  
 DNI: 087424058      Telf:997928367

Datos del investigador  
Nombres y Apellidos

Título de investigación: Biodegradación de Poliestireno, por la acción de larvas de ***Tenebrio molitor linnaeus.*** a nivel de laboratorio-Lima-2021

N°	Grupo	Código	Masa generada(g)	Observación
1	A			
2	B			
3	C			
4	D			
5	E			
6	F			
7	G			
8	H			

Total

Fecha:

Local:

Instrumento:  Serie:

  
Dr. HORACIO ACOSTA S.  
CIP N° 25450

   
ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORHUELA  
CIP 180959  
GREEN LIFE S.A.C.

   
Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
Especialista Ambiental  
Reg.CIP N° 128658  
DNI: 087424058 Telf:997928367

## Anexo 4

### Validación de instrumentos

#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

##### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tasa de supervivencia
- 1.4. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

##### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

##### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

80%
-----

##### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 29 de abril del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 C.I.P N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### V. DATOS GENERALES

- 1.5. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO  
 1.6. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 1.7. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control y registro de condiciones ambientales del local  
 1.8. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLÁRIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

Lima, 29 de abril del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

### IX. DATOS GENERALES

- 1.9. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO  
 1.10. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 1.11. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control y registro de condiciones ambientales del tratamiento  
 1.12. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.								X				
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.								X				
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.								X				
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.								X				
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.								X				
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis								X				
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.								X				
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.								X				
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.								X				
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.								X				

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

80%
-----

### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 29 de abril del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4

### XIII. DATOS GENERALES

1.13. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO

1.14. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

1.15. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control de masa de larvas

1.16. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis									X				
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.									X				
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

### XV.OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%

Lima, 29 de abril del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 C.I.P N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 5

### XVII. DATOS GENERALES

- 1.17. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO  
 1.18. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control de masa del poliestireno  
 1.20. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis									X				
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.									X				
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

### XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

80%
-----

### XX.PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 29 de abril del 2021

  
 DR. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 6

### XXI. DATOS GENERALES

- 1.21. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO  
 1.22. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 1.23. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Producción de fecula de la larva  
 1.24. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### XXII. ASPECTOS DE VALIDADCIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.								X				
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.								X				
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.								X				
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.								X				
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.								X				
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis								X				
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.								X				
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.								X				
9.METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.								X				
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.								X				

### XXIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

### XXIV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%

Lima, 29 de abril del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: VALDIVIA ORIHUELA, BRAULIO ARMANDO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: GERENTE DE MEDIO AMBIENTE GREEN LIFE SAC.
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tasa de supervivencia
- 1.4. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

90%
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 03 de mayo del 2021





.....  
**ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA**  
 CIP 160969  
**GREEN LIFE S.A.C.**

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### V. DATOS GENERALES

- 1.5. Apellidos y Nombres: VALDIVIA ORIHUELA, BRAULIO ARMANDO  
 1.6. Cargo e institución donde labora: GERENTE DE MEDIO AMBIENTE GREEN LIFE SAC.  
 1.7. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control y registro de condiciones ambientales del local  
 1.8. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis										X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X		
9.METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.										X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X		

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 03 de mayo del 2021




ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA  
 CIP 180069  
 GREEN LIFE S.A.C.

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

### IX. DATOS GENERALES

1.9. Apellidos y Nombres: VALDIVIA ORIHUELA, BRAULIO ARMANDO

1.10. Cargo e institución donde labora: GERENTE DE MEDIO AMBIENTE GREEN LIFE SAC.

1.11. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control y registro de condiciones ambientales del tratamiento

1.12. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 03 de mayo del 2021





ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA  
CIP 180969  
GREEN LIFE S.A.C.

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4

### XIII. DATOS GENERALES

1.13. Apellidos y Nombres: VALDIVIA ORIHUELA, BRAULIO ARMANDO

1.14. Cargo e institución donde labora: GERENTE DE MEDIO AMBIENTE GREEN LIFE SAC.

1.15. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control de masa de larvas

1.16. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XV.OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 03 de mayo del 2021





**ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA**  
**CIP 180969**  
**GREEN LIFE S.A.C.**

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 5

### XVII. DATOS GENERALES

- 1.17. Apellidos y Nombres: VALDIVIA ORIHUELA, BRAULIO ARMANDO  
 1.18. Cargo e institución donde labora: GERENTE DE MEDIO AMBIENTE GREEN LIFE SAC.  
 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control de masa del poliestireno  
 1.20. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

