



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad  
mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel  
laboratorio – Lima 2023.

**TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniera Ambiental**

**AUTORAS:**

Mandujano Hilario, Veronica Sandra ([orcid.org/0009-0002-5242-0819](https://orcid.org/0009-0002-5242-0819))

Rodriguez Lopez, Rocio Teresa ([orcid.org/0009-0001-0568-9834](https://orcid.org/0009-0001-0568-9834))

**ASESOR:**

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio ([orcid.org/0000-0003-1485-5854](https://orcid.org/0000-0003-1485-5854))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA - PERÚ**

**2024**

## **Dedicatoria**

A Dios y a nuestras familias por el apoyo incondicional de siempre

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios y a nuestros padres y familiares porque nos brindaron su apoyo tanto moral como económico para culminar nuestros estudios y lograr nuestros objetivos trazados para un futuro

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel laboratorio – Lima 2023.", cuyos autores son MANDUJANO HILARIO VERONICA SANDRA, RODRIGUEZ LOPEZ ROCIO TERESA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 21 de Febrero del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI <b>DNI:</b> 07234567 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 10- 04-2024 14:17:54

Código documento Trilce: TRI – 0738621

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, MANDUJANO HILARIO VERONICA SANDRA, RODRIGUEZ LOPEZ ROCIO TERESA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de Plodia interpunctella, a nivel laboratorio – Lima 2023.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
MANDUJANO HILARIO VERONICA SANDRA <b>DNI:</b> 47005541 <b>ORCID:</b> 0009-0002-5242-0819	Firmado electrónicamente por: VEMANDUJANOHI el 06-04-2024 17:39:41
RODRIGUEZ LOPEZ ROCIO TERESA <b>DNI:</b> 46174685 <b>ORCID:</b> 0009-0001-0568-9834	Firmado electrónicamente por: RORODRIGUEZLO el 06-04-2024 11:08:23

Código documento Trilce: INV - 1562180

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores .....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen.....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variables y operacionalización .....	15
3.3. Población, muestra y muestreo .....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos... ..	18
3.5. Procedimientos.....	21
3.6. Método de análisis de datos... ..	24
3.7. Aspectos éticos.....	24
IV. RESULTADOS .....	25
V. DISCUSIÓN.....	38
VI. CONCLUSIONES.....	41
VII. RECOMENDACIONES .....	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS.....	51

## Índice de tablas

Tabla 1. Instrumentos de recolección de datos .....	19
Tabla 2. Instrumentos de recolección de datos .....	20
Tabla 3. Instrumentos de recolección de datos .....	20
Tabla 4. Registro de datos de la validación de instrumentos .....	21
Tabla 5. Porcentaje de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> .....	25
Tabla 6. Promedio de biodegradación del EPS con complemento de harina por temperaturas .....	26
Tabla 7. Análisis de varianza en (ANOVA) de la efectividad del uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> con complemento de harina .....	26
Tabla 8. Porcentaje de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> .....	27
Tabla 9. Promedio de la biodegradación del EPS sin complemento de harina por temperaturas .....	28
Tabla 10. Análisis de varianza en (ANOVA) de la efectividad del uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> sin complemento de harina .....	28
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) en la determinación de la temperatura óptima. ....	29
Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) en la determinación del tiempo óptimo de biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> ... ..	32
Tabla 13. Optimización en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> con complemento de harina de trigo .....	35
Tabla 14. Optimización en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> sin complemento de harina de trigo .....	35
Tabla 15. Tasa de supervivencia de las larvas de <i>Plodia interpunctella</i> en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo durante los 30 días de tratamiento... ..	35
Tabla 16. Tasa de supervivencia de las larvas de <i>Plodia interpunctella</i> en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina durante los 30 días de tratamiento .....	36

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Ciclo biológico (días) de la <i>Plodia interpunctella</i> .....	13
<i>Figura 2.</i> Diagrama de flujo .....	22
<i>Figura 3.</i> Análisis de medias en la prueba de Post Hoc referente a la temperatura óptima que permite una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> .....	30
<i>Figura 4.</i> Análisis de medias en la prueba de Post Hoc referente a la temperatura óptima que permite una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> .....	31
<i>Figura 5.</i> Humedad relativa durante el proceso de biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> .....	31
<i>Figura 6.</i> Análisis de medias en la prueba de Post Hoc del tiempo óptimo en el proceso de biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> sin complemento de harina de trigo.....	33
<i>Figura 7.</i> Análisis de medias en la prueba de Post Hoc del tiempo óptimo en el proceso de biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> con  complemento de harina de trigo.....	34

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar la eficiencia de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel laboratorio 2023. El tipo de investigación fue aplicada con diseño experimental puro, considerándose una muestra total de 2400 larvas de *Plodia interpunctella* empleadas en los tratamientos durante la investigación. La temperatura óptima que permite mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* fue de 30°C, asimismo, el tiempo óptimo para biodegradar el poliestireno expandido de baja densidad fue entre los 14 y 21 días de control mediante las larvas de *Plodia interpunctella* y en relación con la optimización de la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad al incluir un complemento alimenticio (harina de trigo) en la dieta de las larvas de *Plodia interpunctella*, se observó un aumento significativo en la degradación del material al día 14 del estudio de control, alcanzando una cantidad de 3.32 gramos. Se concluyó que las larvas de *Plodia interpunctella* son eficientes en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad. Se observó mayor degradación del material al incluir la harina de trigo, alcanzando un promedio de 17.64 %.

**Palabras clave:** Biodegradación, poliestireno, larvas de *Plodia interpunctella*.

## Abstract

The general objective of this research was to evaluate the biodegradation efficiency of low density expanded polystyrene using *Plodia interpunctella* larvae, at laboratory level 2023. The type of research was applied with a pure experimental design, considering a total sample of 2400 *Plodia interpunctella* larvae used in the treatments during the research. The optimum temperature that allows greater biodegradation of low density expanded polystyrene by using *Plodia interpunctella* larvae was 30°C, and the optimum time for biodegradation of low density expanded polystyrene using *Plodia interpunctella* larvae was 30°C, the optimum time to biodegrade the low density expanded polystyrene was between 14 and 21 days of control using *Plodia interpunctella* larvae and in relation to the optimisation of the biodegradation of low density expanded polystyrene by including a food supplement (wheat flour) in the diet of *Plodia interpunctella* larvae, a significant increase in the degradation of the material was observed at day 14 of the control study, reaching an amount of 3.32 grams. It was concluded that *Plodia interpunctella* larvae are efficient in the biodegradation of low density expanded polystyrene. Higher degradation of the material was observed when wheat flour was included, reaching an average of 17.64 %.

**Keywords:** Biodegradation, polystyrene, *Plodia interpunctella* larvae.

## I. INTRODUCCIÓN

El impacto perjudicial de los residuos plásticos en nuestro entorno ha generado una creciente preocupación. La producción de plásticos fue de 390.7 millones de toneladas en el año 2021, representando 9.8% a nivel mundial según datos de (PlasticsEurope, 2022). Alarmadamente, esta cifra ha superado los 400 millones de toneladas en la actualidad, con menos del 10% es reciclado, aproximadamente entre 19 y 23 millones de toneladas desembocando en ríos, lagos y océanos como advierte la (ONU, 2023). El panorama de la demanda de producción a nivel mundial muestra una predominancia en el uso de ciertos tipos de plásticos, siendo el polipropileno (PP) el más demandado con un 19.3%, seguido por el polietileno (PE) con un 14.4%, el polivinilo (PVC) con un 12.9%, el poliuretano (PUR) con un 5.5%, el tereftalato de polietileno (PET) con un 6.2%, el poliestireno (PS) y el poliestireno expandido (EPS) con 5.3%. Por otro lado, los bioplásticos representan un porcentaje de 1.5% del total de la demanda (PlasticsEurope, 2022). Un estudio reciente evidenció que, en las playas y aguas superficiales marinas de Asia, aproximadamente el 40.4% y el 31% respectivamente están compuestos por poliestireno expandido. En otras regiones del mundo, estos números se sitúan en un 17.3% y 6.5% para EPS, según el informe de (Chan, Not, 2023).

Un aproximado de 7.000 millones de residuos de plásticos terminaron en vertederos y en el ecosistema, de los 9.200 millones de toneladas producidas entre el año 1950 y 2017 (PNUMA, 2021). Por otro lado, el 23% y 17.2% de los plásticos que predominan en las playas y las aguas superficiales marinas, están compuestos por poliestireno expandido, según la información de (Chan, Not, 2023). Así mismo, de los residuos plásticos que se han producido a lo largo de la historia, el 9% fueron reciclados, el 12% fueron incinerados y el 79% terminaron en los vertederos y en el ambiente (ONU, 2023).

Del total de 85% los desechos marinos, son residuos plásticos que afectan letalmente al ecosistema acuático, generando enredo, asfixia y causando daños toxicológicos, como a las ballenas, peces, focas, corales, plancton y entre otros (PNUMA, 2021). En el Perú, usaron 30 kilos de plásticos por persona al año,

representando el 10% del total de residuos que fueron generados al año. (MINAM, 2021). Y en Lima y el Callao se generaron 886 toneladas de residuos plásticos al día, representando el 46% a nivel nacional. (MINAM, 2021).

Los poliestirenos expandidos que terminan contaminando las playas, ríos y calles, del departamento de Lima, tardan aproximadamente 500 años en degradarse, emiten toxinas causando daños irreversibles en los ecosistemas según información del (MINAM, 2021). Por ello siguen realizando estudios para llegar a una solución, por medios de microorganismos, bacterias y larvas de insectos, como las larvas de la *Plodia interpunctella* que son una especie lepidóptera ditrisio, que pertenece a la familia Pyralidae, estas consumen alimentos secos como granos de maíz, harinas, cereales que se encuentran en el almacén de nuestras viviendas y son considerados una plaga; como alternativa al problema de la contaminación por plásticos, aprovechamos el potencial de las larvas de *Plodia interpunctella* en la biodegradación del poliestireno expandido, así mismo generando nuevos conocimientos para la disminución de residuos plásticos.

En la presente investigación se planteó como problema general lo siguiente: ¿Cuánto será la eficiencia de la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel laboratorio 2023? y los problemas específicos son: ¿Cuánto será la temperatura óptima para una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*?, ¿Cuál será el tiempo óptimo de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*? y ¿En cuánto optimizará la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad al agregar un complemento alimenticio (harina de trigo) en la dieta de larvas de *Plodia interpunctella*?

La justificación del presente trabajo es teórica, ya que está direccionada a generar nuevas teorías, donde evidencia que las larvas de *Plodia interpunctella* es eficiente la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad, información que servirá para el desarrollo de nuevas investigaciones. Y también

la justificación es práctica, porque da solución a los problemas ambientales dada por la contaminación del poliestireno expandido, ya que terminan su ciclo productivo en corto tiempo y luego son arrojados con frecuencia al borde de los caminos, ríos, aguas marinas, áreas de cultivos y algunos terminaron incinerados, ocasionando la contaminación atmosférica y con ello causando daño a la salud. Es por ello que la biodegradación mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, ayuda a reducir cantidades del poliestireno expandido.

Planteamos como objetivo general, evaluar la eficiencia de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel laboratorio 2023. Los objetivos específicos son: Determinar la temperatura óptima entre (20°C, 25°C y 30°C) para una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, determinar el tiempo óptimo entre 7, 14, 21 y 30 días de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* y finalmente determinar la optimización en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad al agregar un complemento alimenticio (harina de trigo) en la dieta de larvas de *Plodia interpunctella*.

La hipótesis general es: La biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad es significativa mediante el uso de las larvas de *Plodia interpunctella* y las hipótesis específicas son: La temperatura óptima es de 25°C. para una mayor biodegradación del poliestireno de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, el tiempo óptimo es de 21 días para una mayor biodegradación del poliestireno de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* y la biodegradación del poliestireno de baja densidad se optimiza en 1.9 % con la harina de trigo en su dieta de las larvas de *Plodia interpunctella*.

## II. MARCO TEÓRICO

Se realizó la búsqueda de trabajos previos, relacionados a la presente investigación, encontrándose antecedentes a nivel internacional conforme se detalla:

**Abdulhay (2020)**, desarrolló la investigación sobre biodegradación de diversos residuos plásticos utilizando larvas del escarabajo confusum *Jacquelin du Val*. El objetivo fue determinar la capacidad de biodegradación de diferentes tipos de plásticos como el poliestireno, polietileno y el acetato de vinilo, mediante las larvas del escarabajo de la harina. Para ello, aplicó la metodología experimental donde, crió 100 larvas a una temperatura de 30°C con una humedad relativa de 70±5% en un ambiente oscuro, siendo controlado en función temporal de (1,14,21 y 30 días), además utilizó dos pequeños discos de tres muestras diferentes como el poliestireno (PS), polietileno (PE) y acetato de vinilo (EVA) a una medida de 1 cm de diámetro y 1 mm de altura, dejándolo por un tiempo de 30 días. En los resultados se pudo apreciar la pérdida de mayor masa en plásticos fue para el poliestireno expandido (PS) con 50.92% y el de menor masa fue del vinilo con 2.9%. Finalmente concluyeron que, las larvas *Tribolium confusum* tienen la capacidad de biodegradar los plásticos PE, PS y acetato de vinilo en porcentajes diferentes.

**Shan et al. (2021)**, investigaron sobre la biodegradación del poliestireno mediante el uso de larvas *Zophobas atratus*, *Galleria mellonella* y *Tenebrio molitor*. El objetivo fue demostrar la capacidad de las larvas en la biodegradación de poliestireno (PS). La metodología que aplicaron fue experimental cuantitativa, tomaron 200 larvas de cada especie, que llevaron al contenedor de polipropileno de 14 cm de largo por 14 cm de ancho y 7 de altura, teniendo como alimento el poliestireno de 3 gr., siendo evaluados cada 5 días en un periodo de 30 días, bajo condiciones de temperatura de 25±2°C. La data obtenida sobre la variación de microbiota intestinal y degradación del PS, obtuvieron cuantitativamente antes y después del proceso. Los resultados mostraron que la biodegradación de PS con larvas de *Zophobas atratus* fue mayor que las 2 especies al igual que la tasa de

supervivencia. La masa degradada del PS por las larvas de *Zophobas atratus* fue 7.95g, seguido de la *Galleria mellonella* con 3.08g., finalmente el *Tenebrio molitor* destruyó el anillo de benceno con 0.19 g del PS. Concluyeron, que los tres tipos de larvas estudiadas poseen la facultad de degradar el poliestireno en diferentes porcentajes al igual que su tasa de supervivencia.

**Yang et al., (2020)**, realizaron la investigación sobre la idoneidad de biodegradación de espumas de polietileno de baja densidad y poliestireno expandido mediante el empleo de larvas de *Tenebrio molitor linnaeus* (Coleóptera: Tenebrionidae), asimismo de conocer sobre el desarrollo de despolimerización de estos plásticos. Su objetivo general fue determinar cuantitativamente la biodegradación del poliestireno (PS) y el polietileno de baja densidad (LDPE) mediante los gusanos amarillos de la harina (larvas de *Tenebrio molitor*). La metodología empleada fue de carácter experimental, desarrollada con duplicados de 300 larvas de *T. monitor* cada una, las cuales consumieron poliestireno expandido de baja densidad (EPS) y LDPE durante 60 días a temperatura de 25 °C en incubadora, visualizándose que, en ambos casos, el peso molecular del PS y LDPE inicial se redujo obteniendo consumo de PS y polietileno (PE) en  $4,27 \pm 0,09$ ;  $3,33 \pm 0,02$  mg y 100 larvas-1, d - 1 respectivamente. Los resultados obtenidos confirmaron que las larvas *T. monitor* poseen la capacidad de biodegradar el LDPE y PS, concluyeron que los patrones de despolimerización de estos plásticos cuantitativamente presentan cifras diferentes.

**Yang et al. (2020)**, realizaron un estudio de la capacidad que posee los caracoles terrestres *Achatina fulica* para la biodegradación de poliestireno expandido (EPS). El objetivo fue determinar la cantidad de biodegradación del EPS obtenida por medio de caracoles terrestres *Achatina fulica*. Para la investigación emplearon una metodología con carácter experimental, utilizando para las muestras un total de 150 caracoles colocados en frascos de vidrio y subdivididos según la características de su alimentación, 76 caracoles fueron alimentados con el EPS, 24 caracoles con un bloque de EPS aplicado jugo de lechuga, 44 caracoles con EPS y lechuga que poseía antibiótico oxitetraciclina y finalmente 6 caracoles fueron empleados para el análisis a su comunidad microbiana de sus intestino; los

caracoles *A. fulica* fueron criados 8 horas con exposición a la luz y 16 horas en oscuridad a una temperatura de  $25 \pm 1$  °C en un periodo de 4 semanas. Los resultados obtenidos fueron que cada caracol terrestre *A. fulica* durante el tiempo experimental se alimentó de 18.5 miligramos de EPS, segregando microplásticos en la excreción de sus heces. Concluyeron que los caracoles *Achatina fulica* biodegradan el poliestireno expandido, por lo tanto, son especies terrestres que dan cuidado del ambiente.

**Shan et al. (2017)**, estudiaron la biodegradación del poliestireno (PS) mediante las larvas de *Tenebrio molitor linnaeus*. El objetivo fue conocer el potencial de biodegradación y factores que determinan el porcentaje de consumo del PS. La metodología utilizada fue experimental, utilizaron dos tratamientos: PS sólo y PS con aditivo de salvado que fue agregado cada 4 días, en cada incubadora 120 larvas, los análisis tuvo dos réplicas, realizaron pruebas que influyen en la supervivencia de las larvas como la temperatura (20, 25 y 30 °C), la humedad de 70 y 80 % y evaluaron el consumo del PS en un periodo de 32 días. El resultado fue, las larvas *Tenebrio Molitor Linnaeus* lograron una óptima biodegradación del PS con aditivo de salvado de trigo, el mayor consumo fue  $45,8 \pm 1,9$  % y el menor de  $19,9 \pm 0,5$ % del PS expuesto, la temperatura influye en la tasa de supervivencia, la mejor condición es 20-25 °C, el mayor consumo de PS fue a 25-30 °C. En conclusión, las larvas *Tenebrio Molitor Linnaeus* tienen la facultad de biodegradar el PS y que existe una relación directa con los efectos que puede generar la nutrición y la temperatura.

**Luo et al. (2021)**, investigaron la capacidad de biodegradación de plásticos de espuma mediante el uso de larvas de *Zophobas atratus*. El objetivo fue demostrar la capacidad de biodegradación que posee la larva *Zophobas atratus* teniendo como alimento diversos tipos de plásticos. La metodología utilizada fue experimental, las larvas *Zophobas atratus* fueron separadas en grupo de 15, dentro de una caja de 15x10x 7cm, a temperatura de  $25 \pm 1$  °C y humedad de  $60 \pm 5$  %, estuvieron en oscuridad dentro de una incubadora, estas larvas tuvieron alimentación en 3 tipos de plásticos, el polietileno (PE), el poliestireno (PS) y espuma de poliuretano (PU), 2 gramos de este plástico al inicio del proceso y

agregando esa cantidad cada 5 días, se adhirió a su dieta complemento alimenticio el salvado, este proceso de análisis se dio durante 35 días con tres réplicas. Los resultados fueron que las larvas degradaron el PE, PS y PU en cantidades de 0.30, 1.41 y 0.74 mg/d/larva. Concluyeron que la larva *Z. atratus* posee la facultad de biodegradar diversos tipos de plásticos, depende el consumo de plásticos de la dieta que las larvas llevan, pudiéndose combinar con aditivos ricos en nutrientes como el salvado.