90%

### XX.PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 03 de mayo del 2021





.....  
**ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA**  
**CIP 180959**  
**GREEN LIFE S.A.C.**

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 6

### XXI. DATOS GENERALES

- 1.21. Apellidos y Nombres: VALDIVIA ORIHUELA, BRAULIO ARMANDO  
 1.22. Cargo e institución donde labora: GERENTE DE MEDIO AMBIENTE GREEN LIFE SAC.  
 1.23. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Producción de fecula de la larva  
 1.24. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### XXII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XXIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

### XXIV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 03 de mayo del 2021

INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUAS  
 ING. BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA  
 CIP 160269  
 GREEN LIFE S.A.C.

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. SANDOVAL RICCI, ALDO JUAN
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE PRINCIPA-FIGAE UNFV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tasa de supervivencia
- 1.4. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### II. ASPECTOS DE VALIDADCIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLÁRIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.




### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 18 de mayo del 2021



*Sandoval Ricci*

Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
Especialista Ambiental  
Reg.CIP N° 128658

DNI: 087424058

Telf:997928367

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### V. DATOS GENERALES

1.5. Apellidos y Nombres: Dr. SANDOVAL RICCI, ALDO JUAN

1.6. Cargo e institución donde labora: DOCENTE PRINCIPA-FIGAE UNFV

1.7. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control y registro de condiciones ambientales del local

1.8. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 18 de mayo del 2021



*Sandoval Ricci*

Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
Especialista Ambiental  
Reg. CIP N° 128658

DNI: 087424058

Telf: 997928367

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

#### IX. DATOS GENERALES

1.9. Apellidos y Nombres: Dr. SANDOVAL RICCI, ALDO JUAN

1.10. Cargo e institución donde labora: DOCENTE PRINCIPA-FIGAE UNFV

1.11. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control y registro de condiciones ambientales del tratamiento

1.12. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

#### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

#### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 18 de mayo del 2021



*Sandoval Ricci*

Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
Especialista Ambiental  
Reg.CIP N° 128658

DNI: 087424058

Telf:997928367

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4

### XIII. DATOS GENERALES

- 1.13. Apellidos y Nombres: Dr. SANDOVAL RICCI, ALDO JUAN  
 1.14. Cargo e institución donde labora: DOCENTE PRINCIPA-FIGAE UNFV  
 1.15. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control de masa de larvas  
 1.16. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 18 de mayo del 2021



*Sandoval Ricci*

Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
Especialista Ambiental  
Reg.CIP N° 128658

DNI: 087424058

Tel:997928367

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 5

### XVII. DATOS GENERALES

- 1.17. Apellidos y Nombres: Dr. SANDOVAL RICCI, ALDO JUAN  
 1.18. Cargo e institución donde labora: DOCENTE PRINCIPA-FIGAE UNFV  
 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Control de masa del poliestireno  
 1.20. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

90%

### XX.PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 18 de mayo del 2021



*Sandoval Ricci*

Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
Especialista Ambiental  
Reg.CIP N° 128658

DNI: 087424058

Telf:997928367

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 6

### XXI. DATOS GENERALES

- 1.21. Apellidos y Nombres: Dr. SANDOVAL RICCI, ALDO JUAN  
 1.22. Cargo e institución donde labora: DOCENTE PRINCIPA-FIGAE UNFV  
 1.23. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Producción de fecula de la larva  
 1.24. Autor de Instrumento: HUARANCCA ÑAHUINCOPA, COSME PAUL

### XXII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2.OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7.CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8.COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9.METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XXIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para aplicación.

X

### XXIV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 18 de mayo del 2021



*Sandoval Ricci*

Dr. Aldo Juan Sandoval Ricci  
Especialista Ambiental  
Reg.CIP N° 128658

DNI: 087424058

Telf:997928367

## Anexo 5

**Tabla 27.** Polímeros lineales, sus monómeros y sus unidades repetitivas.

Polímero	Monómero		Unidad
Nombre	Formula	Nombre	Repetitiva
Polietileno	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Etileno	$-\text{CH}_2\text{CH}_2-$
Poli(cloruro de vinilo)	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$	Cloruro de vinilo	$-\text{CH}_2\text{CHCl}-$
Poliisobutileno	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2=\text{C} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isobutadieno	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{CH}_2-\text{C}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Poliestireno	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	estireno	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
Policaprolactama (nylon 6)	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{C}-\text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$	caprolactama	$\begin{array}{c} -\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{C}- \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$
Poliisopreno (caucho natural)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isopreno	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2\text{CH}=\text{C}-\text{CH}_2- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Fuente: Chang, R., y Goldsby, K., 2013. p. 1066, México.

## Anexo 6



Figura 10. Estructura química del poliestireno en su producto final

Fuente: Wade (2011)

## Anexo 7

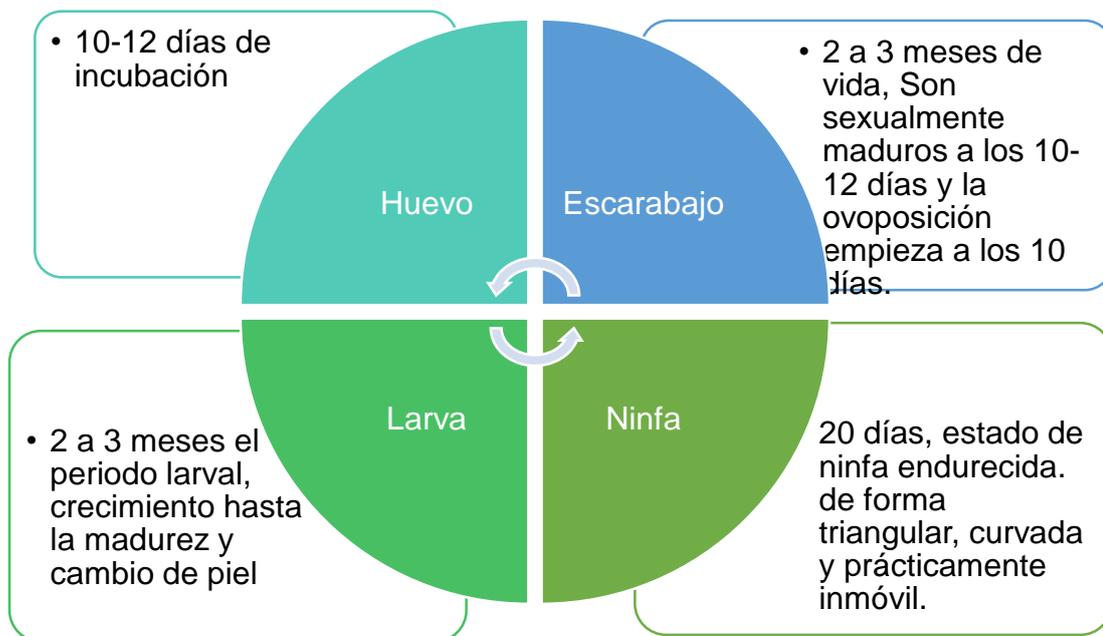


Figura 11. Etapas de ciclo de vida de Tenebrio molitor linnaeus.

Fuente: Soto (2013)