**Tsochatzis et al. (2021)**, investigaron a las larvas de *Tenebrio molitor* y la capacidad de biodegradar el poliestireno expandido, mediante el análisis de perfiles metabólicos, empleando un espectrómetro de masas GC-TOF-MS. El objetivo fue determinar el hallazgo de polímeros en las excretas y en tejido intestinal de las larvas después de consumir poliestireno expandido. La metodología desarrollada fue experimental, separaron en grupos de 75 larvas para ser ubicados en cilindros de 50 cm<sup>2</sup>, realizando experimentos por duplicado, a temperatura de 25 °C ± 1 °C y humedad relativa de 55 ± 5%, recolectaron 100 mg de excremento para el análisis espectral, de igual forma se extrajo 100 mg de tejido intestinal larvario inyectándose en el sistema GC-TOF-MS ambas muestras con tres réplicas. Los resultados que permitió que la ubicación en poca cantidad de oligómeros de PS y estireno, numéricamente arrojó un total de 346,0 ng/mg de 2,4 di-terc-butilfenol estos resultados fueron hallados en los excrementos y en los tejidos intestinales larvarios. Concluyeron la existencia de compuestos contaminantes y orgánicos degradantes en bajos niveles detectados en el tejido intestinal y excretas de las larvas durante el proceso de biodegradación del poliestireno.

**Elumalai et al. (2021)**, en su investigación determinaron la capacidad que tiene la microalga fotosintética *Uronema africanum borge* de degradar la lámina de polietileno de baja densidad (LDPE). El objetivo fue determinar la biodegradación del polietileno mediante la microalga fotosintética, aplicaron la metodología experimental. Aislaron la microalga que se encontraba ubicada en una bolsa de plástico dentro de un vertedero de un lago ubicado en el sur de la India, tomando 3 grupos de microalgas para ser puestas en láminas del polietileno de baja

densidad (LDPE) y fueron además complementadas con medio de cultivo Bold's Basal Medium (BBM), medio de cultivo Gibco (BG-11) y medio de cultivo DM respectivamente, utilizándose matraces cónicos de capacidad 250 gr, con 100ml de medio cultivo y adhiriendo 10 capas de LDPE de medidas 1cm<sup>2</sup>, para su desarrollo se tuvo en condiciones de 25 °C y a 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. En los resultados se obtuvo que la microalga comenzó el proceso de biodegradación en la lámina LDPE desde los 30 días de incubación. Finalmente concluyeron que la mayor cantidad de abrasiones de tamaño promedio 20 a 30 um en la superficie de la lámina LDPE.

**Bo-Yu et al. (2022)**, investigaron la biodegradación y despolimerización de poliestireno (PS) y polietileno de baja densidad (LDPE) mediante larvas *Zophobas atratus*. El objetivo fue desarrollar métodos analíticos y procedimientos experimentales, utilizando 100 larvas *Z. Atratus* las mismas que tuvieron una dieta con salvado de trigo para consumir 10,0 gramos de espuma de PS y LDPE en un periodo de 28 días a temperatura ambiente, las larvas recibieron alimento en un inicio 2 gr. de salvado y posteriormente 1 gr. cada tres días. Se obtuvo, que la tasa máxima de biodegradación alcanzada por las larvas fue  $43,3 \pm 1,5$  mg para PS y  $52,9 \pm 3,1$  mg de plástico LDPE/100 larvas por día, en los resultados observaron que las larvas tuvieron elevados porcentajes de supervivencia y pocos casos de canibalismo, sin embargo, se halló disminución de su grasa corporal. En las conclusiones demostraron que las larvas de *Z. Atratus* puede degradar espumas plásticas de PS y LDPE mediante una amplia despolimerización y despolimerización de extensión limitada respectivamente.

**Tan et al. (2021)**, realizaron un estudio sobre las bacterias ubicadas en el intestino de larvas *Zophobas morio* degradantes de poliestireno (PS). El objetivo de este estudio es identificar qué tipo de bacterias intestinales de las larvas *Zophobas morio* que degradan el poliestireno. La metodología aplicada fue experimental. Obtuvieron de muestra 50 larvas alimentadas en 2 semanas exclusivamente con PS, luego de la esterilización se extrajo los intestinos de las larvas y fue ubicado en petri estéril, se incubó 28 días y el enriquecimiento de colonias bacterianas se puso en placa agar volviendo a incubar por 24 horas a temperatura ambiente, el

crecimiento de colonias bacterianas en placa agar se dio por el uso de Gram y su observación mediante microscopio. Los resultados sobre estas bacterias fueron su identificación como cepas de *Bacillus aryabhatai* y *Bacillus megaterium*. La identificación de estas bacterias ubicadas en el intestino de las larvas *Zophobas morio* brindan una óptima biodegradación enzimática de los PS.

**Renju et al. (2023)**, en su investigación buscaron caracterizar aquellas bacterias marinas con capacidad de biodegradación de Poliestireno (PS). El objetivo de este estudio fue determinar a las bacterias marinas que biodegradan el poliestireno. La metodología aplicada fue experimental. Para el estudio se tomó 10 muestras de residuos de poliestireno expandido de baja densidad (EPS) del manglar Zi-Ni Town, en el laboratorio se incubó las bacterias con capacidad degradadora de PS, paralelamente las muestras de EPS estuvieron en matraces con medio basal libre de carbono líquido para el enriquecimiento, posteriormente a la incubación por 2 meses se aislaron 51 cepas ubicadas en la superficie del EPS de 10 muestras, de las cuales se halló bacterias predominantes como *Rhizobiaceae*, *Sphingomonadaceae*, *Dermacoccaceae*, *Rhodocyclaceae*, *Hyphomicrobiaceae*, *Rhodanobacteraceae* y *Methyloligellaceae*. Tras los análisis se determinó que las bacterias *Cytobacillus*, *Novosphingobium*, *Stappia*, *Mesobacillus*, *Gordonia*, *Alcanivorax*, *Thioclava*, *Flexivirga* y *Thalassospira* evidenciaron gran capacidad de biodegradación de PS, logrando tasas de 2,66 a 7.73% por mes. Y concluyeron que las mencionadas bacterias posiblemente estén comprometidas en la degradación de EPS en áreas de manglares marinos.

**Yu et al. (2019)**, realizaron un estudio referente a los super gusanos *Zophobas atratus* su alimentación mediante el poliestireno. Su objetivo fue demostrar que las larvas *Z. atratus* poseen la capacidad de mineralización y biodegradación del poliestireno. Aplicaron la metodología experimental. Para su análisis las larvas fueron criadas en dos bloques cada uno en bloque de 300 unidades y alimentadas las primeras únicamente con poliestireno y el segundo bloque con poliestireno (PS) y salvado de trigo, a una temperatura de 25 °C, en un periodo de 28 días, realizándose la medición de pérdida de masa del poliestireno de forma periódica. Los resultados obtenidos indican que las larvas consumieron  $3,9 \pm 0,4$  gramos de

PS, estableciendo que el consumo promedio por cada larva fue de 0,58 mg/d. Teniendo referencia otras investigaciones, como la biodegradación de PS por los gusanos de harina, En conclusión, las larvas de super gusanos *Zophobas Atratus* si lograron biodegradar y mineralizar el PS y además son 4 veces más eficientes que la especie de gusanos de harina.

La biodegradación es la descomposición que se da mediante la acción de microorganismos donde interfieren los factores ambientales como la temperatura, el pH, la humedad, la luz solar y el oxígeno, causando cambios físicos que reduce la masa del plástico (Rahim, 2023). La biodegradación es una estrategia que puede convertirse en uno de los enfoques para controlar la contaminación plástica y minimizar la contaminación ambiental, mediante categorías que intervienen en la biodegradación de plásticos, como los microorganismos ambientales, microorganismos interferidos artificialmente, algas y grupos de animales, los mecanismos que interfieren en la biodegradación varía entre los diferentes tipos de polímeros, como el biodeterioro, la despolimerización, la asimilación y la mineralización (Wu et al. 2023). Bajo nuevas alternativas de biodegradación, recientes estudios han revelado la capacidad de seres vivos en degradar polímeros como larvas, microorganismos, bacterias, anélidos y hongos bajo diversas condiciones ambientales y de nutrición (Ahmed, 2018).

Los polímeros sintéticos se catalogan en dos, los plásticos hidrolizables (polietileno tereftalato-PET y poliuretano-PUR) y plásticos no hidrolizables (Policloruro de Vinilo-PVC, Polipropileno-PP, Polietileno-PE y Poliestireno-PS). Asimismo, los plásticos no hidrolizables tienden a presentar mayor resistencia a la degradación o despolimerización (Amaral-Zettler et al., 2020), dentro de esa clasificación el PS y PE representan el 7% y 36,7% respectivamente como producto de plásticos provenientes del petróleo (Ho et al., 2018). El poliestireno expandido (EPS) es conocido como el plástico de un solo uso, también llamada comercialmente como Styrofoam, y por su gran volumen ocupa un promedio del 30% de la capacidad de un vertedero (Davis, 2019). El poliestireno expandido permanece útil en el medio ambiente mínimo 500 años, esto demuestra la dificultad que presenta para degradarse de forma natural (Davis, 2019),

ocasionando una gran generación de residuos EPS. La característica sobre su resistencia de degradación en el medio ambiente ha causado un impacto negativo generando contaminación, afectando a todos los seres vivos (Liu et al., 2021). Existe el desarrollo de algunas formas de destruir el EPS, que al ser efectuadas de forma tradicional han generado otros productos derivados de él como los bifenilos policlorados, furanos y dioxinas, los mismo que son altamente contaminantes (Verma et al., 2016). Actualmente, los procesos de reciclaje dirigidos al poliestireno expandido van orientados a desarrollarse mediante pirólisis a elevadas temperaturas, por transformación mecánica, regeneración por difusión o disolución física (Uttaravalli et al., 2020). La dificultad que se observa en el proceso de disolución física es la gran cantidad de solventes orgánicos que necesita para su ejecución (Mangalara y Varughese, 2016), en tanto el proceso mecánico necesita para su ejecución gran cantidad de energía (Machado et al., 2021). Por otro lado, dentro del manejo de residuos sólidos la degradación de plásticos es otra buena opción, y se puede dar mediante la alteración física o química del plástico sujeto a los efectos que el medio ambiente pueda causarle (humedad, actividad microbiana, temperatura, luz, condiciones químicas y otros) (Kale et al., 2015).

La *Plodia interpunctella* es de orden lepidóptera y familia *pyralidae*, es una plaga mundial que afecta a diversos productos alimenticios que se encuentran procesados y en almacén, cuando se encuentra en estado larvario puede adentrarse penetrando los empaques de los productos para alimentarse y concluir su proceso de desarrollo (Stejskal et al., 2014). Las polillas *Plodia interpunctella* son consideradas plagas de los alimentos que se encuentran almacenados en casa, abundan en países de altas temperaturas que están es su rango de sobrevivencia, causando pérdidas de alimentos (Jung, 2021).

Los factores que intervienen en el desarrollo de la *Plodia interpunctella* son la temperatura (20 °C a 35 °C) y la humedad relativa (40% a 50 %), la temperatura óptima es de 35 °C para un desarrollo eficiente en 28 días (Jung, 2021). La polilla de *Plodia interpunctella* (hembra), deposita hasta 400 huevos y tiene las siguientes características son: El huevo tiene la forma oval, es transparente y

miden entre 0.33 a 0.48 mm de largo y 0.27 a 0.30 de ancho; La larva se diferencia por su color y tamaño en sus fases; La pupa mide 1 cm de longitud y es de color marrón; Y el adulto tiene una longitud de 15 a 20 mm de envergadura alar, las alas superiores en su parte basal son de color grisáceo claro y las dos terceras partes restantes son de color pardo oscuro, lo mismo que la cabeza y el tórax. Las alas inferiores son de color gris claro. El total del ciclo biológico de la *Plodia interpunctella* es 161 días (INIA, 2019).

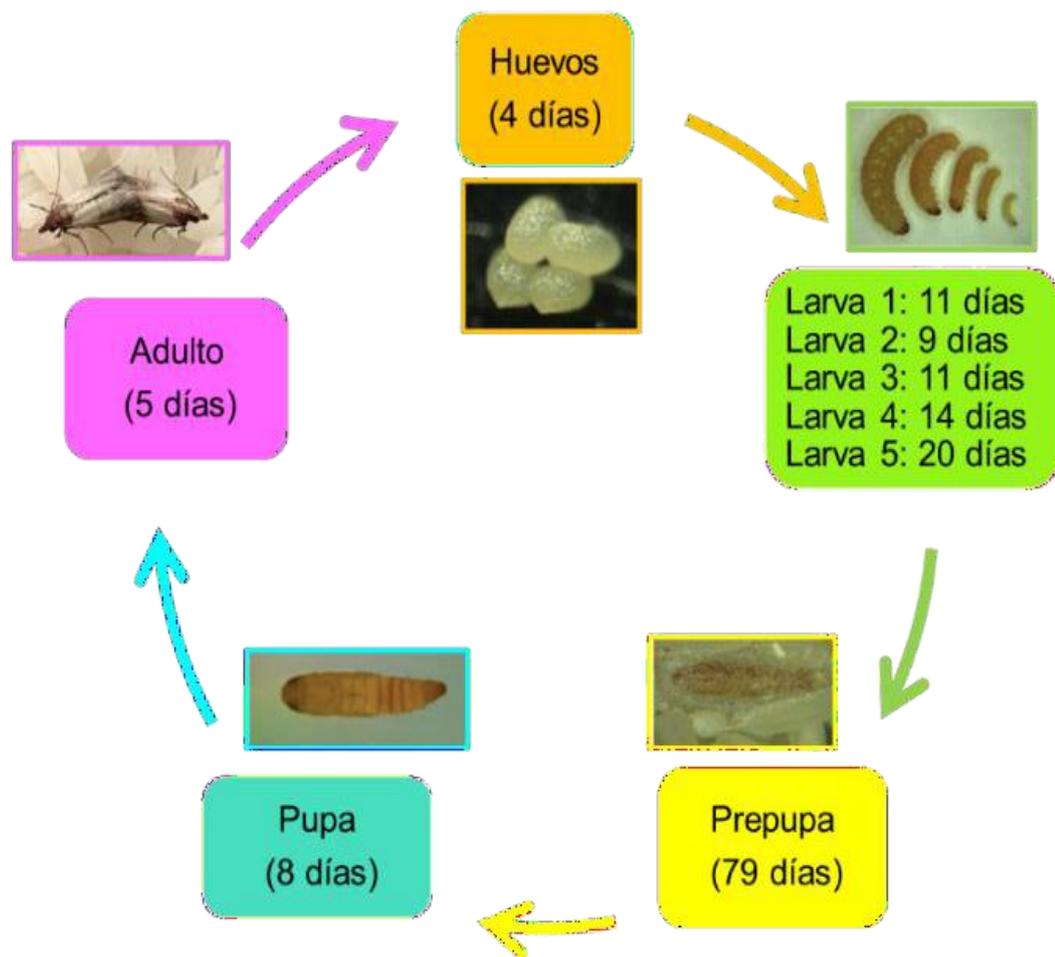


Figura 1. Ciclo biológico (días) de la *Plodia interpunctella*.

Fuente: elaboración propia

El tiempo de vida de la *Plodia interpunctella* depende de la alimentación que tiene durante el desarrollo de su ciclo de vida, se observó que, en larvas alimentadas mediante amaranto natural, amaranto miel, amaranto chocolate tuvieron un ciclo

de vida de 64, 54 y 51 días respectivamente (Cruz et al., 2023), alimentados con garbanzo 47 días (Perez et al., 2015), con pistacho 35 días (Razazzian et al., 2015), en harina 40 días (Davoudi et al., 2018), con nueces 71 días (Barrera-Illanes, 2017).

En la identificación de las larvas de *Plodia interpunctella* se han establecido características, teniendo en cuenta las dimensiones de la cabeza y del cuerpo, características en el protórax (manchas y poros). El tamaño de la cabeza larvaria, es considerada como uno de los indicativos que da a conocer la variación de etapas (Barrera-Illanes et al., 2017).

Se tiene conocimiento sobre el medio físico de masticar y biodegradar en diversos plásticos por parte de seres bióticos (Raddadi y Fava, 2019), al igual que se biodegrada mediante bacterias ubicado en el tejido intestinal de diversos insectos (Ali et al., 2021). Dentro de estas especies podemos mencionar las especies de coleópteros conocidos como escarabajos *Tenebrio obscurus* (Yang et al., 2021) y el proceso biodegradante de películas de poliestireno por parte de *Tenebrio molitor* (Yin et al., 2020); la capacidad degradante de películas de PE por parte de larvas de polilla de la cera mayor (*Galleria mellonella*) al igual de su capacidad en degradar PS (Peydaei et al., 2020); el proceso biodegradante del poliestireno (PS) mediante la bacteria *Acinetobacter de Tribilium castaneum* (Wang et al., 2020); degradación por medio de larvas de *Tenebrio molitor* conocidos como gusanos amarillos de la harina (Lou et al., 2021), (Yang et al., 2018) y la capacidad biodegradante del hongo *Aspergillus flavus* (Trichocomaceae) (Bombelli et al., 2017) son algunas de las investigaciones que muestran la capacidad de degradar por acción de microorganismos y de otros insectos en particular (Lou et al., 2020).

La base teórica de esta investigación está constituida por el enfoque teórico-práctico como estrategia fundamental en los procesos de análisis – síntesis del objeto de estudio desde su concepción hasta el resultado final.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

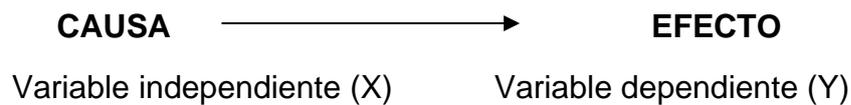
**3.1.1. Tipo de investigación:** Es aplicada, porque a partir de la presente investigación se dará solución a un problema aplicando conocimientos como alternativa, el uso de larvas de *Plodia interpunctella* para la degradación de los residuos del poliestireno expandido de baja densidad. Según Vargas (2009), afirma que la investigación aplicada tiene como propósito resolver o mejorar una situación específica, para comprobar un método o modelo mediante la aplicación innovadora y creativa de una propuesta de intervención (p. 162). Y para Baena (2017), la investigación aplicada da soluciones inmediatas a los problemas planteados, generando información nueva, útil y estimable para nuevas investigaciones (p.17).

El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque los datos aplicados y los resultados obtenidos de las variables en el tratamiento, son valores numéricos. Según Hernández et al., (2014), la investigación cuantitativa es cuando la información es obtenida a partir de mediciones y se cuantifican mediante números (p. 38).

**3.1.2. Diseño de investigación:** Es experimental porque al manipular la variable independiente (larvas de *Plodia interpunctella*) se obtuvo el resultado a partir del tratamiento por la variable dependiente (poliestireno expandido).

Para Hernández et al., (2014), el diseño es la estrategia que se desarrolla en la investigación para obtener información y datos que se requiere para responder el problema planteado (p. 128).

- **Diseño experimental:** La presente investigación es experimental pura porque al someter la variable independiente (larvas de *Plodia interpunctella*) ante la variable dependiente (poliestireno expandido), en el tratamiento se observaron reacciones que se produjeron como efecto.



Para Hernández et al. (2006), el experimento puro es manipular las variables independientes para ver el efecto sobre la variable dependiente en una situación de control. La variable independiente es la causa en una relación entre variables y el efecto se le denomina variable dependiente (p. 73).

Según Hernández et. al. (2014), el experimento puro tiene como criterios la manipulación intencional de variables (independientes), la medición de variables (dependientes), el control y validez, dos o más grupos de comparación y participantes asignados al azar o emparejados (p. 127). Para Ramos (2021), en el diseño experimental la variable independiente genera los grupos de intervención que se organizan en el estudio y los niveles de experimentación de la variable independiente generan un impacto en la variable que se pretende influir (p. 3).

### 3.2. Variables y operacionalización

- **Variable independiente:** Son las larvas de *Plodia interpunctella*, quienes fueron manipuladas en la presente investigación.

Según Ramos (2021), la variable independiente es la variable causal que genera un impacto sobre la variable dependiente (p. 3).

- **Variable dependiente:** Es el poliestireno expandido que fue medida antes y después de la interacción con la variable independiente.

Según Hernández et al., (2014), la variable dependiente se mide y no se manipula, esto se esquematiza de la siguiente manera:

Manipulación de la variable independiente	Medición del efecto sobre la variable dependiente
$X_A$	$Y$
$X_B$	

“X”: simboliza una variable independiente o tratamiento experimental.

“A, B...”: indican distintos niveles de variación de la independiente.

“Y”: representa una variable dependiente. (p. 131).

- **Operacionalización:** Se presenta en la matriz de operacionalización (ver anexo N°2).

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**3.3.1. Población:** En la presente investigación se considerará como población un total de 2400 larvas de *Plodia interpunctella* porque tiene la capacidad de biodegradar el material usado en la investigación, pero antes de ello se adquirió un total de polillas de la *Plodia interpunctella* de la provincia de Chanchamayo dentro de los granos de alimentos como el trigo; del total de polillas 3 unidades fueron llevados al laboratorio de control biológico del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) para ser identificadas y corroborar su identificación a través de un certificado emitido por mencionada Entidad (ver anexo N°3); y 32 polillas fueron llevadas a incubación para luego trabajar con los huevos después de la eclosión (larvas) y ser utilizadas en el proceso experimental desde su cuarta etapa larvaria. Las larvas son tomadas como población debido a que son el objeto de estudio.

Para Hernández et al., (2014), la población es el conjunto de elementos que guardan relación en ciertas características y deben ser delimitadas (p. 174).

**3.3.2. Muestra:** Consideramos por cada muestra 100 unidades de larvas de *Plodia interpunctella*, las mismas que estuvieron a tres distintas temperaturas 20, 25 y 30 °C, donde se trabajó bajo estas condiciones por

grupos en distintos recipientes con tres replicas, conteniendo el poliestireno expandido sin harina y poliestireno expandido con el aditivo de harina de trigo. Teniendo como antecedente a la investigación de Abdulhay (2020).

Según Hernández et al., (2014), la muestra es el subgrupo o subconjunto de la población de interés que se recolectarán datos, se define y delimita con precisión la muestra representativa de la población (p. 173).

**Muestreo:** El tipo de muestreo es probabilístico, porque las muestras utilizadas (100 larvas de *Plodia interpunctella*) fueron escogidas al azar, toda vez que poseen las mismas características de la población total de 2400 larvas, considerando que todos pueden tener la misma probabilidad de ser elegidos de una manera aleatoria.

Para Hernández et al., (2014), las muestras probabilísticas son cuando tienen la misma posibilidad de ser elegidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra (p. 175). Y según Cabezas et al., (2018), el muestreo explica a la probabilidad como muestreo probabilístico porque es oportuno para evaluar cada uno de los elementos participantes de la población total (p. 93). Y según Baena (2017), el muestreo es un procedimiento por el cual algunos miembros de una población son seleccionados como representativos de la población (p. 84).

**3.3.3. Unidad de análisis:** En la presente investigación el poliestireno expandido de baja densidad es la unidad de análisis, ya que fue medido antes y después del tratamiento, y el motivo de investigación es su biodegradación mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*; se determinará la eficiencia de biodegradación del poliestireno, con el uso de la variable dependiente e independiente. Los resultados obtenidos en función al contacto del poliestireno expandido con el tratamiento de larvas, son registrados en los periodos de control durante 7, 14, 21 y 30 días ininterrumpidos, donde se medirá el peso inicial del poliestireno expandido

antes de la interacción con las larvas de *Plodia interpunctella* y el peso final del poliestireno expandido dentro de los periodos de control, aplicando la siguiente fórmula:

$$\%Wspe = \frac{(Pi - Pf)}{Pi} \times 100$$

Pi: Peso inicial del poliestireno expandido.

Pf: Peso final del poliestireno expandido.

%: Resultado de la biodegradación del poliestireno expandido.

La unidad de análisis se da al aplicar el instrumento de medición para ser medidos antes y después del proceso en la investigación (Hernández et al., 2014, p. 183).

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

**3.4.1. Técnica:** En la presente investigación se aplicó la técnica de observación experimental, donde los resultados fueron medidos y recolectados utilizando registro e instrumentos de laboratorio, la humedad relativa (%), la temperatura (°C) y masa (gr.) fueron registradas constantemente.

La observación experimental es la técnica que emplea el investigador para formar una idea precisa sobre el problema que investiga, donde se puede obtener información, utilizando instrumentos mecánicos y electrónicos para captar el evento de estudio (Useche et al., 2019, p. 45).

**3.4.2. Instrumentos:** En la presente investigación los instrumentos que se utilizaron es el termostato digital, el termohigrómetro y la balanza gramera digital (ver anexo N°4), también se utilizaron fichas de reporte para el análisis de los datos observados que fueron anotadas en respuesta a las condiciones del proceso del tratamiento en la investigación.

Tabla 1. *Instrumentos de recolección de datos*

<b>INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>INSTRUMENTO</b>	<b>MARCA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>ETAPA</b>
Termostato digital	CENTER	Es un dispositivo que regula la temperatura de un sistema (Washington, 2005).	Se utilizo para controlar la temperatura del ambiente en las camas de cada tratamiento.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. *Instrumentos de recolección de datos*

<b>INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>			
<b>INSTRUMENTO</b>	<b>MARCA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>ETAPA</b>
Termohigrómetro Lcd reloj	CENTER	Es un instrumento electrónico que mide y muestra la temperatura (T) y humedad relativa (HR) en diferentes escenarios (Biosca, 2022).	Se utilizó para medir la temperatura y la humedad del ambiente en las camas del tratamiento.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Instrumentos de recolección de datos

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
INSTRUMENTO	MARCA	DEFINICIÓN	ETAPA
Balanza gramera digital	POCKET SCALE	Es el instrumento que mide la masa de un cuerpo o sustancias, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre el cuerpo (Washington, 2005).	Se utilizó para determinar la masa del poliestireno antes y después de ser expuesto ante las larvas de <i>Plodia interpunctella</i> .

Fuente: elaboración propia.

**3.4.3. Validez:** Los instrumentos utilizados en la presente investigación, fueron validados por profesionales de la universidad Cesar Vallejo, con conocimiento sobre los instrumentos.

La validación de los instrumentos fue consultado a tres expertos del campo de la investigación (ver anexo N°5), quienes evaluaron cada uno las propuestas y dieron su validación correspondiente. A continuación, se detallan los datos de los especialistas.

Tabla 4. Registro de datos de la validación de instrumentos

N°	Apellidos y nombres	Número de CIP	Promedio de validación %	Promedio total %
1	Dr. Milton Tullume Chavesta	64716	95	93
2	Mg. Freddy Pillpa Aliaga	196897	90	
3	Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfán	92135	95	

Fuente: elaboración propia.

**3.4.4. Confiabilidad:** Para desarrollar la presente investigación, los equipos fueron calibrados antes de ser utilizados en el tratamiento, por el Laboratorio Metrológico Evalúa Perú S.A.C. y admitido por INACAL (Instituto Nacional de Calidad). Los instrumentos utilizados son, el termostato digital, el termohigrómetro Lcd reloj y la balanza gramera digital (ver anexo N°6).

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento empleado para la evaluación de la biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* a nivel laboratorio-Lima 2023, se detalla en el diagrama de flujo, seguidamente se menciona los diferentes procedimientos a realizarse.

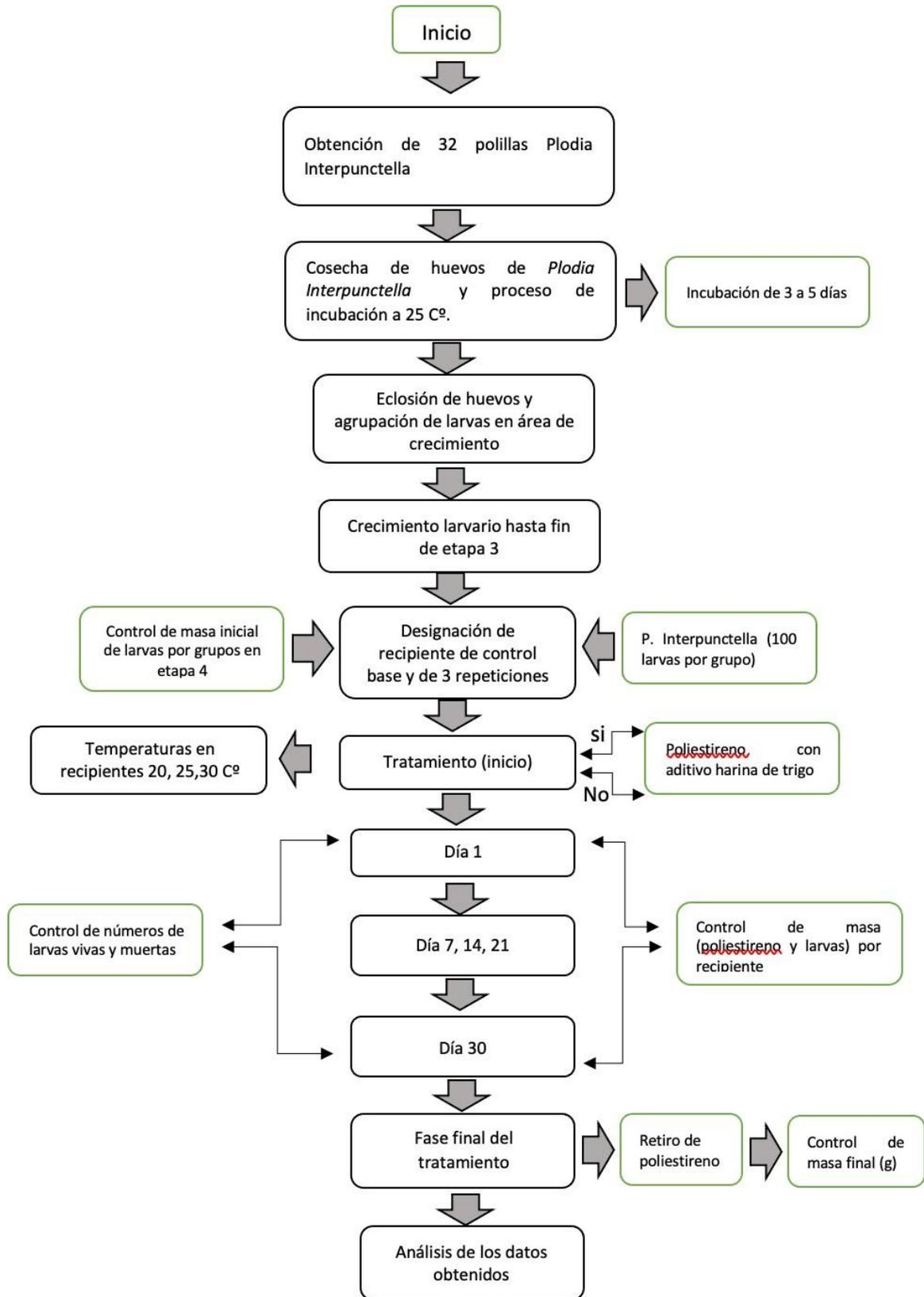


Figura 2. Diagrama de flujo

Fuente: elaboración propia

### Adquisición

Se adquirió 32 polillas *Plodia interpunctella* de almacenes de trigo, las mismas que fueron acondicionadas en táper con ventilación y alimentándolos con trigo y maíz a temperatura 25 °C, que permitió su proceso de desarrollo, lográndose el depósito de sus huevos, posterior a la cosecha de huevos se desarrolló el proceso de incubación a temperatura 25 °C, lográndose la eclosión en el periodo de 3 a 5 días, se mantuvo a las larvas en etapa 1, 2 y 3 en base de crianza a 25°C hasta que obtengan buen peso y características óptimas de desarrollo, posteriormente iniciando la etapa 4 se obtuvo las larvas listas para su utilización en el proceso experimental.

El poliestireno expandido de baja densidad utilizado en el proceso fue adquirido en forma de plancha con espesor de 0.50 mm, siendo ubicados como base de los depósitos de vidrio destinados para el desarrollo larvario.

### Disposición y ubicación de las muestras por grupos

Se empleó un total de 24000 larvas de *Plodia interpunctella*, desde su etapa 4 de estado larvario, las mismas que fueron separadas en 100 unidades dentro de recipientes de vidrio con medidas 15 cm de ancho por 25 cm de largo y 17 cm de altura, se realizó registros de masa promedio inicial por grupo y se verificó el buen estado de las larvas.

### Condiciones ambientales y alimentaria

Se habilitó 3 recipientes bajo temperaturas de 20, 25 y 30 °C (con ayuda de termostato y control del termómetro) conteniendo a las larvas que tuvieron como único alimento el poliestireno expandido (PS) de baja densidad, además se asignó otros 3 recipientes bajo temperaturas de 20, 25 y 30 °C que contuvieron larvas alimentadas con poliestireno expandido de baja densidad agregado a un aditivo nutricional de 4 gr de harina de trigo diluido en agua que era barnizado en las planchas de poliestireno expandido que estaba de base de los recipientes, este proceso era suministrado cada 7 días periódicamente durante los días de control; todas las muestras tuvieron exposiciones de luz, se realizó la limpieza de larvas muertas y de

excretas cada 7 días, toda las actividades de análisis y registro se desarrolló en tres réplicas bajo las condiciones de alimento y temperatura expuestas durante 30 días.

Medición de consumo de poliestireno expandido de baja densidad

La medición cuantitativa del consumo de poliestireno expandido de baja densidad por las larvas de *Plodia interpunctella* fue obtenida mediante la diferencia de peso molecular inicial y final del poliestireno expandido mediante el uso de una balanza de alta precisión que se obtuvo cada siete días y el promedio final obtenido del día 1 al día 30.

Los resultados obtenidos demostraron que las larvas *plodia interpunctella* poseen la capacidad de biodegradar el poliestireno expandido.

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

Para la presente investigación, la información generada durante la etapa del tratamiento fue organizada en el programa de Microsoft Excel, a fin que se realizó el análisis de varianza (ANOVA), con las medias en la prueba de Post Hoc en Tukey trabajado en una muestra base y 3 réplicas a diferentes temperaturas (20, 25 y 30 °C).

### **3.7. Aspectos éticos**

En la Presente investigación la información utilizada corresponde a las fuentes de artículos científicos (Scopus y ScienceDirect) y páginas web, ciñéndose con honestidad y responsabilidad en el código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo, considerando la guía de elaboración, las normas de estilo de redacción ISO 690 para el desarrollo de la investigación y el turnitin para minimizar el porcentaje de similitud y garantizar la autenticidad de la investigación.

#### IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación, la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*. Donde se incluyeron tablas y figuras bajo las temperaturas evaluadas de la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad para ilustrar los hallazgos y facilitar su interpretación. Los resultados se organizan en secciones según los objetivos específicos de la investigación y se discuten en relación con las hipótesis planteadas. Al final del capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones generales derivadas de los resultados obtenidos.

##### 4.1. Eficiencia en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de las larvas de *Plodia interpunctella*.

Para la determinación de eficiencia en la biodegradación del poliestireno por larvas de *Plodia interpunctella*, se aplicó la siguiente fórmula establecida por cada tratamiento en base a los días:

$$\%Wspe = \frac{(Pi-Pf)}{Pi} \times 100$$

Tabla 5. Porcentaje de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* (EFICIENCIA=BIODEGRADACION)

Días de tratamiento	Temperaturas	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	% de biodegradación del EPS
Semana 1 Dia 1-7	T1-20	5.53	5.51	0.36
	T2-25	5.35	5.33	0.37
	T3-30	5.36	5.33	0.56
Semana 2 Dia 8-14	T1-20	5.51	4.54	17.6
	T2-25	5.33	4.20	21.2
	T3-30	5.33	4.12	22.7

<b>Semana 3 Dia 15-21</b>	T1-20	4.54	3.77	16.96
	T2-25	4.20	3.33	20.71
	T3-30	4.12	2.73	<b>33.74</b>
<b>Semana 4 Dia 22-30</b>	T1-20	3.77	3.26	13.53
	T2-25	3.33	2.86	14.11
	T3-30	2.73	2.36	13.55

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5, se muestran los resultados sobre la evaluación de eficiencia de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, señalando que una mayor eficiencia del consumo del poliestireno fue registrado el día 21 de control con 33.74% a una temperatura de 30°C y el menor consumo del poliestireno se dió el día 7 de control con 0.36 % a una temperatura de 20°C.

Tabla 6. *Promedio de biodegradación del EPS con complemento de harina por temperaturas*

<b>% de biodegradación del EPS</b>		
<b>T - 20°C</b>	<b>T - 25°C</b>	<b>T- 30°C</b>
0.36	0.37	0.56
17.6	21.2	22.7
16.96	20.71	33.74
13.53	14.11	13.55
<b>12.113</b>	<b>14.098</b>	<b>17.638</b>

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6, se muestran los promedios por temperaturas de la eficiencia de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, señalando que una mayor eficiencia de biodegradación se dió en la temperatura de 30°C con 17.64.

Según la prueba del análisis de Varianza en ANOVA, se determinó que existió mayor efectividad en los tratamientos con temperatura de 25 y 30 °C, ya que los valores de p fueron menores a 0.05. Asimismo, no se evidencio eficiencia en el tratamiento a 20 °C, ya que el valor de p es mayor a 0.05.

Tabla 7. *Análisis de varianza en (ANOVA) de la efectividad del uso de larvas de Plodia interpunctella con complemento de harina.*

Temperaturas	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
T1 – 20°C	0.010	3	0.008	0.245	0.607
	0.016	11	0.007		
	0.021	12			
T2 – 25°C	12.007	3	4.045	2.098	<b>0.037</b>
	17.047	11	5.051		
	21.083	12			
T3 – 30°C	44.872	3	18.637	6.226	<b>0.001</b>
	35.075	11	12.354		
	21.236	12			

Fuente: elaboración propia

Tabla 8. *Porcentaje de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de Plodia interpunctella*

Días de tratamiento	Temperaturas	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	% de biodegradación del EPS
<b>Semana 1</b>	T1-20	2.66	2.65	<b>0.38</b>

<b>Día 1-7</b>	T2-25	2.67	2.66	0.37
	T3-30	2.69	2.67	0.74
<b>Semana 2 Día 8-14</b>	T1-20	2.65	2.63	0.75
	T2-25	2.66	2.64	0.75
	T3-30	2.67	2.64	1.23
<b>Semana 3 Día 15-21</b>	T1-20	2.63	2.56	2.66
	T2-25	2.65	2.56	3.40
	T3-30	2.67	2.57	3.75
<b>Semana 4 Día 22-30</b>	T1-20	2.56	2.46	<b>4.69</b>
	T2-25	2.56	2.44	4.68
	T3-30	2.57	2.45	4.67

Fuente: elaboración propia

En la tabla 8, se muestran los resultados sobre la evaluación de eficiencia de la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* sin la aplicación del complemento de harina de trigo, señalando que una mayor eficiencia del consumo del poliestireno se dió el día 30 de control con 4.69% a una temperatura de 20°C y el menor consumo del poliestireno se dió el día 7 de control con 0.37 % a una temperatura de 20 y 25°C.

Tabla 9. Promedio de la biodegradación del EPS sin complemento de harina por temperaturas

<b>% de biodegradación del EPS</b>		
<b>T - 20°C</b>	<b>T - 25°C</b>	<b>T- 30°C</b>
0.38	0.37	0.74
0.75	0.75	1.23

2.66	3.4	3.75
4.69	4.68	4.67
<b>2.12</b>	<b>2.3</b>	<b>2.598</b>

Fuente: elaboración propia

En la tabla 9, se muestran los promedios por temperaturas de eficiencia de la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, señalando que una mayor eficiencia de biodegradación se dió en la temperatura de 30°C con 2.60.

Según la prueba del análisis de Varianza en ANOVA, se determinó que existió máxima efectividad en el tratamiento con temperatura de 30 °C, ya que los valores de p fueron menores a 0.05. Asimismo, no se evidencio eficiencia en el tratamiento a 20 °C y 25 °C, ya que el valor de p es mayor a 0.05.

Tabla 10. *Análisis de varianza en (ANOVA) de la efectividad del uso de larvas de Plodia interpunctella sin complemento de harina.*

Temperaturas	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
T1 – 20°C	0.007	3	0.003	0.342	0.714
	0.009	11	0.006		
	0.010	12			
T2 – 25°C	0.602	3	0.707	0.608	0.087
	0.047	11	0.101		
	0.089	12			
T3 – 30°C	4.634	3	3.071	1.006	<b>0.052</b>
	5.985	11	2.337		
	5.245	12			

Fuente: elaboración propia

**4.2. Temperatura óptima entre (20°C, 25°C y 30°C) para una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*.**

Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), con la finalidad de determinar la temperatura óptima que genere una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, donde la significancia determinada es  $p < 0.05$  a 0.027.