## Anexo 8

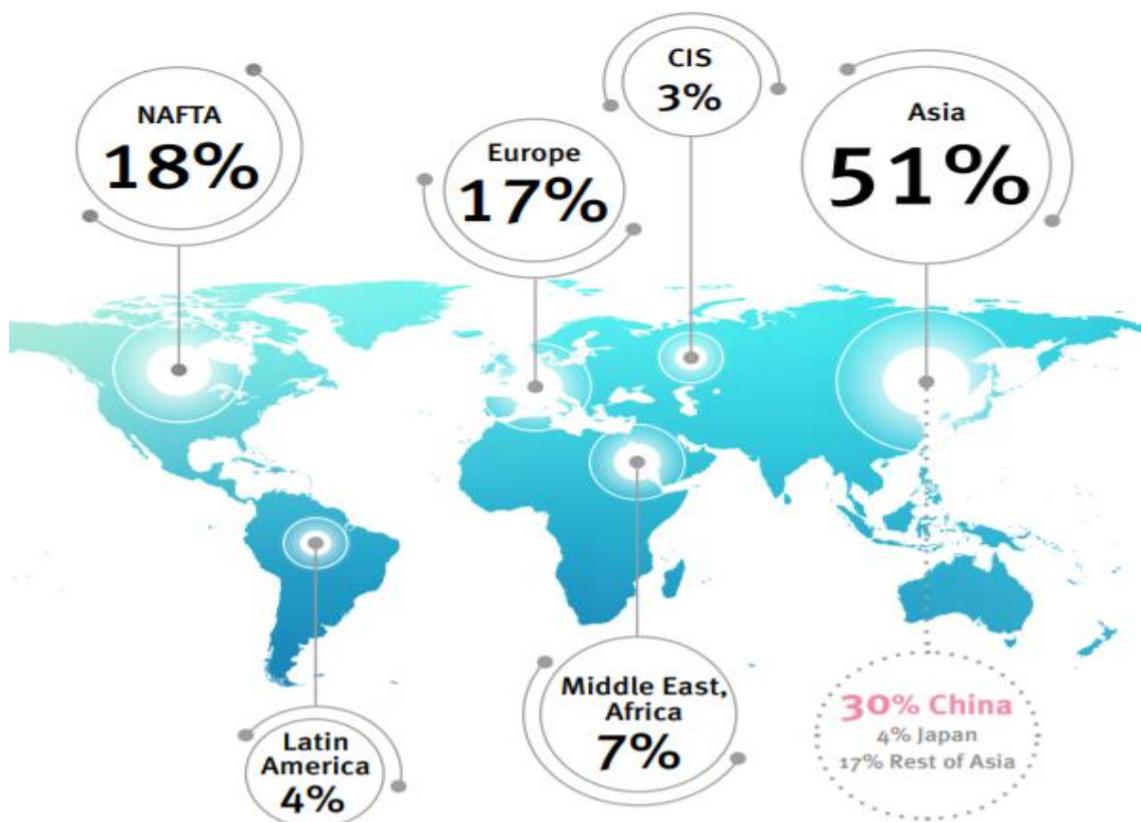


Figura 12. Distribución global de la producción de plásticos en 2019.

Fuente: Plastics Europe (2019)