Tabla 11. *Análisis de varianza (ANOVA) en la determinación de la temperatura óptima.*

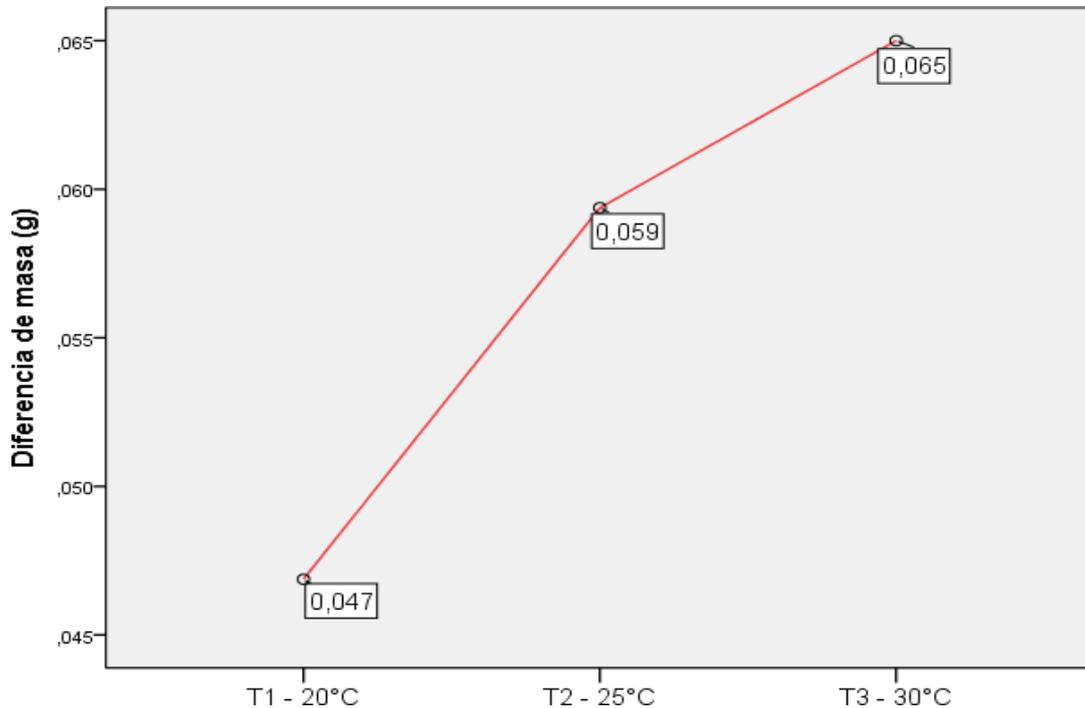
Temperaturas	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
T1 – 20°C	0.003	3	0.001	0.653	0.525
	0.095	44	0.002		
	0.098	47			
T2 – 25°C	0.279	3	0.139	0.538	0.087
	11.645	44	0.259		
	11.923	47			
T3 – 30°C	0.279	3	0.139	0.538	<b>0.027</b>
	15.745	44	0.259		
	15.223	47			

Fuente: elaboración propia

En la tabla 11, se observa el nivel de significancia de ( $p < 0.05$  a 0.027), definiendo que la temperatura óptima que permite una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad es 30°C con una significancia de 0.027.

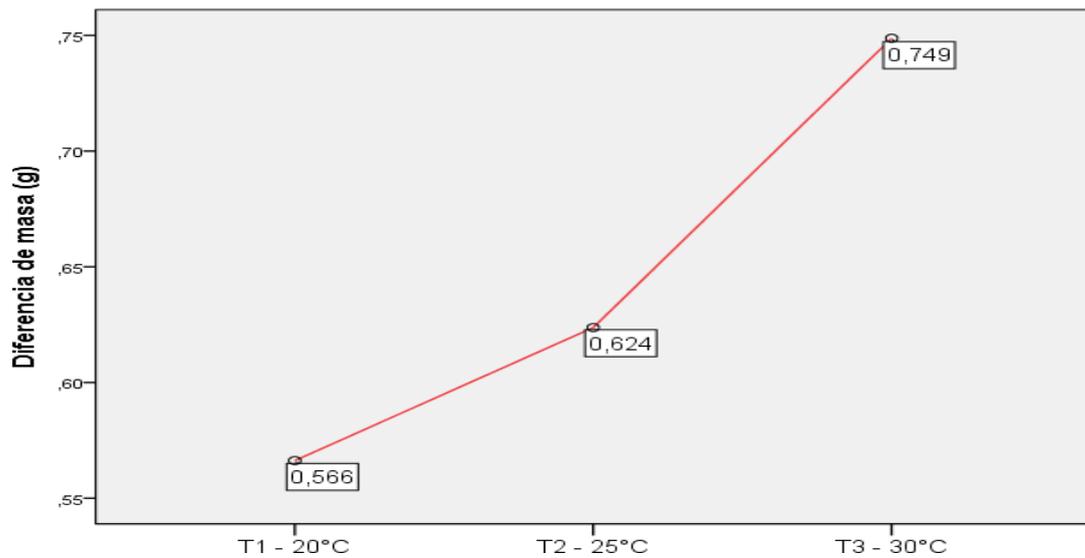
*Figura 3.* Análisis de medias en la prueba de Post Hoc referente a la temperatura óptima que permite una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja

densidad sin complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*.



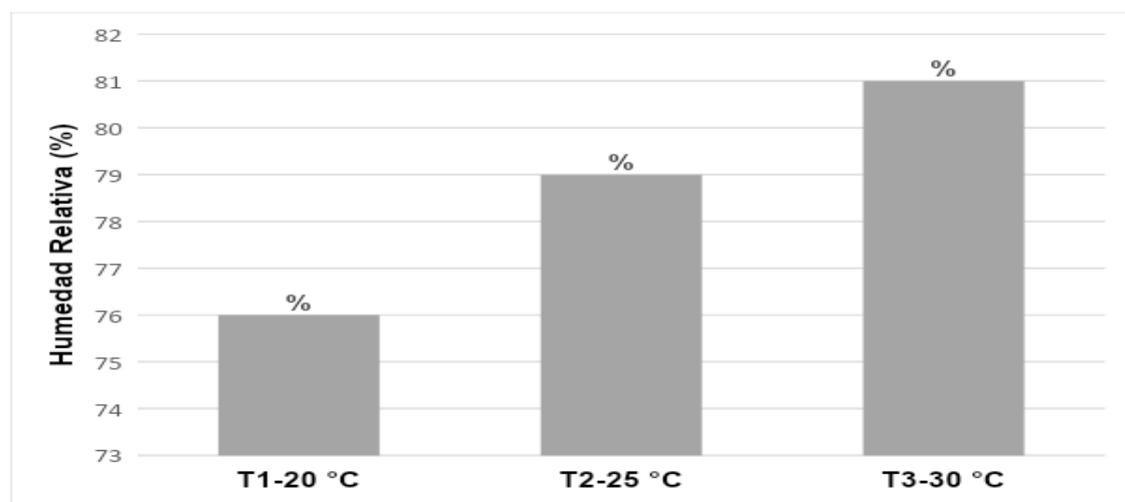
En la Figura 3, se determinó la temperatura óptima que permita la mejor biodegradación de poliestireno expandido mediante el análisis de medias con la prueba Post Hoc, durante el tratamiento de 30 días de exposición del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, donde se observa que la temperatura óptima que permite una mayor biodegradación, le corresponde al tratamiento de temperatura 30°C al presentar una mayor biodegradación de 0.065 gr., y la menor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad es 0.047g. que le corresponde al tratamiento de temperatura de 20°C.

*Figura 4.* Análisis de medias en la prueba de Post Hoc referente a la temperatura óptima que permite una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*.



En la figura 4, se determinó la temperatura óptima que permita la mejor biodegradación de poliestireno expandido mediante el análisis de medias con la prueba Post Hoc; durante el tratamiento de 30 días de exposición del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, se observa que la temperatura óptima que permite una mayor biodegradación, le corresponde al tratamiento de temperatura 30°C al presentar una mayor biodegradación de 0.749 gr., y la menor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad es 0.566 gr. que le corresponde al tratamiento de temperatura de 20°C.

Figura 5. Humedad relativa durante el proceso de biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*.



En la Figura 5, se observa la humedad relativa obtenida en los tratamientos de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* a diferentes temperaturas (20 °C, 25 °C, 30 °C), donde se observa que la mayor humedad relativa de 81% le corresponde a la temperatura de 30 °C y la menor humedad relativa de 76% se presenta en la temperatura de 20 °C, lo que implica que, a mayor temperatura, la humedad relativa también es mayor.

#### 4.3. Tiempo óptimo entre 7, 14, 21 y 30 días de la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*.

Mediante la aplicación del análisis de varianza (ANOVA), se determinó el tiempo óptimo durante el proceso de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* dentro de los 30 días de evaluación, donde se obtuvo la significancia de  $p < 0.05$  a  $0.000^*$  según como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 8).

Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) en la determinación del tiempo óptimo de biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*.

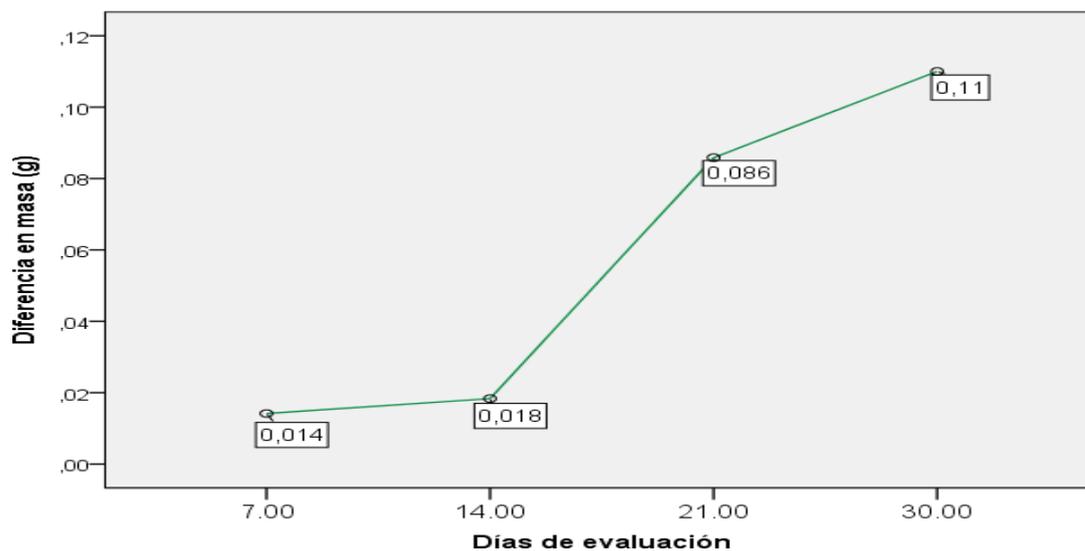
Días de Tratamiento	Suma de Cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Semana 1</b> <b>1-7 días</b>	0.084	3	0.028	87.939	0.000
	0.014	44	0.000		
	0.098	47			
<b>Semana 2</b> <b>8-14 días</b>	9.311	3	3.104	52.266	0.000
	2.613	44	0.059		
	11.923	47			

<b>Semana 3</b> <b>15-21 días</b>	12.314	3	4.122	32.266	0.000
	3.217	44	0.023		
	15.531	47			
<b>Semana 4</b> <b>22-30 días</b>	14.356	3	5.112	22.266	<b>0.000*</b>
	4.633	44	0.019		
	18.989	47			

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12, se observa el nivel de significancia de ( $p < 0.05$  a  $0.000^*$ ), definiendo que el tiempo óptimo resulta a los 30 días, a fin de obtener buenos resultados en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larva de *Plodia interpunctella*.

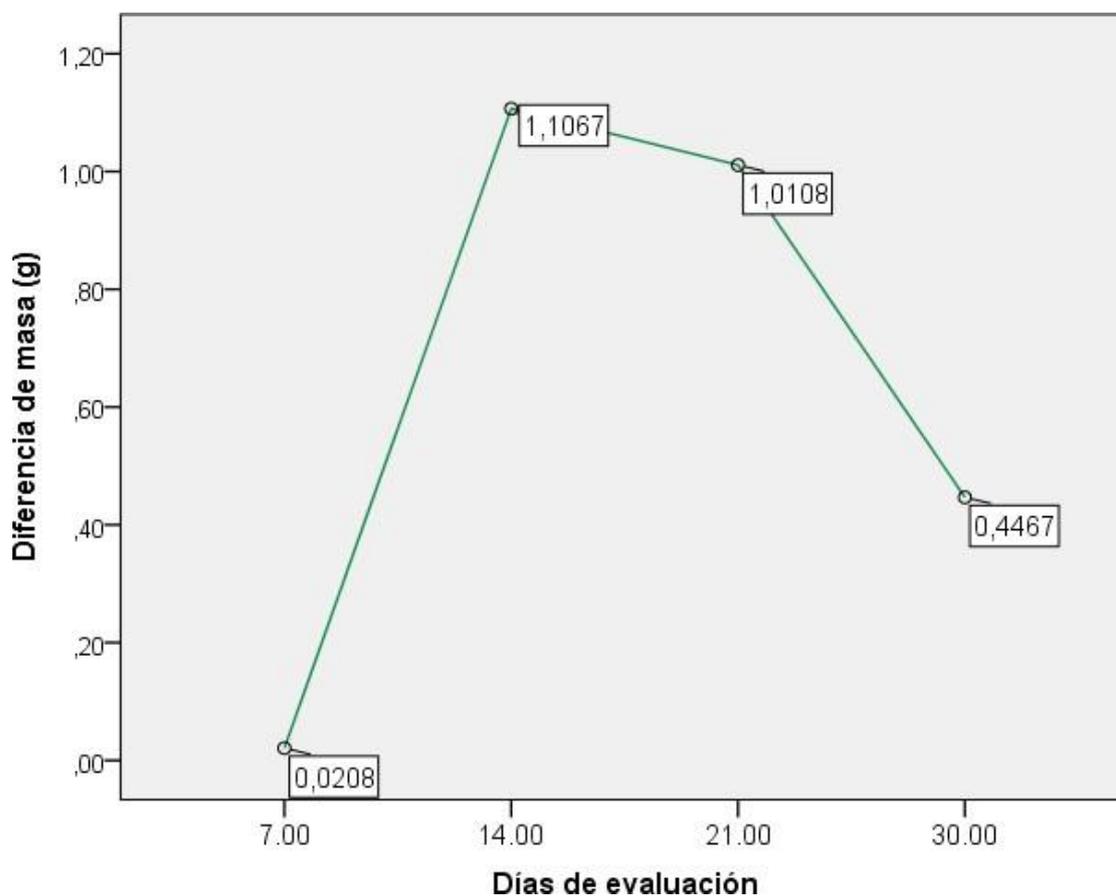
Figura 6. Análisis de medias en la prueba de Post Hoc del tiempo óptimo en el proceso de biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* sin complemento de harina de trigo.



En la Figura 6, según la prueba Post Hoc se desarrollaron los promedios en Tukey, mostrando el tiempo óptimo durante el proceso de 30 días de biodegradación del poliestireno expandido mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* sin complemento de harina de trigo, logrando una mayor biodegradación del

poliestireno de baja densidad a los 30 días con 0,11gr. y la menor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad en el día 7 con 0.014gr.

Figura 7. Análisis de medias en la prueba de Post Hoc del tiempo óptimo en el proceso de biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* con complemento de harina de trigo.



En la Figura 7, según la prueba Post Hoc se desarrollaron los promedios en Tukey, mostrando el tiempo óptimo durante el proceso de tratamiento de 30 días de biodegradación del poliestireno expandido mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* con complemento de harina de trigo, logrando una mayor biodegradación del poliestireno de baja densidad a los 14 días con 1.1067 gr. y la menor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad en el día 7 con 0.0208 gr.

#### 4.4. Optimización en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad al agregar un complemento alimenticio (harina de trigo) en la dieta de larvas de *Plodia interpunctella*.

Tabla 13. Optimización en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* con complemento de harina de trigo.

Días de Tratamiento	Temperatura del Tratamiento	Promedio de peso inicial	Promedio de peso final	Diferencia de masa (Optimización) (g)	Optimización por bloque (g)
Semana 1 Día 1-7	20°C	5.53	5.51	0.02	0.07
	25°C	5.35	5.33	0.02	
	30°C	5.36	5.33	0.03	
Semana 2 Día 8-14	20°C	5.51	4.54	0.98	3.32
	25°C	5.33	4.2	1.13	
	30°C	5.33	4.17	1.21	
Semana 3 Día 15-21	20°C	4.54	3.77	0.77	3.04
	25°C	4.2	3.33	0.88	
	30°C	4.12	2.73	1.39	
Semana 4 Día 22-30	20°C	3.77	3.26	0.51	1.35
	25°C	3.33	2.86	0.47	
	30°C	2.73	2.36	0.37	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 13, se observa los resultados obtenidos sobre la optimización de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* con complemento de harina de trigo, donde se evidencia que en el registro del día 14 hubo una mayor biodegradación, obteniéndose de la suma promedio 3.32 gr., y la menor biodegradación se dió a los 7 días de tratamiento obteniéndose 0.06 gr de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad.

Tabla 14. Optimización en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* sin complemento de harina de trigo

Días de Tratamiento	Temperatura del Tratamiento	Promedio del peso inicial	Promedio del peso final	Diferencia de masa (g) (Optimización)	Optimización por bloque (g)
<b>Semana 1 Dia 1-7</b>	20°C	2.66	2.65	0.005	<b>0.043</b>
	25°C	2.67	2.66	0.018	
	30°C	2.69	2.67	0.02	
<b>Semana 2 Dia 8-14</b>	20°C	2.65	2.63	0.013	0.056
	25°C	2.66	2.64	0.015	
	30°C	2.67	2.64	0.028	
<b>Semana 3 Dia 15-21</b>	20°C	2.63	2.56	0.075	0.258
	25°C	2.65	2.56	0.085	
	30°C	2.67	2.57	0.098	
<b>Semana 4 Dia 22-30</b>	20°C	2.56	2.46	0.095	<b>0.33</b>
	25°C	2.56	2.44	0.12	
	30°C	2.57	2.45	0.115	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14, se observa los resultados obtenidos sobre la optimización de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* sin complemento de harina de trigo, donde se evidencia que en el registro del día 30 hubo una mayor biodegradación, obteniéndose de la suma del promedio 0.33 gr., y la menor biodegradación se dió a los 7 días de tratamiento obteniéndose 0.043 gr. de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad.

## V. DISCUSIÓN

Gracias al empleo de la metodología empleada se determinó la eficiencia de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel de laboratorio, evidenciando, de acuerdo a los porcentajes comprobados en los días 14 y 21 de control, se obtuvo una mayor biodegradación de 22.7 % y 33.74 % respectivamente a temperatura de 30 °C; resultados similares a lo manifestado en la investigación de Abdulhay (2020), que evaluó la biodegradación de plásticos PE, PS y acetato de vinilo utilizando larvas del escarabajo *Confusum jacquelin du Val*, a una temperatura de 30°C, logrando reducir la pérdida de mayor masa en plásticos para poliestireno en un 50.92% y el de menor masa fue del vinilo con 2.9%. Entre ambas investigaciones se aprecia el proceso de biodegradación, sin embargo, existe una variación de datos toda vez que el material a biodegradar usado durante los tratamientos es diferente al igual que el agente biodegradante pertenece a otra especie.