## Anexo 9

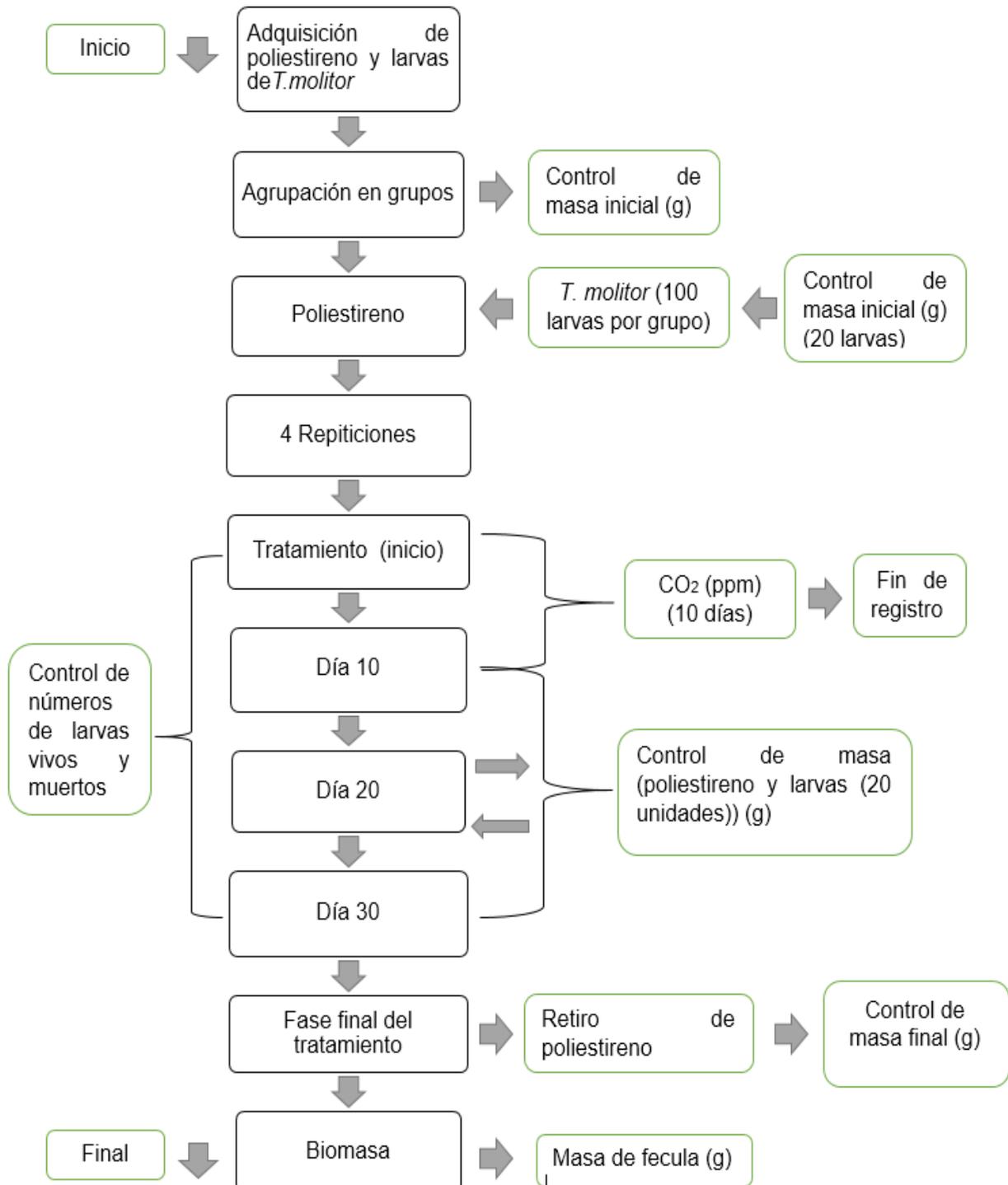


Figura 13. Flujoograma del proceso de biodegradación del poliestireno por larvas de *T. molitor*.

## Anexo 10

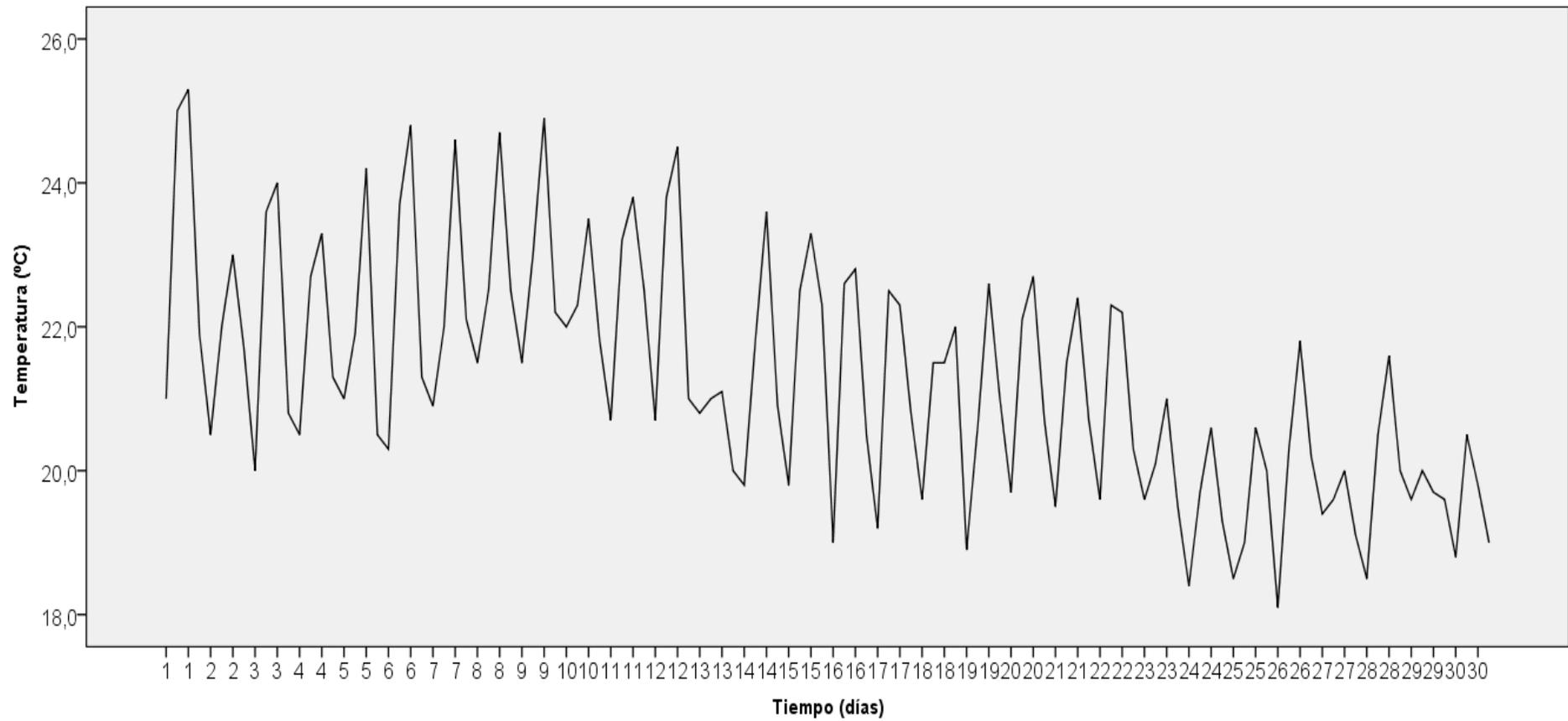


Figura 14. Variación de temperatura ambiental del espacio interior del área de investigación.

## Anexo 11

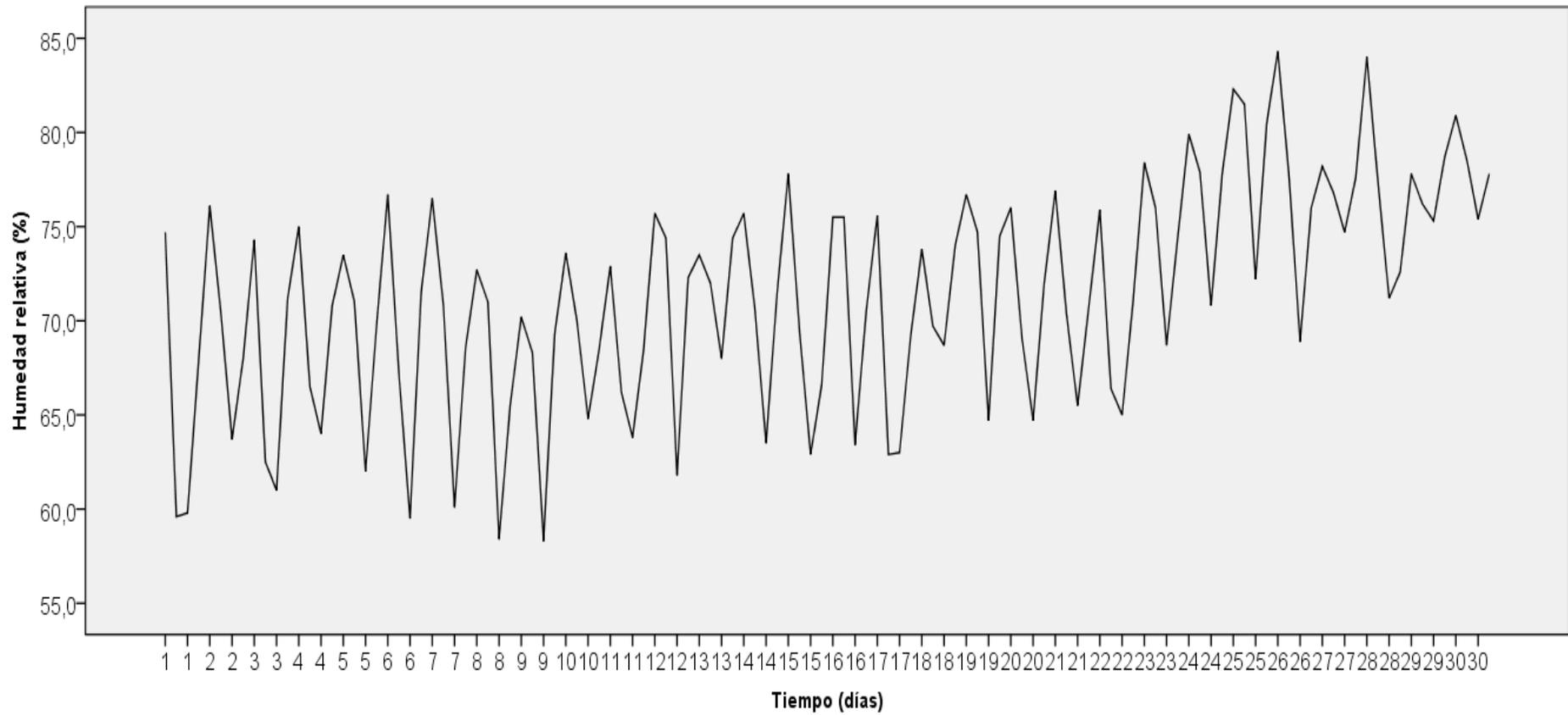


Figura 15. Variación de humedad relativa del espacio interior del área de investigación.