La temperatura óptima que permite una mayor biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* fue la temperatura de 30 °C, resultado similar a lo referido por Abdulhay (2020), manifestando que la efectiva biodegradación de residuos plásticos a base del escarabajo *Confusum Jacquelin du Val* se dió a una temperatura de 30 °C. Asimismo, en la investigación de Yang et al. (2020) señalan el empleo de larvas *Tenebrio molitor linnaeus* para biodegradar espumas de PS y LDPE a base de 25 °C de temperatura. En una investigación diferente realizada por Elumalai et al. (2021), indicaron que la microalga fotosintética *Uronema africanum borge* degrada la lámina de polietileno de baja densidad (LDPE) a una temperatura de 25 °C. Así mismo Tsochatzi et al. (2021), trabajaron con las larvas de *Tenebrio molitor* para biodegradar el poliestireno expandido a una temperatura de 25°C ± 1 °C; como resultado obtuvieron la variación de la temperatura que depende de la especie empleada en el proceso de la biodegradación, que va vinculado a su etapa de desarrollo, comportamiento y supervivencia.

El tiempo óptimo para biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad con larvas de *Plodia interpunctella* fue de 30 días. Una investigación con resultados similares fue realizada por los autores Shan et al. (2021) que emplearon larvas *Zophobas atratus*, *Galleria mellonella* y *Tenebrio molitor* para biodegradar poliestireno, determinando que el tiempo óptimo para una mejor biodegradación fue de 30 días. Otra investigación de los autores Shan et al. (2017) señalan que se empleó larvas de *Tenebrio molitor linnaeus* para la biodegradación de poliestireno y que el tratamiento de 32 días obtuvo mejores resultados. Además, según la investigación de Tan et al. (2021) señalaron el empleo de bacterias ubicadas en el intestino de larvas *Zophobas morio* degradantes de poliestireno (PS) en donde el tiempo óptimo fue de 28 días. Al igual que según los autores Yu et al. (2019) señalaron la realización de un estudio con gusanos *Zophobas Atratus* en su alimentación mediante el poliestireno, donde el tiempo óptimo fue de un período de 28 días.

Se determina la optimización en porcentajes de la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad, demostrando mayores porcentajes a los 14 y 21 días, obteniendo resultados de 22.7 % y 33.74% respectivamente. Sin embargo, en la investigación de los autores Bo – Yu et al. (2022) señalaron que la tasa máxima de biodegradación alcanzada por las larvas *Zophobas atratus* fue  $43.3 \pm 1.5$  mg para PS y  $52.9 \pm 3.1$  mg de plástico LDPE/100 larvas por día. También en la investigación de Renju et al., (2023) señalaron que las bacterias *Cytobacillus*, *Novosphingobium*, *Stappia*, *Mesobacillus*, *Gordonia*, *Alcanivor axe*, *Thioclava*, *Flexivirga* y *Thalassospira* evidenciaron gran capacidad de biodegradación de PS, logrando tasas de 2.66 a 7.73% por mes. Además, según la investigación de los autores Lou et al., (2022) señalaron que emplearon gusanos de las larvas de *Zophobas atratus*, que pueden comer polietileno, donde la eficiencia de degradación del consorcio microbiano fue mayor y la tasa de pérdida de peso del PE fue del 15.87 %. Asimismo, según Zhong et al. (2022) emplearon gusanos de la harina (larvas de *Tenebrio molitor*) para ingerir poliestireno y polietileno, donde se redujeron un 11,6% y un 13,6%, respectivamente. Además, según Yin et al., (2020) indicaron el empleo de la cepa NyZ451 del intestino de larvas de *Tenebrio molitor* (gusanos de la harina)

para degradar películas de cobertura de polietileno (PE), donde se eliminó aproximadamente el 18 % de la película de PE después de 30 días, además el análisis por cromatografía de permeación en gel a alta temperatura indicó que los pesos moleculares promediados en número, peso y tamaño de PE se redujeron en un 14%, 24% y 21% de sus respectivos valores iniciales de 27.494 Da, 179.374 Da y 697.487 Da después de una incubación de 20 días con este consorcio.

## VI. CONCLUSIONES

La mayor eficiencia obtenida de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, se dió en las muestras que tenían poliestireno expandido con aditivo de harina de trigo con un promedio de 17.64 %, además, mediante el análisis de la Varianza en ANOVA, se determinó que existió mayor efectividad en los tratamientos con temperatura de 25 y 30 °C, ya que los valores de  $p$  fueron menores a 0.05. Asimismo, no se evidenció eficiencia en el tratamiento a 20 °C, ya que el valor de  $p$  es mayor a 0.05.; por otro lado, el promedio de 2.60 % corresponde a la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* sin agregar el aditivo de harina de trigo; se determinó con el ANOVA que existió máxima efectividad en el tratamiento con temperatura de 30 °C, ya que los valores de  $p$  fueron menores a 0.05. Además, no se evidenció eficiencia en los tratamientos a 20 °C y 25 °C, ya que el valor de  $p$  es mayor a 0.05, durante los días de tratamiento en la investigación.

La temperatura óptima donde se evidencia una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* es 30°C. con una humedad relativa de 81%, eso implica que a mayor temperatura existe mayor humedad, permitiendo que las larvas de *Plodia interpunctella* tengan mayor eficiencia en el proceso de biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad.

El tiempo óptimo donde se evidencia mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad con complemento alimenticio mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, fue en el día de control 14 y 21, es porque en la primera semana de control las larvas de *Plodia interpunctella* estaban de pequeñas dimensiones y adaptándose al consumo del poliestireno expandido, en el caso de larvas que estuvieron con poliestireno expandido de baja densidad sin complemento alimenticio la mayor biodegradación se obtuvo al día 30 de control, posterior a ello las larvas entraron a fase pupa, algunas realizaron la metamorfosis y otras murieron.

La mayor optimización evaluada en la biodegradación de poliestireno expandido de baja densidad se obtuvo al agregar un aditivo alimenticio (harina de trigo) en la dieta de larvas de *Plodia interpunctella*, corresponde al día 14 de control con 3.32 gr., a diferencia de la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella* que obtuvo el día 30 de control el peso de 0.33 gr., eso implica que la mayor biodegradación se dió por la presencia del complemento de harina de trigo.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar futuras investigaciones o proyectos de mediana escala a industrial sobre las larvas de *Plodia interpunctella* en el proceso de biodegradación de otros tipos de poliestirenos y polietilenos, con la finalidad de generar opciones que conlleve a la reducción del grado de la contaminación que estos generan.

Se recomienda realizar la investigación de biodegradación a temperaturas de 25 °C y 30 °C teniendo presente el control y registro a la humedad atmosférica, para obtener mejores condiciones de desarrollo de los factores vivos y lograr óptimos resultados en el proceso de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*.

Se recomienda realizar evaluaciones periódicas durante el proceso de evaluación de investigación (cada 5-7 días) para obtener una mayor información actualizada durante el proceso de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de 200 larvas de *Plodia interpunctella*.

Para mayor optimización de la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad, se recomienda agregar un complemento alimenticio como la harina de trigo, harina de maíz, salvado de trigo u otros en la dieta de las larvas de *Plodia interpunctella*.

## REFERENCIAS

ABDULHAY, Hind. Biodegradation of plastic wastes by confused flour beetle *Tribolium confusum* Jacquelin du Val larvae. *Revista Asian Journal of Agriculture and Biology* [en línea]. Abril 2020, n.º. 2. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.35495/jab.2019.11.515>. ISSN: 23078553

BAENA PAZ, Guillermina. *Metodología de la Investigación*. 3.ª ed. México, 2017. 84 pp. Disponible en <http://ebookcentral.proquest.com> ISBN: 9786077447481

BIODEGRADATION of conventional plastics: Candidate organisms and potential mechanisms por WU Zeyu [et al.]. Elsevier [en línea]. Agosto 2023, n.º 885. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723025299>

BIODEGRADATION of macro- and micro-plastics in environment: A review on mechanism, toxicity, and future perspectives por RAHIM BACHA Aziz [et al.]. Elsevier [en línea]. Febrero 2023, n.º 858. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722072084#bb0350>

Biodegradation of polystyrene by *tenebrio molitor*, *galleria mellonella*, and *zophobas atratus* larvae and comparison of their degradation effects por JIANG Shan [et al.]. *Scopus* [en línea]. Mayo 2023, n.º13. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2023]. Disponible en <https://www.doi.org/10.3390/polym13203539> ISSN: 20734360

Biodegradation of plastic wastes by confused flour beetle *Tribolium confusum* Jacquelin du Val larvae por ABDULHAY Hind [et al.]. Elsevier [en línea]. Octubre 2021, n.º2. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.35495/jab.2019.11.515> ISSN: 23078553

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 por

YANG Li [et al.]. Sciencedirect [en línea]. Enero 2021, n.º262. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653520320130>

Biodegradation and disintegration of expanded polystyrene by land snails *Achatina fulica* por YANG Song [et al.]. Sciencedirect [en línea]. Diciembre 2020, n.º746. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972034818X>

Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle por SHAN SHAN Yang [et al.]. Sciencedirect [en línea]. Enero 2018, n.º191. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653517317022>

Biodegradation of foam plastics by *Zophobas atratus* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) associated with changes of gut digestive enzymes activities and microbiome por LUO Liping [et al.]. Sciencedirect [en línea]. Noviembre 2021, n.º282. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521014788#abs0010>

Biodegradation of expanded polystyrene by mealworm larvae under different feeding strategies evaluated by metabolic profiling using GC-TOF-MS por TSOCHATZIS Emmanouil [et al.]. Sciencedirect [en línea]. Octubre 2021, n.º281. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521013114>

Biodegradation of low-density polyethylene (LDPE) sheet by microalga, *Uronema africanum* Borge por ELUMALAI Sanniyasi [et al.]. Elsevier [en línea]. Agosto 2021, n.º22. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96315-6>

ISSN: 2045-2322

Biodegradation of Expanded Polystyrene by Larval and Adult Stages of *Tenebrio molitor* with Varying Substrates and Beddings por PALMER Kevin [et al.]. Elsevier

[en línea]. Marzo 2022, n.º9. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s40710-021-00556-6>

ISSN: 21987491

Biodegradation of polystyrene and low-density polyethylene by *Zophobas atratus* larvae: Fragmentation into microplastics, gut microbiota shift, and microbial functional enzymes por BO Yu Peng [et al.]. Sciencedirect [en línea]. Setiembre 2022, n.º367. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622025793>

Isolation and Identification of Polystyrene Degrading Bacteria from *Zophobas morio*'s Gut por TAN Kian [et al.]. Scopus [en línea]. Abril 2021, n.º18. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.48048/wjst.2021.9118>

ISSN: 2228-835X

Biodegradation of polystyrene (PS) by marine bacteria in mangrove ecosystem por LIU Renju [et al.]. Sciencedirect [en línea]. Enero 2023, n.º442. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389422018507>

Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating superworms *Zophobas atratus* por YANG Yu [et al.]. Elsevier [en línea]. Abril 2021, n.º18. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135233> 0048-9697/-2019

BIOSCA ROJAS Diosen y Balaira Reyes Ariel. Sistema iot para el monitoreo del proceso de curado de tabaco con termohigrometro multi-sonda. [en línea]. [s.n]. Noviembre 2022. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2023]. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/profile/Dioen-Biosca>  
[Rojas/publication/367008885\\_SISTEMA\\_IOT\\_PARA\\_EL\\_MONITOREO\\_DEL\\_PROCESO\\_DE\\_CURADO\\_DE\\_TABACO\\_CON\\_TERMOHIGROMETRO\\_MULTI-SONDA/links/63bdc37b03aad5368e7dc2cc/SISTEMA-IOT-PARA-EL-MONITOREO-DEL-PROCESO-DE-CURADO-DE-TABACO-CON-TERMOHIGROMETRO-MULTI-SONDA.pdf](https://www.researchgate.net/publication/367008885_SISTEMA_IOT_PARA_EL_MONITOREO_DEL_PROCESO_DE_CURADO_DE_TABACO_CON_TERMOHIGROMETRO_MULTI-SONDA/links/63bdc37b03aad5368e7dc2cc/SISTEMA-IOT-PARA-EL-MONITOREO-DEL-PROCESO-DE-CURADO-DE-TABACO-CON-TERMOHIGROMETRO-MULTI-SONDA.pdf)

Blood lead levels, malondialdehyde and antioxidant vitamins in schoolchildren por PEREZ Henry [et al.]. Scopus [en línea]. 2015, n.º19. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2023]. Disponible en 13167138. ISSN: 13167138

Ecology of the plastisphere por AMARAL Linda [et al.]. Nature [en línea]. Junio 2020, n.º 18. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41579-019-0308-0>. ISSN: 1740-1534

Effect of diets containing of sesame, soybean and rapeseed meal on life table parameters of the flour moth, *Ephestia kuehniella* (Lep.: Pyralidae) por DAVOUDI A. [et al.]. Cabdirect[en línea]. Agosto 2021, n.º22. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.22124/IPRJ.2018.3112> ISSN: 2538-6123

CHAN, Hamsun y NOT, Christelle. Revista elsevier [en línea]. 6 de enero de 2023, n.º. 10. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765723000029>

CHARACTERIZATION of transcriptome in the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) and gene expression analysis during developmental stages. Por TANG, Pei An [et al.]. Revista elsevier [en línea]. Julio 2017, n.o 622. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378111917302615#s0005>

Chen, Y., Liu, X., Leng, Y., & Wang, J. (2020). Defense responses in earthworms (*Eisenia fetida*) exposed to low-density polyethylene microplastics in soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 187(109788), 109788. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109788>

ENAREVBA, Dolor R. y HAAPALA, Karl R. 2023. A Comparative Life Cycle Assessment of Expanded Polystyrene and Mycelium Packaging Box Inserts. Oregón - EE.UU, Revista elsevier [en línea]. Abril 2023, n.ºs 116. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827123001099>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 4.ª ed. México: McGRAW-HILL, 2006. 73 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6.ª ed. México: McGRAW-HILL, 2014. 73 pp.

INTRODUCCIÓN a la metodología de la Investigación por CABEZAS MEJÍA, Edison Damián [et al.]. Ecuador: [s.n], 2018. 98 pp. Disponible en <https://www.espe.edu.ec>  
ISBN: 9789942765444

Life table parameters of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) on four commercial pistachio cultivars por RAZAZZIAN Sara [et al.]. Sciencedirect [en línea]. Marzo 2015, n.º9. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2023]. Disponible <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226861514001447?via%3Dihub>

Lou, H., Fu, R., Long, T., Fan, B., Guo, C., Li, L., Zhang, J., & Zhang, G. (2022). Biodegradation of polyethylene by *Meyerozyma guilliermondii* and *Serratia marcescens* isolated from the gut of waxworms (larvae of *Plodia interpunctella*). *The Science of the Total Environment*, 853(158604), 158604.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158604>

MINAM. A partir de hoy queda prohibido usar y comercializar tecnopor a nivel nacional, 2021. Disponible en:  
<https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/571488-a-partir-de-hoy-queda-prohibido-usar-y-comercializar-tecnopor-a-nivel-nacional>

MINAM. Cifras del mundo y del Perú, 2021. Disponible en:  
<https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

ONU. Organización de las Naciones Unidas, 2023. Disponible en <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures>

Pest control strategies and damage potential of seed-infesting pests in the Czech stores - A review por STWJSKAL Vaclav [et al.]. Scopus [en línea]. Octubre 2024, n.º50. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2023]. Disponible en

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84921862821&origin=inward&txGid=21cba5b2a96b277e852c66bce818da9a>

ISSN: 12122580

PLASTICSEUROPE. Plásticos - Situación en el 2022. Disponible en: <https://plasticseurope.org/es/knowledge-hub/plasticos-situacion-en-2022/>

PNUMA. From pollution to solution - a global assessment of marine litter and plastic pollution, 2021. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine-litter-and-plastic-pollution>

Plodia interpunctella (Hübner) (Lepidoptera: pyralidae) life cycle on stored walnuts under controlled environmental conditions por BARRERA Alberto [et al.]. Academia Entomológica de México [en línea]. Febrero 2017, n.º03. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2023]. Disponible en <http://revistas.acaentmex.org/index.php/fofia/article/view/125>

RAMOS GALARZA, Carlos. Diseños de investigación experimental. 10.<sup>ma</sup> ed. CienciAmérica.Ecuador, 2021. 3 pp. 10. ISBN: 13909592

SPATIAL analysis of changes in Plodia interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae) distribution depending on diets por JUNG Jae [et al.]. Elsevier [en línea]. Marzo 2021, n.º91. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022474X21000163#sec5>

TÉCNICAS e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos [en línea]. Por Useche, María [et al.].1.<sup>a</sup> ed. 2019. [Fecha de consulta: 4 de junio de 2023]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

VARGAS CORDERO, Zoila Rosa. la investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista educación [en línea]. 2009, n.º33. [Fecha de consulta: 5 de junio del 2023]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>.

ISBN: 0379-7082

WASHINGTON D. C., 2005. Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio [en línea]. [s.n.]. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2023]. Disponible en: [https://www.exactas.unlp.edu.ar/uploads/docs/manual\\_de\\_mantenimiento.pdf](https://www.exactas.unlp.edu.ar/uploads/docs/manual_de_mantenimiento.pdf)

Yin, C.-F., Xu, Y., & Zhou, N.-Y. (2020). Biodegradation of polyethylene mulching films by a co-culture of *Acinetobacter* sp. strain NyZ450 and *Bacillus* sp. strain NyZ451 isolated from *Tenebrio molitor* larvae. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 155(105089), 105089. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.105089>

Zhong, Z., Nong, W., Xie, Y., Hui, J. H. L., & Chu, L. M. (2022). Long-term effect of plastic feeding on growth and transcriptomic response of mealworms (*Tenebrio molitor* L.). *Chemosphere*, 287(132063), 132063. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132063>

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** Matriz de consistencia.