## Anexo 12

**Tabla 28.** Diferencia de medias para masa de larvas del *T. molitor* expuestos a *P. expandido*.

Diferencia de medias para la masa promedio de larvas en la biodegradación del <i>P. expandido</i>						
HSD de Tukey						
(I) Días de control	(J) Días de control	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
	Día 10	-.035250	.055214	,918	-.19917	.12867
Día 1	Día 20	-.041000	.055214	,878	-.20492	.12292
	Día 30	-.062250	.055214	,680	-.22617	.10167
	Día 1	.035250	.055214	,918	-.12867	.19917
Día 10	Día 20	-.005750	.055214	1,000	-.16967	.15817
	Día 30	-.027000	.055214	,960	-.19092	.13692
	Día 1	.041000	.055214	,878	-.12292	.20492
Día 20	Día 10	.005750	.055214	1,000	-.15817	.16967
	Día 30	-.021250	.055214	,980	-.18517	.14267
	Día 1	.062250	.055214	,680	-.10167	.22617
Día 30	Día 10	.027000	.055214	,960	-.13692	.19092
	Día 20	.021250	.055214	,980	-.14267	.18517

### Anexo 13

**Tabla 29.** Diferencia de medias para masa de larvas del *T. molitor* expuestos a P. extruido.

Diferencia de medias para la masa promedio de larvas en la biodegradación del P. expandido						
HSD de Tukey						
(I) Días de control	(J) Días de control	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
	Día 10	.022750	.041579	,946	-.10069	.14619
Día 1	Día 20	.005750	.041579	,999	-.11769	.12919
	Día 30	.007000	.041579	,998	-.11644	.13044
	Día 1	-.022750	.041579	,946	-.14619	.10069
Día 10	Día 20	-.017000	.041579	,976	-.14044	.10644
	Día 30	-.015750	.041579	,981	-.13919	.10769
	Día 1	-.005750	.041579	,999	-.12919	.11769
Día 20	Día 10	.017000	.041579	,976	-.10644	.14044
	Día 30	.001250	.041579	1,000	-.12219	.12469
	Día 1	-.007000	.041579	,998	-.13044	.11644
Día 30	Día 10	.015750	.041579	,981	-.10769	.13919
	Día 20	-.001250	.041579	1,000	-.12469	.12219

## Anexo 14

Fotografías con respecto a materiales de la investigación.



Foto N° 1: Tenebrio molitor linnaeus en la fase larvaria.



Foto N° 2: Muestras de P. expandido y extruido, en medidas de 10 x 5cm.

## Anexo 15

Fotografía con respecto a instrumentos de laboratorio.



Foto N° 3: Equipo portable AZ 7755. Foto N° 4: Balanza analítica.

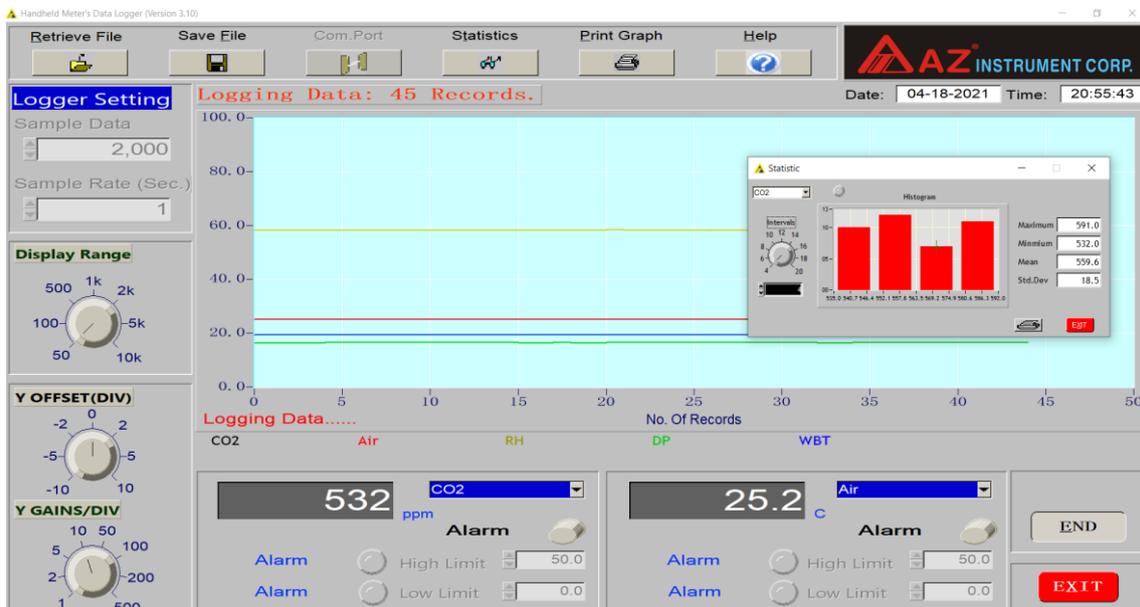


Foto N° 5: Software RS232 de AZ7755.

## Anexo 16

Fotografías con respecto al tratamiento de poliestireno.



Foto N° 6: Medida de masa inicial de *Tenebrio molitor*.



Foto N° 7: Medida de masa inicial de poliestireno.



Foto N° 8: Tratamiento en 8 grupos respectivos.



Foto N° 8: Medición de CO<sub>2</sub>.



1

Foto N° 9: Consumo de poliestireno expandido.



Foto N° 10: Consumo de poliestireno extruido.



Foto N° 11: Fecula producida.



Foto N° 12: Larvas muertas.

## Anexo 17

Certificado de calibración de AZ 7755.

REPMI NOTE 9T

●  
○  
○

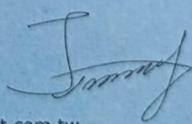
### Calibration Certificate

**1. Product Quality Conformity:**  
We confirm the qualities of the products are in compliance with the conformity to our product specifications.

**2. Duration of Guarantee:**  
The meters are warranted to be free from defects in material and workmanship for one year, starting from the date of discharged date.

**3. Conditions for the Guarantee and Exclusions:**  
The warranty covers normal operation and does not cover battery, misuse, abuse, alteration, neglect, improper maintenance, or damage resulting from leaking batteries. The warranty also do not cover normal wear and tear, cuts or scratches, or damage caused by impacts or accidents; and damages caused by external factors such as exposure to the sun, dampness or dust etc.  
Proof of purchase is required for warranty repairs.  
Warranty is void if the meter has been opened or modified.

**4. Return Authorization:**  
Authorization must be obtained from the supplier before returning items for any reason. When requiring a RA (Return Authorization), please include data regarding the defective reason, the meters are to be returned along with good packing to prevent any damage in shipment and insured against possible damage or loss.

**AZ QC Manager:** 

 **AZ Instrument Corp.**  
www.az-instrument.com.tw

**Email:** info@az-instrument.com.tw  
**TEL:** +886-4-22349148  
**FAX:** +886-4-22349542

## Anexo 18

Certificado de calibración de balanza analítica.



PRECISIÓN & TECNOLOGÍA a su servicio

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

004-00141-CR-OFILAB-21

#### 1. SOLICITANTE

Razón Social : INVERSIONES CENTRO MERCURIO S.A.C.  
Dirección : Carr. Autopista Panameric Mza.K Lote. 03 Zona a Asociación Agrupación Ag (Alt Km 37.2 Par Jahuary), Lurin

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

#### 2. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO

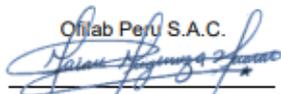
Equipo / Instrumento : BALANZA ANALÍTICA  
Marca : ELECTRONIC SCALE  
Procedencia : CHINA  
Modelo : No indica  
Serie : JW-B20002  
Código / ID : No indica  
Tipo : Electrónica  
Clase : Clase II  
Capacidad máxima : 2000 g  
Divis. de escala (d) : 0.01 g  
Divis. de verific. (e) : 10 g  
Ubicación del equipo / instrumento : Instalaciones de INVERSIONES CENTRO MERCURIO S.A.C.  
Fecha de Calibración : Lima, 19 de Abril del 2021

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario esta en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

OFILAB PERÚ S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito del laboratorio que lo emite.

Ofilab Peru S.A.C.  
  
Ing. Miriam Muguza Huarac  
Departamento de Calidad  
CIP 252259

Ofilab Peru S.A.C.  
  
Ing. Jorge Santos Aquino  
Departamento de Metrología