**Anexo 2:** Matriz de operacionalización de variables.

**Anexo 3:** Certificado de la Identificación morfológica de la *Plodia interpunctella*.

**Anexo 4:** Instrumentos de recolección de datos.

**Anexo 5:** Validación de los instrumentos.

**Anexo 6:** Certificados de calibración de los instrumentos.

**Anexo 7:** Fotografías del procedimiento de la investigación.

**Anexo 8:** Fichas de recolección de datos rellenas.

**Anexo 9:** Tablas del procesamiento de resultados.

**ANEXO N°1: Matriz de consistencia**

Eficiencia de la Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel de laboratorio – Lima 2023								
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
GENERAL	GENERAL	GENERAL						
¿Cuánto será la eficiencia de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio 2023?	Evaluar la eficiencia de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio 2023.	La biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad es significativa mediante el uso de las larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio 2023.	DEPENDIENTE POLIESTIRENO EXPANDIDO	Para Enarevba et al. (2023), el poliestireno expandido es un material utilizado en la producción de insertos de cajas para empaque, tiene alta demanda debido a su bajo precio y peso liviano.	La eficiencia de biodegradación del SPE se obtendrá mediante la fórmula:  <b>%Wspe</b> $= \frac{(Pi - Pf)}{Pi} \times 100$  En donde interviene la diferencia entre el peso inicial (Pi) y final (Pf) del poliestireno expandido.	Masa	<b>Peso inicial</b>	<b>mg</b>
							<b>Peso final</b>	<b>mg</b>
						Porcentaje de biodegradación	<b>%Wspe =</b> $\frac{(Pi - Pf)}{Pi} \times 100$	<b>%</b>

<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿Cuánto será la temperatura óptima para una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i>?</p>	<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>Determinar la temperatura óptima entre (20°C, 25°C y 30°C) para una mayor biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i>.</p>	<p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>La temperatura óptima es de 25°C. para una mayor biodegradación del poliestireno de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i>.</p>	<p style="text-align: center;"><b>INDEPENDIENTE</b> <b>LARVAS DE PLODIA INTERPUNCTELLA</b></p>	<p>Para Tang et al., (2017), consideran como plaga a la <i>Plodia interpunctella</i> porque ingresan a los alimentos almacenados; y las condiciones de temperaturas es de <math>29 \pm 1</math> °C y una humedad relativa de <math>70 \pm 5\%</math>, y la reproducción se da en la oscuridad.</p>	<p>Las larvas <i>Plodia interpunctella</i>, es medido a través de sus características y la eficiencia se evaluará a través del consumo del poliestireno expandido</p>	<p><b>Temperatura óptima</b></p>	<p><b>Temperatura</b></p>	<p><b>°C</b></p>
<p>¿Cuál será el tiempo óptimo de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i>?</p>	<p>Determinar el tiempo óptimo entre 7, 14, 21 y 30 días de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i>.</p>	<p>El tiempo óptimo es de 21 días para una mayor biodegradación del poliestireno de baja densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i>.</p>				<p><b>Humedad relativa</b></p>	<p><b>%</b></p>	
<p>¿En cuánto optimizará la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad al agregar un complemento alimenticio (harina de trigo) en la dieta de larvas de <i>Plodia interpunctella</i>?</p>	<p>Determinar la optimización en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad al agregar un complemento alimenticio (harina de trigo) en la dieta de larvas de <i>Plodia interpunctella</i>.</p>	<p>La biodegradación del poliestireno de baja densidad se optimiza en 1.9 % con la harina de trigo en su dieta de las larvas de <i>Plodia interpunctella</i>.</p>				<p><b>Tiempo</b></p>	<p><b>semanas</b></p>	<p><b>días</b></p>

## ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>DEPENDIENTE POLIESTIRENO EXPANDIDO</b>	Para Enervar et al., (2023), el poliestireno expandido es un material utilizado en la producción de insertos de cajas para empaque, tiene alta demanda debido a su bajo precio y peso liviano.	<p>La eficiencia de la biodegradación del SPE se obtendrá mediante la fórmula:</p> $\%Wspe = \frac{(Pi - Pf)}{Pi} \times 100$ <p>En donde interviene la diferencia entre el peso inicial (Pi) y final (Pf) del poliestireno expandido.</p>	Masa	Peso inicial	mg
				Peso final	mg
			Porcentaje de biodegradación	$\%Wspe = \frac{(Pi - Pf)}{Pi} \times 100$	%
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>INDEPENDIENTE LARVAS DE PLODIA INTERPUNCTELLA</b>	Para Tang et al., (2017), consideran como plaga a la <i>Plodia interpunctella</i> porque ingresan a los alimentos almacenados; y las condiciones de temperaturas es de $29 \pm 1$ °C y una humedad relativa de $70 \pm 5\%$ , y la reproducción se da en la oscuridad.	Las larvas <i>Plodia interpunctella</i> , es medido a través de sus características y la eficiencia se evaluará a través del consumo del poliestireno expandido.	Temperatura óptima	Temperatura	°C
				Humedad relativa	%
			Tiempo	Semanas	días

**ANEXO 3: Certificado de la Identificación morfológica de la *Plodia interpunctella*.**



MINISTERIO DE AGRICULTURA

**SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA**  
**CENTRO DE DIAGNÓSTICO DE SANIDAD VEGETAL**

Av. La Molina N° 1915, Lima 12 - Perú  
 Teléfono directo: 313- 3303  
 Central telefónica 313- 3300 Anexos: 1400 - 1401  
 Pag. Web: www.senasa.gob.pe

Ministerio de Agricultura  
**SENASA**  
 Servicio Nacional de Sanidad Agraria  
**PERU**

Pag. 1 de 1

**INFORME DE ENSAYO N° 111370 - 2023 - AG-SENASA-OCDP-UCDSV**

**1. Información del solicitante:**  
 Nombre: MANDUJANO HILARIO VERÓNICA SANDRA **N° de Solicitud: 111467 - 2023**  
 Dirección: LOMA ANDINA N°288 - Santiago De Surco / Lima / Lima  
 N° Expediente: **Origen Material Vegetal: PERÚ**

**2. Información de la Actividad**  
 Servicio Externo

**3. Fecha de Recepción de la muestra:** 18/07/2023 16:07 **Procedencia de la muestra:** Santiago De Surco / Lima / Lima **Pais:** PERU

**4. Cultivo:**  
 Nombre Científico:  
 Nombre Común: **Cultivar: NO INDICA**

**5. Resultado por Método de Ensayo:**

**ENTOMOLOGIA** **Código Muestra:** 2023111467010001 **Tipo:** ESPECIMEN **Cantidad:** 3Unds

**MET-UCDSV/Ent-001** IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE INSECTOS CON USO DE PREPARACIONES NO MICROSCÓPICAS

**Fecha de Recepción:** 18/07/2023 **Fecha de Término:** 21/07/2023

N°	Resultado	Información
1	<b>Positivo a la presencia de</b>	<b><i>Plodia interpunctella</i> (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)</b>

N° de Informe  
**!2023111370!**

N° de Solicitud  
**!2023111467!**

**6. Muestreo:** No Aplica

**7. Información adicional:**

**Lugar y Fecha:**  
La Molina, 27 de Julio del 2023



MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO  
 SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA  
 UNIDAD DE LOS CENTROS DE DIAGNÓSTICO Y PREVENCIÓN

**Lic. Blgo. Oscar J. Pineda Coronel**  
 Director de la Unidad del Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal

**Nombre y Firma del Director (Sello oficial)**

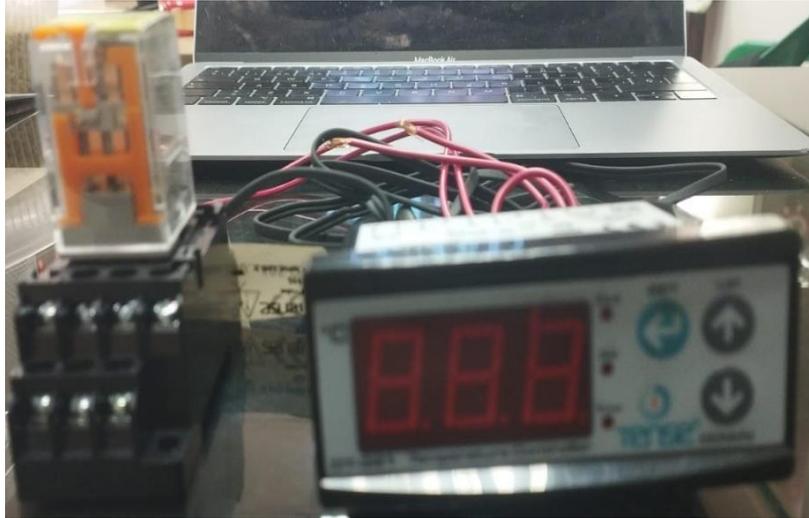
**Consideraciones:**  
 Los tiempos de duración del servicio están expresados en días hábiles y son contabilizados a partir de la fecha de recepción de la muestra en el Laboratorio hasta la fecha de emisión del resultado  
 Los tiempos de duración del servicio pueden aumentar de acuerdo a la cantidad de muestras que solicite procesar el usuario, en cuyo caso se concordará el plazo al momento de efectuarse el contrato

REG-UCDSV-003 del PRO-UCDSV-003, vigente.

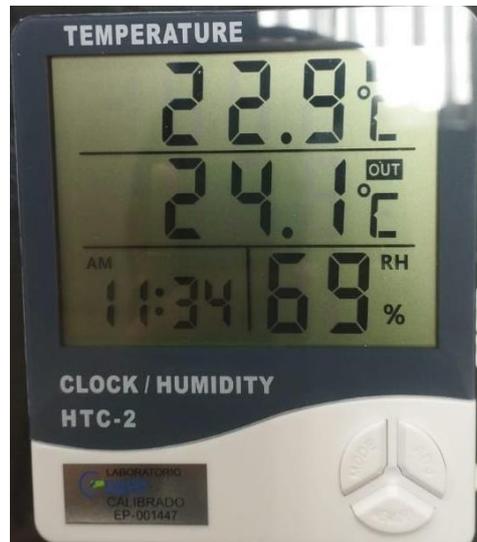
**NOTA:** El Centro de Diagnostico de Sanidad Vegetal sólo se responsabiliza por los resultados emitidos de la muestra indicada en el punto 4 del presente informe

Fecha y Hora: 03/08/2023 15:13

#### ANEXO 4: Instrumentos de recolección de datos



Termohigrómetro Lcd reloj



Balanza gramera digital



## Carta de presentación

Anexo 5: Validación de los instrumentos.

### CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a): Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN

Presente:

**Asunto: Validación de instrumentos a través de juicio de expertos.**

Es grato comunicarnos con usted para expresarles nuestro saludo cordial y así mismo, presentarnos formalmente como estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo, Sede Lima Este de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, actualmente cursando el taller de titulación. Que siendo requisito indispensable la validación de los instrumentos con las cuales recogemos información necesaria para desarrollar nuestra investigación y optar el grado de Ingeniero Ambiental.

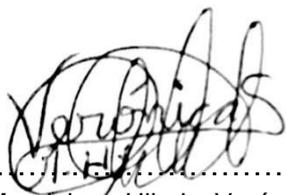
El desarrollo de nuestra tesis de investigación es biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel laboratorio, y siendo impredecible contar con docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos optado de recurrir ante usted por su connotada experiencia en temas ambientales e investigación ambiental.

Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

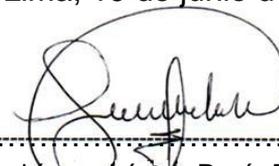
- Matriz de consistencia de variables.
- Ficha de evaluación.
- Instrumentos de recolección de datos.

Expresándole nuestro sentimiento de respeto y consideración nos despedimos de usted no sin antes de agradecerle por la atención que dispense a nuestra petición.

Lima, 19 de junio del 2023.



.....  
Alumna: Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
DNI N°: 47005541



.....  
Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa  
DNI N°: 4617468

# Ficha de Evaluación del instrumento termohigrómetro

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Termohigrómetro
- 1.1. **Autores de Instrumento:** Mandujano Hilario, Verónica Sandra Rodríguez López, Rocío Teresa

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN NBM

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 las 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 su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

  
 .....  
 Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg.CIP. N° 92135

95  
%

Lima, 19 de junio de 2023.

# Ficha de Evaluación del instrumento termostato digital

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Termostato digital.
- 1.1. **Autores de Instrumento:** Mandujano Hilario, Verónica Sandra Rodríguez López, Rocío Teresa

### 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	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 las 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 su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

  
 .....  
 Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg.CIP. N° 92135

95%

Lima, 19 de junio de 2023.

# Ficha de Evaluación del instrumento balanza gramera digital

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y Gestión de los Residuos  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Balanza gramera digital.  
 1.2. **Autores de Instrumento:** Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
 Rodríguez López, Rocío Teresa

### 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	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 las 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 su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

Lima, 19 de junio de 2023.



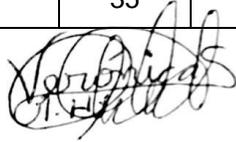
Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN INGENIERO AMBIENTAL Reg.CIP. N° 92135

Ficha de Recolección de datos

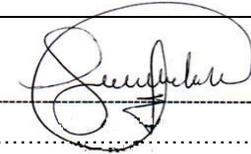
		Tasa de supervivencia de larvas <i>Plodia Interpunctella</i>		Ficha N°: 01
Investigadores		MANDUJANO HILARIO VERÓNICA SANDRA RODRÍGUEZ LÓPEZ ROCÍO TERESA		
Título de investigación		Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio – Lima 2023		
Fecha:		Hora:	Situación del EPS	Único alimento ( ) Con aditivo salvado ( )
Temperatura		20 °C ( ) 25C° ( ) 30°C ( )	Rèplica	1 ( ) 2 ( ) 3 ( )
FECHA	TIEMPO (EN DÍAS)	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	OBSERVACIONES
	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			
	31			
	32			
	33			
	34			
	35			

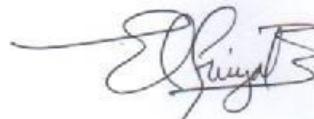


.....  
 Alumna: Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
 DNI N°: 47005541  
 .....



.....  
 Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa  
 DNI N°: 46174685  
 .....

Lima, 19 de junio del 2023.



Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg.CIP. N° 92135

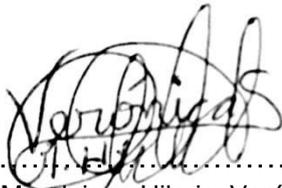
## Ficha de Recolección de datos

	Control de masa del poliestireno expandido de baja densidad según temperatura			Ficha N°: 02	
Investigadores	MANDUJANO HILARIO VERÓNICA SANDRA RODRÍGUEZ LÓPEZ ROCÍO TERESA				
Título de investigación	Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio – Lima 2023				
Fecha:	Hora:	Situación del EPS	Único alimento ( ) Con aditivo salvado ( )		
Temperatura	20 °C ( ) 25C° ( ) 30°C ( )		Rèplica	1 ( ) 2 ( ) 3 ( )	
Día de control	Temperatura del tratamiento	Repeticiones	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	Diferencia de masa (g)
Día 7	T1-20 C°	1			
		2			
		3			
		4			
	T2-25 C°	1			
		2			
		3			
		4			
	T3-30 C°	1			
		2			
		3			
		4			
	T1-20 C°	1			
		2			
		3			
		4			

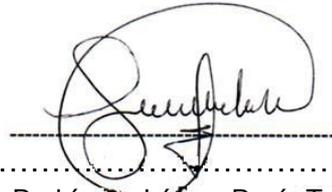
<b>Día 14</b>	<b>T2-25 Cº</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T3-30 Cº</b>	1			
		2			
		3			
		4			
<b>Día 21</b>	<b>T1-20 Cº</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T2-25 Cº</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T3-30 Cº</b>	1			
		2			
		3			
		4			
<b>Día 30</b>	<b>T1-20 Cº</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T2-25 Cº</b>	1			
		2			
		3			

		4			
	<b>T3-30 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			

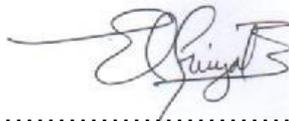
Lima, 19 de junio del 2023.



.....  
 Alumna: Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
 DNI N°: 47005541



.....  
 Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa  
 DNI N°: 46174685

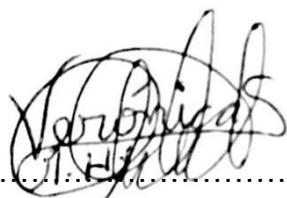


.....  
 Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg.CIP. N° 92135

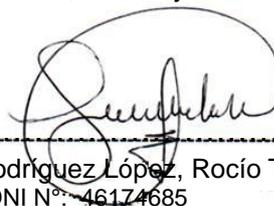
Ficha de Recolección de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Sistematización de Eficiencia		Ficha N°: 03
Investigadores	MANDUJANO HILARIO VERÓNICA SANDRA RODRÍGUEZ LÓPEZ ROCÍO TERESA		
Título de investigación	Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio – Lima 2023		
Fecha:	Hora:	Situación del EPS	Único alimento ( ) Con aditivo salvado ( )
Temperatura	20 °C ( ) 25°C ( ) 30°C ( )		
Compartimiento de vidrio	Repeticiones.	Cálculo de Eficiencia %	
A	1		
B	2		
C	3		
D	4		

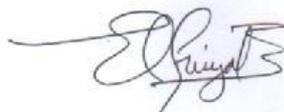
Lima, 19 de junio del 2023.



.....  
Alumna: Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
DNI N°: 47005541



.....  
Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa  
DNI N°: 46174685



.....  
Dr. Eduardo Ronald ESPINOZA FARFÁN  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg.CIP. N° 92135

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a): Dr. Milton TULLUME CHAVESTA

**Presente:**

**Asunto: Validación de instrumentos a través de juicio de expertos.**

Es grato comunicarnos con usted para expresarles nuestro saludo cordial y así mismo, presentarnos formalmente como estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo, Sede Lima Este de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, actualmente cursando el taller de titulación. Que siendo requisito indispensable la validación de los instrumentos con las cuales recogemos información necesaria para desarrollar nuestra investigación y optar el grado de Ingeniero Ambiental.

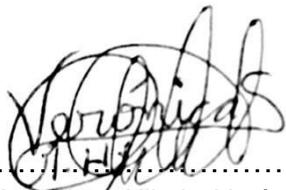
El desarrollo de nuestra tesis de investigación es biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel laboratorio, y siendo impredecible contar con docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos optado de recurrir ante usted por su connotada experiencia en temas ambientales e investigación ambiental.

Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

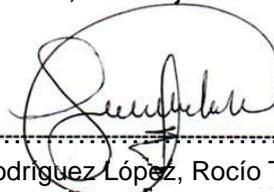
- Matriz de consistencia de variables.
- Ficha de evaluación.
- Instrumentos de recolección de datos.

Expresándole nuestro sentimiento de respeto y consideración nos despedimos de usted no sin antes de agradecerle por la atención que dispense a nuestra petición.

Lima, 19 de junio del 2023.



.....  
Alumna: Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
DNI N°: 47005541



.....  
Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa  
DNI N°: 4617468

## Ficha de Validación del instrumento Termohigrómetro.

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Milton TULLUME CHAVESTA
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Termohigrómetro
- 1.5. **Autores de Instrumento:** Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
Rodríguez López, Rocío Teresa

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN NBM

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		4 0	4 5	5 0	5 5	6 0	6 5	7 0	7 5	8 0	8 5	9 0	9 5	10 0
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 las 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 su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%
-----

Lima, 19 de junio de 2023.

.....  
Dr. Milton TULLUME CHAVESTA  
INGENIERO FORESTAL  
Reg.CIP. N° 64716

Ficha de Validación de instrumento Termostato digital.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Milton TULLUME CHAVESTA
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Termostato digital.
- 1.5. **Autores de Instrumento:** Mandujano Hilario, Verónica Sandra Rodríguez López, Rocío Teresa

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		4 0	4 5	5 0	5 5	6 0	6 5	7 0	7 5	8 0	8 5	9 0	9 5	10 0
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 las 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 su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

95%

Lima, 19 de junio de 2023



.....  
 Dr. Milton TULLUME CHAVESTA  
 INGENIERO FORESTAL  
 Reg.CIP. N° 64716

Ficha de Validación del instrumento Balanza gramera digital.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Milton TULLUME CHAVESTA
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Balanza gramera digital.
- 1.6. **Autores de Instrumento:** Mandujano Hilario, Verónica Sandra Rodríguez López, Rocío Teresa

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		4 0	4 5	5 0	5 5	6 0	6 5	7 0	7 5	8 0	8 5	9 0	9 5	10 0
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 las 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 su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

95%

Lima, 19 de junio de 2023.

  
 .....  
 Dr. Milton TULLUME CHAVESTA  
 INGENIERO FORESTAL  
 Reg.CIP. N° 64716

Ficha de obtención de datos



Tasa de supervivencia de larvas *Plodia Interpunctella*

Investigadores

MANDUJANO HILARIO VERÓNICA SANDRA  
RODRÍGUEZ LÓPEZ ROCÍO TERESA

Título de investigación

Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel laboratorio – Lima 2023

Fecha:

Hora:

Situación del EPS

Único alimento ( ) Con aditivo salvado ( )

Temperatura

20 °C ( ) 25C° ( ) 30°C ( )

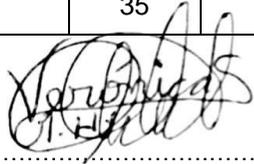
Rèplica

1 ( ) 2 ( ) 3 ( )

FECHA	TIEMPO (EN DÍAS)	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	OBSERVACIONES
	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			
	31			
	32			
	33			
	34			
	35			



.....  
 Alumna: Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
 DNI N°: 47005541

DNI N°: 46174685

Lima, 19 de junio del 2023.

.....  
 Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa



Dr. Milton TULLUME CHAVESTA  
 INGENIERO FORESTAL  
 Reg.CIP. N° 64716



Ficha de obtención de datos

		Control de masa del poliestireno expandido de baja densidad según temperatura		Ficha N°: 02	
Investigadores		MANDUJANO HILARIO VERÓNICA SANDRA RODRÍGUEZ LÓPEZ ROCÍO TERESA			
Título de investigación		Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio – Lima 2023			
Fecha:		Hora:	Situación del EPS	Único alimento ( ) Con aditivo salvado ( )	
Temperatura		20 °C ( ) 25C° ( ) 30°C ( )		Réplica	1 ( ) 2 ( ) 3 ( )
Día de control	Temperatura del tratamiento	Repeticiones	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	Diferencia de masa (g)
Día 7	T1-20 C°	1			
		2			
		3			
		4			
	T2-25 C°	1			
		2			
		3			
		4			
	T3-30 C°	1			
		2			
		3			
		4			
Día 14	T1-20 C°	1			
		2			
		3			
		4			
			1		

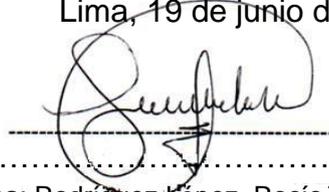
	<b>T2-25 C°</b>	2			
		3			
		4			
	<b>T3-30 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
<b>Día 21</b>	<b>T1-20 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T2-25 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T3-30 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
<b>Día 30</b>	<b>T1-20 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T2-25 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			

	<b>T3-30 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			



.....  
 Alumna: Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
 DNI N°: 47005541

Lima, 19 de junio del 2023.



.....  
 Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa  
 DNI N°: 46174685

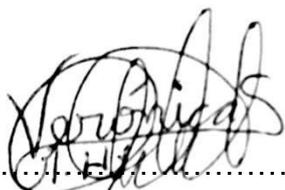


.....  
 Dr. Milton TULLUME CHAVESTA  
 INGENIERO FORESTAL  
 Reg.CIP. N° 64716

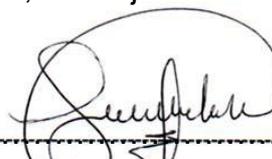
Ficha de obtención de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Sistematización de Eficiencia			Ficha N°: 03
Investigadores	MANDUJANO HILARIO VERÓNICA SANDRA RODRÍGUEZ LÓPEZ ROCÍO TERESA			
Título de investigación	Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio – Lima 2023			
Fecha:	Hora:	Situación del EPS	Único alimento ( ) Con aditivo salvado ( )	
Temperatura	20 °C ( ) 25C° ( ) 30°C ( )			
Compartimiento de vidrio	Repeticiones.		Calculo de Eficiencia %	
A	1			
B	2			
C	3			

Lima, 19 de junio del 2023.



.....  
Alumna: Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
DNI N°: 47005541



.....  
Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa  
DNI N°: 46174685



.....  
Dr. Milton TULLUME CHAVESTA  
INGENIERO FORESTAL  
Reg.CIP. N° 64716

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a): Mg. Freddy PILLPA ALIAGA

Presente:

**Asunto: Validación de instrumentos a través de juicio de expertos.**

Es grato comunicarnos con usted para expresarles nuestro saludo cordial y así mismo, presentarnos formalmente como estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo, Sede Lima Este de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, actualmente cursando el taller de titulación. Que siendo requisito indispensable la validación de los instrumentos con las cuales recogemos información necesaria para desarrollar nuestra investigación y optar el grado de Ingeniero Ambiental.

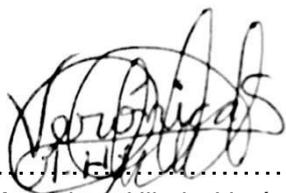
El desarrollo de nuestra tesis de investigación es biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad mediante el uso de larvas de *Plodia interpunctella*, a nivel laboratorio, y siendo impredecible contar con docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos optado de recurrir ante usted por su connotada experiencia en temas ambientales e investigación ambiental.

Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

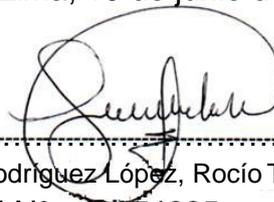
- Matriz de consistencia de variables.
- Ficha de evaluación.
- Instrumentos de recolección de datos.

Expresándole nuestro sentimiento de respeto y consideración nos despedimos de usted no sin antes de agradecerle por la atención que dispense a nuestra petición.

Lima, 19 de junio del 2023.



.....  
Alumna: Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
DNI N°: 47005541



.....  
Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa  
DNI N°: 46174685

# Instrumento de validación del termohigrómetro.

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Freddy PILLPA ALIAGA
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Análisis y tratamiento de la contaminación de suelos
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Termohigrómetro
- 1.1. **Autores de Instrumento:** Mandujano Hilario, Verónica Sandra Rodríguez López, Rocío Teresa

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN NBM

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 las 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 su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X	.	.
.	.	.

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓ

90
----

Lima, 19 de junio de 2023.

Mg. Freddy PILLPA ALIAGA  
INGENIERO AGRÓNOMO  
Reg. CIP. N° 196897

Firmado digitalmente por Mg. Sc. FREDDY PILLPA ALIAGA  
Nombre de reconocimiento (DN): cn=Mg. Sc. FREDDY PILLPA ALIAGA, o=UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - Lima Este, ou=Coordinador de la E.P. de Ingeniería Ambiental, email=fpillpaa@gmail.com, c=ES  
Fecha: 2023.06.23 15:51:15 -05'00'

## Instrumento de validación del termostato digital.

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Freddy PILLPA ALIAGA
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Análisis y tratamiento de la contaminación de suelos
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Termostato digital.
- 1.5. **Autores de Instrumento:** Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
Rodríguez López, Rocío Teresa

#### 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	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 las 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 su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 19 de junio de 2023.

.....  
Mg. Freddy PILLPA ALIAGA  
INGENIERO AGRÓNOMO  
Reg.CIP. N° 196897

Firmado digitalmente por  
Mg. Sc. FREDDY PILLPA  
ALIAGA  
Nombre de reconocimiento  
(DN): cn=Mg. Sc. FREDDY  
PILLPA ALIAGA,  
o=UNIVERSIDAD CESAR  
VALLEJO - Lima Este,  
ou=Coordinador de la E.P. de  
Ingeniería Ambiental,  
email=fpillpaa@gmail.com,  
c=ES  
Fecha: 2023.06.23 15:51:30  
-05'00'

## Instrumento de validación de balanza gramera digital.

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.2. **Apellidos y Nombres:** Mg. Freddy PILLPA ALIAGA  
 1.3. **Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo  
 1.4. **Especialidad o línea de investigación:** Análisis y tratamiento de la contaminación de suelos  
**Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Balanza gramera digital.  
 1.6. **Autores de Instrumento:** Mandujano Hilario, Verónica Sandra  
 Rodríguez López, Rocío Teresa

#### 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	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está 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	Está 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 las 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 su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 19 de junio de 2023.

Mg. Freddy PILLPA ALIAGA  
 INGENIERO AGRÓNOMO  
 Reg.CIP. N° 196897



Firmado digitalmente por Mg. Sc. FREDDY PILLPA ALIAGA  
 Nombre de reconocimiento (DN): cn=Mg. Sc. FREDDY PILLPA ALIAGA, o=UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - Lima Este, ou=Coordinador de la E.P. de Ingeniería Ambiental, email=fpilpaa@gmail.com, c=ES  
 Fecha: 2023.06.23 15:51:40 -05'00'

		Tasa de supervivencia de larvas <i>Plodia interpunctella</i>		Ficha N°: 01
Investigadores		MANDUJANO HILARIO VERÓNICA SANDRA RODRIGUEZ LÓPEZROCIO TERESA		
Título de investigación		Biodegradación del Poliestrieno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio - Lima 2023		
Fecha:		Hora:	Situación del EPS	Único alimento( ) Con aditivo salvado ( )
Temperatura		20°C ( ) 25°C ( ) 30°C ( )	Replica	1 ( ) 2 ( ) 3 ( )
FECHA	TIEMPO (EN DIAS)	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	OBSERVACIONES
	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			
	31			
	32			
	33			
	34			
	35			

Lima, 19 de junio del 2023.

Alumna: ManduJano Hilario, Verónica Sandra

DNIN: 47005541



Firmado digitalmente por Mg.  
Sc. FREDDY PILLPA ALIAGA  
DN: cn=Mg. Se. FREDDY PILLPA ALIAGA, o=UNIVERSIDAD CESAR

Nombre de reconocimiento  
(DN): cn=Mg. Se. FREDDY PILLPA ALIAGA, o=UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - Lima Este, ou=Coordinador de la E.P. de Ingeniería Ambiental,

Mg. Freddy PILLPA Aleirfiii1lcpillpaa@gmail.com, c=ES  
INGENIERO AGRÓNOMO  
F.g.f .P. N°19689100



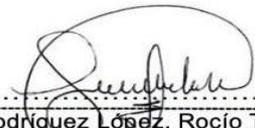
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		Control de masa del poliestireno expandido de baja densidad según temperatura			Ficha N°: 02		
Investigadores		MANDUJANO HILARIO VERÓNICA SANDRA RODRÍGUEZ LÓPEZ ROCÍO TERESA					
Título de investigación		Biodegradación del Poliestireno Expandido de Baja Densidad mediante el uso de larvas de <i>Plodia interpunctella</i> , a nivel laboratorio – Lima 2023					
Fecha:		Hora:		Situación del EPS	Único alimento ( ) Con aditivo salvado ( )		
Temperatura		20 °C ( ) 25C° ( ) 30°C ( )			Rèplica	1 ( ) 2 ( ) 3 ( )	
Día de control	Temperatura del tratamiento	Repeticiones	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	Diferencia de masa (g)		
Día 7	T1-20 C°	1					
		2					
		3					
		4					
	T2-25 C°	1					
		2					
		3					
		4					
	T3-30 C°	1					
		2					
		3					
		4					
	T1-20 C°	1					
		2					
		3					
		4					

<b>Día 14</b>	<b>T2-25 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T3-30 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
<b>Día 21</b>	<b>T1-20 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T2-25 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T3-30 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
<b>Día 30</b>	<b>T1-20 C°</b>	1			
		2			
		3			
		4			
	<b>T2-25 C°</b>	1			
		2			
		3			

		4			
	T3-30 Cº	1			
		2			
		3			
		4			

Lima, 19 de junio del 2023.

  
 .....  
 Alumna: Mánchujano Hilario, Verónica Sandra  
 DNI N°: 47005541

  
 .....  
 Alumna: Rodríguez López, Rocío Teresa  
 DNI N°: 46174685  
 Firmado digitalmente por Mg.  
 Sc. FREDDY PILLPA ALIAGA  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): cn=Mg. Sc. FREDDY PILLPA  
 ALIAGA, o=UNIVERSIDAD CESAR  
 VALLEJO - Lima Este,  
 ou=Coordinador de la E.P. de  
 Ingeniería Ambiental,  
 email=fpillpaa@gmail.com, c=ES  
 Fecha: 2023.06.23 15:52:08  
 -05'00'

  
 .....  
 Mg. Freddy PILLPA ALIAGA  
 INGENIERO AGRONOMO  
 Reg.CIP. N° 100897



## ANEXO 6: Certificado de calibración de los instrumentos.

### Certificado del Termohigrómetro.



## Certificado de Calibración

### LH - 058 - 2023

Laboratorio de Higrometría

Página 1 de 4

Expediente	1050609	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIIM) y participa activamente en las intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	LABORATORIO METROLOGICO EVALUA PERU S.A.C.	
Dirección	EL PINAR ET. UNO CALLE 11 # 166 URB. EL PINAR COMAS LIMA	
Instrumento de Medición	TERMOHIGROMETRO	
Indicación	DIGITAL	
Intervalo de Indicación	-20 °C a 60 °C ; 0 %hr a 100 %hr (*)	
Resolución	0,1 °C ; 0,1 %hr	
Marca	CENTER	
Modelo	318	
Procedencia	TAIWAN	
Número de Serie	230406244	
Fecha de Calibración	2023-06-21 al 2023-06-23	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	Responsable del área	Responsable del laboratorio
Dirección de Metrología	Dirección de Metrología	

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 877, San Isidro, Lima - Perú  
Tel: (01) 840-8800 Anexo 1301  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)

Puede verificar el número de certificado en la página:  
<http://www.inacal.gob.pe/verificar>

Certificado de la Balanza gramera digital.



**LABORATORIO METROLÓGICO  
EVALÚA PERÚ S.A.C.**

## Certificado de Calibración EP-001451

Expediente	: E-0020	Página	: 1 de 3
Fecha de emisión	: 2023 - 07 - 25		
1. Solicitante	: ROCIO TERESA RODRIGUEZ LOPEZ		Este certificado refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizadas todas las mediciones y en las condiciones que se practicaron.
Dirección	: AV. ALAMEDA DEL PREMIO REAL MZ J LT 16 - CHORRILLOS		EVALÚA PERÚ S.A.C. no se hace responsable de los perjuicios que puedan producirse debido al uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
2. Instrumento de medición	: <b>BALANZA NO AUTOMÁTICA</b>		Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
Marca	: POCKET SCALE		EVALÚA PERÚ S.A.C. no se responsabiliza del uso inadecuado del presente documento.
Modelo	: NO INDICA		
N° de serie	: NO INDICA		
Procedencia	: NO INDICA		
Identificación	: NO INDICA		
Ubicación	: NO INDICA		
Capacidad máxima	: 600,00 g		
División de escala, d	: 0,01 g		
División de verificación, e	: 0,01 g		
Clase	: <b>II</b>		
Tipo	: ELECTRÓNICA		
3. Lugar de calibración	: INSTALACIONES DE EVALÚA PERÚ S.A.C.		
4. Fecha de calibración	: 2023 - 07 - 24		
5. Condiciones ambientales.			
Magnitud	Inicial	Final	
Temperatura	: 22,3 °C	: 22,6 °C	
Humedad relativa	: 69%	: 69%	
6. Método.			
La calibración se efectuó por comparación directa con patrones de masa calibrados. Se usó como referencia el Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II, PC - 011 de INACAL-DM.			
7. Patrón de medición.			
Se utilizó patrones trazables a las unidades de masa, temperatura y humedad del Sistema Internacional de Unidades calibrados por INACAL-DM.			



  
Edgual Saldaña Salas  
Gerencia Técnica

Oficina principal y laboratorio: Av. Argentina 523 CC. Acoprom Stand M-04  
Teléfono y WhatsApp: (+51) 903 405 126 / (+51) 955 177 872  
E-mail: informes@evaluaperu.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO EVALÚA PERÚ S.A.C.

Certificado del termostato.



## LABORATORIO METROLÓGICO EVALÚA PERÚ S.A.C.

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN EP-001448

Expediente : OT-0314  
Fecha de emisión : 2023-07-24  
Página : 1 de 2

1. SOLICITANTE : Rocio Teresa Rodríguez López  
DIRECCIÓN : Av. Alameda Del Premio Real Mz J Lt 16 - Chorrillos

Este certificado refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizadas todas las mediciones y en las condiciones que se practicaron.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CONTROLADOR DE TEMPERATURA (TERMOSTATO)  
MARCA : TENSE  
MODELO : DT-321.  
N° DE SERIE : NO INDICA  
INTERVALO DE INDICACIÓN :  $-30+150^{\circ}$   
PROCEDENCIA : NO INDICA  
TIPO DE INDICACIÓN : DIGITAL  
IDENTIFICACIÓN : NO INDICA  
TIPO DE SENSOR : TERMISTOR

EL LABORATORIO METROLÓGICO EVALÚA PERÚ S.A.C. no se hace responsable de los perjuicios que puedan producirse debido al uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

3. LUGAR DE CALIBRACIÓN. : LABORATORIO DE EVALUA PERU S.A.C.  
4. FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023-07-24  
5. CONDICIONES AMBIENTALES.

EL LABORATORIO METROLÓGICO EVALÚA PERÚ S.A.C. no se responsabiliza del uso inadecuado del presente documento.

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA ( $^{\circ}$ C)	23.5	23.2
HUMEDAD RELATIVA	67%	67%



6. MÉTODO.

La calibración se realizó por comparación directa usando un patrón de temperatura calibrado.

7. PATRÓN DE MEDICIÓN.

Se utilizó patrones trazables a las unidades de temperatura y humedad del Sistema Internacional de Unidades calibrados por el Instituto Nacional de Calidad - INACAL-DM.

Instrumento patrón	Div. de escala / Resolución	Clase de exactitud	N° de Certificado y/o Informe
Termometro Digital	0,01 $^{\circ}$ C	$\pm 0.05\%$ rdg $\pm 0,1$ $^{\circ}$ C	LT-155-2023 INACAL-DM
Termohigrómetro Digital	0,1 $^{\circ}$ C / 0,1 %	$\pm 2.0\%$ / $\pm 0.3$ $^{\circ}$ C	LH-016-2022 INACAL-DM

Mauricio Saldaña Acaro  
Gerente Técnico

Oficina principal y laboratorio: Av. Argentina 523 CC. Acoprom Stand M-04  
Teléfono y WhatsApp: (+51) 903 405 126 / (+51) 955 177 872  
E-mail: informes@evaluaperu.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO EVALÚA PERÚ S.A.C.

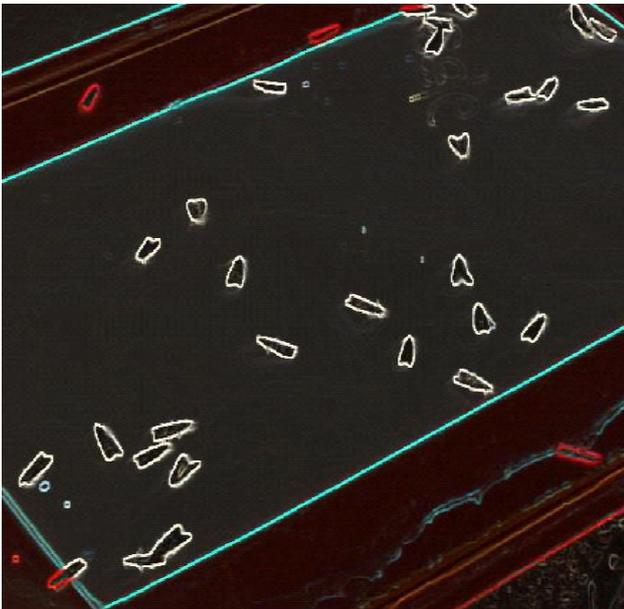
**Anexo 7: Fotografías del procedimiento de la investigación.**



Elaboración del recipiente con medidas de 60 cm de largo y 40 cm de ancho y 17 cm de altura con cuatro divisiones para la muestra base y 3 repeticiones.



Instalación del termostato y focos para mantener las temperaturas de 20°C, 25°C y 30°C.



32 polillas de plodia interpunctella.



Proceso de incubación de larvas de plodia interpunctella.



Cosecha de los huevos de la plodia interpunctella (12800 unidades aproximadamente).



Conteo de los huevos de plodia interpunctella (100 unidades para cada espacio).



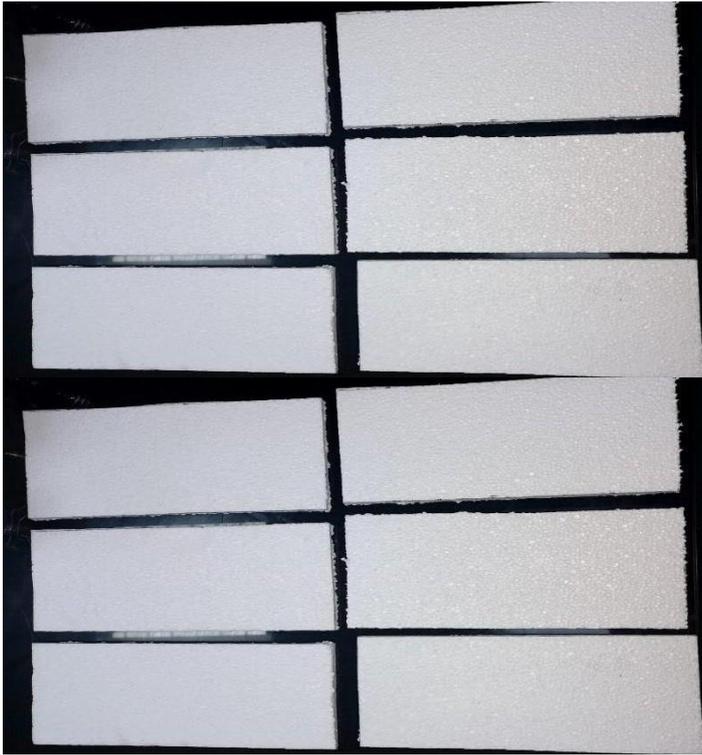
Larvas de plodia interpunctella (a 2 días de la eclosión).



Larvas en segunda fase.



Larvas en cuarta fase.



Corte del poliestireno expandido de baja densidad y sin harina (20 cm de largo y 10 cm de ancho), 12 unidades.



Corte del poliestireno expandido de baja densidad y con harina de trigo (20 cm de largo y 10 cm de ancho), 12 unidades.



Peso del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo.



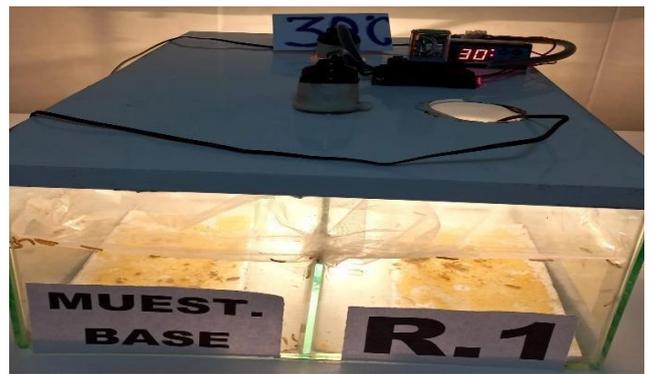
Peso del poliestireno expandido de baja densidad con el complemento de harina de trigo



Preparación de los 3 recipientes con poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo con sus respectivas larvas de *Plodia interpunctella* de 100 unidades en cada espacio a diferentes temperaturas cada una de (20°C, 25°C y 30°C), muestra base y tres repeticiones.



Preparación de los 3 recipientes con poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo con sus respectivas larvas de *Plodia interpunctella* de 100 unidades en cada espacio a diferentes temperaturas de (20°C, 25°C y 30°C), muestra base y tres repeticiones.



Recipientes con sus respectivas temperaturas (20°C, 25°C y 30°C) con poliestireno expandido de baja densidad sin complemento y 100 larvas de *Plodia interpunctella*.

Recipientes con sus respectivas temperaturas (20°C, 25°C y 30°C) con poliestireno expandido de baja densidad con complemento y 100 larvas de *Plodia interpunctella*.

Pérdida del poliestireno expandido de baja densidad después de una semana  
(7 días)



Peso del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo (01/09/2023)



Peso del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo (01/09/2023)



Presencia de agujeros producidos por las larvas de *Plodia interpunctella*, en el poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo.



Presencia de agujeros producidos por las larvas de *Plodia interpunctella*, en el poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo.

Pérdida del poliestireno expandido de baja densidad después de dos semanas  
(14 días)

	
Consumo del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo (08/09/2023)	Consumo del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo (08/09/2023)

Pérdida del poliestireno expandido de baja densidad después de tres semanas  
(21 días)

	
Consumo del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo (15/09/2023)	Consumo del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo (15/09/2023)

Peso del poliestireno expandido de baja densidad después de un mes  
(30 días)



Consumo del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo (24/09/2023)

Consumo del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina de trigo (24/09/2023)

Larvas muertas



Larvas en la fase pupa



Capullos después de la metamorfosis de las larvas



Humedad relativa de las tres temperaturas

Humedad relativa de la temperatura 20°C



Humedad relativa de la temperatura 25°C

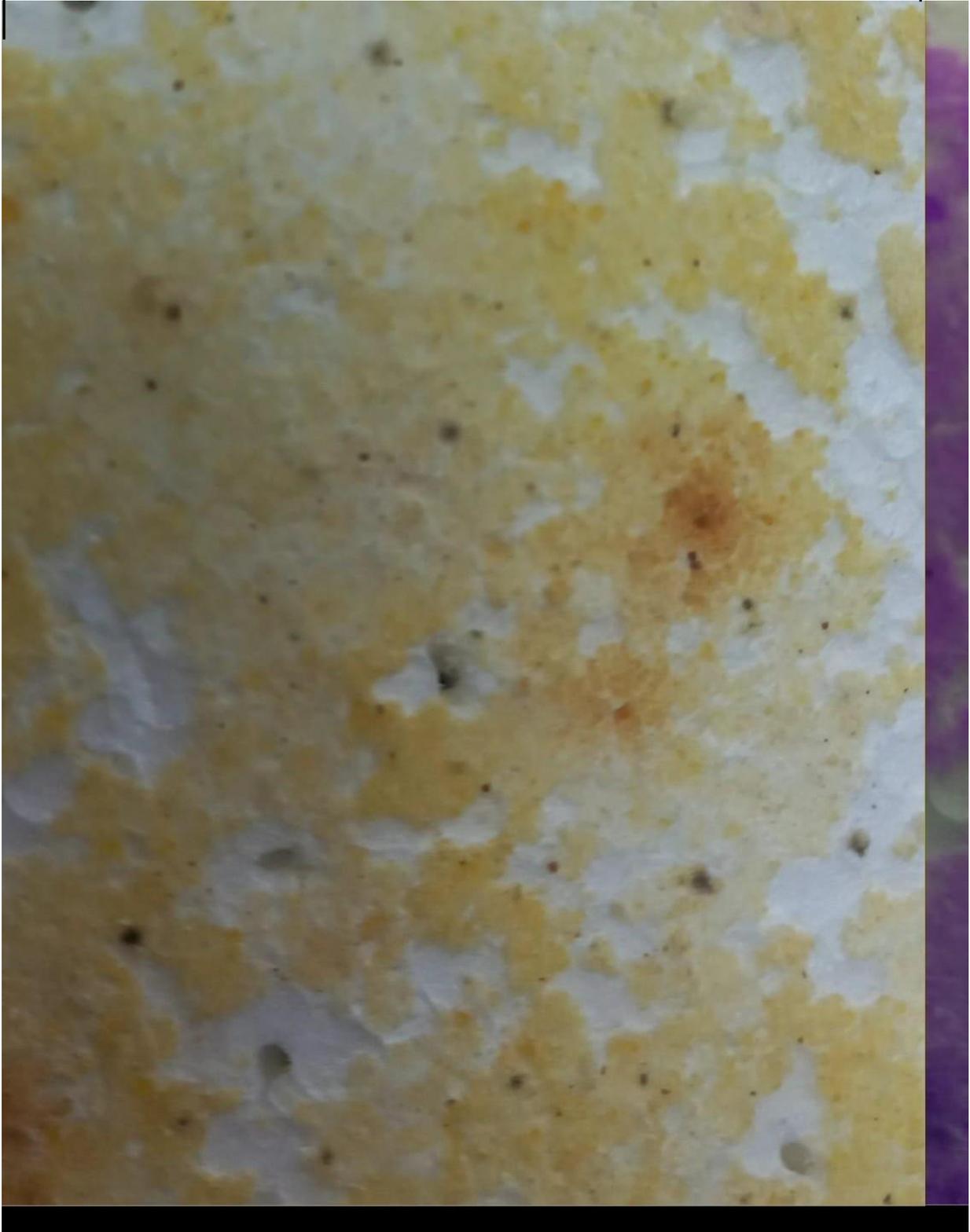


Humedad relativa de la temperatura 30°C



Imagen a mayor escala de los orificios ocasionados (consumo) por las larvas de *plodia interpunctella*







Toma fotográfica de larva de *Plodia interpunctella* perforando el poliestireno expandido de baja densidad.

**Anexo 8:** Fichas de recolección de datos

<b>Control de la pérdida de masa del poliestireno expandido de baja densidad según temperatura, sin complemento de la harina de trigo</b>					
Día de control	Temperatura del tratamiento	Repeticiones	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	Diferencia de masa (g)
Día 7	T1-20 C°	1	2.73	2.73	0
		2	2.6	2.59	0.01
		3	2.62	2.62	0
		4	2.68	2.67	0.01
	T2-25 C°	1	2.64	2.63	0.01
		2	2.7	2.68	0.02
		3	2.63	2.61	0.02
		4	2.72	2.7	0.02
	T3-30 C°	1	2.65	2.63	0.02
		2	2.74	2.73	0.01
		3	2.69	2.67	0.02
		4	2.66	2.63	0.03
Día 14	T1-20 C°	1	2.7	2.7	0
		2	2.59	2.58	0.01
		3	2.62	2.6	0.02
		4	2.67	2.65	0.02
	T2-25 C°	1	2.63	2.61	0.02
		2	2.68	2.66	0.02
		3	2.61	2.61	0
		4	2.7	2.68	0.02
	T3-30 C°	1	2.63	2.61	0.02
		2	2.73	2.7	0.03
		3	2.67	2.65	0.02
		4	2.63	2.59	0.04
Día 21	T1-20 C°	1	2.7	2.61	0.09
		2	2.58	2.53	0.05
		3	2.6	2.51	0.09
		4	2.65	2.58	0.07
	T2-25 C°	1	2.61	2.56	0.05
		2	2.69	2.63	0.06
		3	2.61	2.52	0.09
		4	2.68	2.54	0.14
	T3-30 C°	1	2.63	2.55	0.08
		2	2.73	2.64	0.09
		3	2.67	2.57	0.1
		4	2.63	2.51	0.12
Día 30	T1-20 C°	1	2.61	2.5	0.11
		2	2.53	2.43	0.1
		3	2.51	2.44	0.07
		4	2.58	2.48	0.1
	T2-25 C°	1	2.56	2.43	0.13
		2	2.63	2.52	0.11
		3	2.52	2.4	0.12
		4	2.54	2.42	0.12
	T3-30 C°	1	2.55	2.41	0.14
		2	2.64	2.53	0.11
		3	2.57	2.48	0.09
		4	2.51	2.39	0.12

**Control de la pérdida de masa del poliestireno expandido de baja densidad según temperatura, con complemento de la harina de trigo**

Día de control	Temperatura del tratamiento	Repeticiones	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	Diferencia de masa (g)
Día 7	T1-20 C°	1	5.88	5.87	0.01
		2	6.75	6.73	0.02
		3	4.36	4.34	0.02
		4	5.12	5.11	0.01
	T2-25 C°	1	5.23	5.2	0.03
		2	5.77	5.75	0.02
		3	5.22	5.21	0.01
		4	5.19	5.17	0.02
	T3-30 C°	1	4.83	4.8	0.03
		2	5.62	5.6	0.02
		3	6	5.97	0.03
		4	4.97	4.94	0.03
Día 14	T1-20 C°	1	5.87	4.75	1.12
		2	6.73	5.66	1.07
		3	4.34	3.25	1.09
		4	5.11	4.48	0.63
	T2-25 C°	1	5.2	4.03	1.17
		2	5.75	4.51	1.24
		3	5.21	4.1	1.11
		4	5.17	4.16	1.01
	T3-30 C°	1	4.8	3.68	1.12
		2	5.6	4.55	1.05
		3	5.97	4.39	1.58
		4	4.94	3.85	1.09
Día 21	T1-20 C°	1	4.75	3.89	0.86
		2	5.66	4.52	1.14
		3	3.25	3	0.25
		4	4.48	3.67	0.81
	T2-25 C°	1	4.03	3.15	0.88
		2	4.51	3.36	1.15
		3	4.1	3.08	1.02
		4	4.16	3.71	0.45
	T3-30 C°	1	3.68	2.33	1.35
		2	4.55	3.27	1.28
		3	4.39	3.18	1.21
		4	3.85	2.12	1.73
Día 30	T1-20 C°	1	3.89	3.1	0.79
		2	4.52	4.01	0.51
		3	3	2.75	0.25
		4	3.67	3.19	0.48
	T2-25 C°	1	3.15	2.58	0.57
		2	3.36	2.97	0.39
		3	3.08	2.89	0.19
		4	3.71	2.99	0.72
	T3-30 C°	1	2.33	1.95	0.38
		2	3.27	2.83	0.44
		3	3.18	2.78	0.4
		4	2.12	1.88	0.24

**Tasa de supervivencia de larvas Plodia interpunctella, poliestireno expandido sin harina de trigo a temperatura 20°C**

FECHA	TIEMPO (EN DÍAS)	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	OBSERVACIONES
25/08/2023	0	100	0	Primer día
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
1/09/2023	7	89	11	M1: 3/ R1:2/ R2:2/ R3:4
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
8/09/2023	14	76	13	M1: 4/ R1:3/ R2:3/ R3:3
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
15/09/2023	21	59	17	M1: 5/ R1:4/ R2:3/ R3:5
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
24/09/2023	30	36	23	M1: 3, 2 pupas / R1: 4, 5 pupas/ R2: 3, 2 pupas/ R3:1, 3 pupas

**Tasa de supervivencia de larvas Plodia Interpunctella, poliestireno expandido sin harina de trigo a temperatura 25°C**

FECHA	TIEMPO (EN DÍAS)	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	OBSERVACIONES
25/08/2023	0	100	0	Primer día
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
1/09/2023	7	93	7	M1: 3/ R1:2/ R2:1/ R3:1
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
8/09/2023	14	88	5	M1: 1/ R1:1/ R2:2/ R3:1
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
15/09/2023	21	80	8	M1: 2/ R1:3/ R2:1/ R3:2
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
24/09/2023	30	58	22	M1: 2, 5 pupas / R1:1, 3 pupas/ R2:2, 3 pupas/ R3:1, 5 pupas

**Tasa de supervivencia de larvas *Plodia interpunctella*, poliestireno expandido sin harina de trigo a temperatura 30°C**

FECHA	TIEMPO (EN DÍAS)	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	OBSERVACIONES
25/08/2023	0	100	0	Primer día
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
1/09/2023	7	95	5	M1: 1/ R1:1/ R2:2/ R3:1
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
8/09/2023	14	86	9	M1: 3/ R1:3/ R2:2/ R3:1
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
15/09/2023	21	75	11	M1: 3/ R1:4/ R2:3/ R3:1
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
24/09/2023	30	48	27	M1: 1, 5 pupas / R1:2, 7 pupas/ R2:1, 3 pupas/ R3:2, 6 pupas

**Tasa de +A1:E26 supervivencia de larvas Plodia interpunctella, poliestireno expandido con harina de trigo a temperatura de 20°C**

FECHA	TIEMPO (EN DÍAS)	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	OBSERVACIONES
25/08/2023	0	100	0	Primer día
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
1/09/2023	7	91	9	M1: 3/ R1:1/ R2:1/ R3:4
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
8/09/2023	14	80	11	M1: 1/ R1:3/ R2:2/ R3:5
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
15/09/2023	21	67	13	M1: 2/ R1:5/ R2:3/ R3:3
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
24/09/2023	30	48	19	M1: 2, 5 pupas / R1:1, 3 pupas/ R2:1, 2 pupas/ R3:1, 4 pupas

**Tasa de +A1:E26 supervivencia de larvas Plodia interpunctella, poliestireno expandido con harina de trigo a temperatura de 20°C**

FECHA	TIEMPO (EN DÍAS)	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	OBSERVACIONES
25/08/2023	0	100	0	Primer día
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
1/09/2023	7	95	5	M1: 2/ R1:1/ R2:1/ R3:1
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
8/09/2023	14	87	8	M1: 1/ R1:3/ R2:2/ R3:2
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
15/09/2023	21	75	12	M1: 4/ R1:2/ R2:3/ R3:3
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
24/09/2023	30	50	25	M1: 3, 4 pupas / R1:2, 4 pupas/ R2:2, 3 pupas/ R3:2, 5 pupas

**Tasa de supervivencia de larvas Plodia interpunctella, poliestireno expandido con harina de trigo a temperatura de 20°C**

FECHA	TIEMPO (EN DÍAS)	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	OBSERVACIONES
25/08/2023	0	100	0	Primer día
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
1/09/2023	7	93	7	M1: 2/ R1:1/ R2:2/ R3:2
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
8/09/2023	14	87	6	M1: 1/ R1:2/ R2:2/ R3:1
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
15/09/2023	21	78	9	M1: 4/ R1:2/ R2:1/ R3:2
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
24/09/2023	30	47	31	M1: 2, 6 pupas / R1:2, 3 pupas/ R2:1, 2 pupas/ R3:1, 4 pupas/ 10 polillas

**Anexo 9:** Tablas del procesamiento de resultados

<b>SISTEMATIZACIÓN DE EFICIENCIA DE LA BIODEGRACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO SIN HARINA</b>				
<b>Temperatura 20°C</b>				
<b>Compartimiento de vidrio</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Peso inicial EPS (g)</b>	<b>Peso final EPS (g)</b>	<b>Cálculo de Eficiencia %</b>
A	1	10.74	10.54	1.86
B	2	10.3	10.13	1.65
C	3	10.35	10.17	1.74
D	4	10.58	10.38	1.89

<b>SISTEMATIZACIÓN DE EFICIENCIA DE LA BIODEGRACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO SIN HARINA</b>				
<b>Temperatura 25°C</b>				
<b>Compartimiento de vidrio</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Peso inicial EPS (g)</b>	<b>Peso final EPS (g)</b>	<b>Cálculo de Eficiencia %</b>
A	1	10.44	10.23	2.01
B	2	10.7	10.49	1.96
C	3	10.37	10.14	2.22
D	4	10.64	10.34	2.82

<b>SISTEMATIZACIÓN DE EFICIENCIA DE LA BIODEGRACIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO SIN HARINA</b>				
<b>Temperatura 30°C</b>				
<b>Compartimiento de vidrio</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Peso inicial EPS (g)</b>	<b>Peso final EPS (g)</b>	<b>Cálculo de Eficiencia %</b>
A	1	10.46	10.2	2.49
B	2	10.84	10.6	2.21
C	3	10.6	10.37	2.17
D	4	10.43	10.12	2.97

**SISTEMATIZACIÓN DE EFICIENCIA DE LA BIODEGRACIÓN DEL POLIESTIRENO  
EXPANDIDO SIN HARINA**

**Temperatura 20°C**

Compartimiento de vidrio	Repeticiones	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	Cálculo de Eficiencia %
A	1	10.74	10.54	1.86
B	2	10.3	10.13	1.65
C	3	10.35	10.17	1.74
D	4	10.58	10.38	1.89

**SISTEMATIZACIÓN DE EFICIENCIA DE LA BIODEGRACIÓN DEL POLIESTIRENO  
EXPANDIDO SIN HARINA**

**Temperatura 25°C**

Compartimiento de vidrio	Repeticiones	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	Cálculo de Eficiencia %
A	1	10.44	10.23	2.01
B	2	10.7	10.49	1.96
C	3	10.37	10.14	2.22
D	4	10.64	10.34	2.82

**SISTEMATIZACIÓN DE EFICIENCIA DE LA BIODEGRACIÓN DEL POLIESTIRENO  
EXPANDIDO SIN HARINA**

**Temperatura 30°C**

Compartimiento de vidrio	Repeticiones	Peso inicial EPS (g)	Peso final EPS (g)	Cálculo de Eficiencia %
A	1	10.46	10.2	2.49
B	2	10.84	10.6	2.21
C	3	10.6	10.37	2.17
D	4	10.43	10.12	2.97

La mortalidad de larvas *plodia interpunctella* expuestas a diversas temperaturas permitieron la determinación de la eficiencia de biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad

Tabla 15. *Tasa de supervivencia de las larvas de Plodia interpunctella en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad sin complemento de harina de trigo durante los 30 días de tratamiento.*

DÍAS DE TRATAMIENTO	20°C		25°C		30°C	
	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS
7 días	89	11	93	7	95	5
14 días	76	13	88	5	86	9
21 días	59	17	80	8	75	11
30 días	36	23	58	22	48	27
Total		<b>64</b>		<b>42</b>		<b>52</b>

Fuente: elaboración propia

En la tabla 15, se observa la tasa de mortalidad de las larvas en la biodegradación del poliestireno expandido sin harina, se inició con 100 larvas en la temperatura 20°C y un total de 64 murieron, de 100 larvas murieron 42 en la temperatura 25°C y finalmente de 100 larvas de un total de 52 larvas murieron (entre ellos algunos estaban en fase pupa, muertos y otros realizaron la metamorfosis).

Tabla 16. *Tasa de supervivencia de las larvas de Plodia interpunctella en la biodegradación del poliestireno expandido de baja densidad con complemento de harina durante los 30 días de tratamiento*

DÍAS DE TRATAMIENTO	20°C		25°C		30°C	
	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS	CANTIDAD DE LARVAS VIVAS	CANTIDAD DE LARVAS MUERTAS
7 días	91	9	95	5	93	7
14 días	80	11	87	8	87	6
21 días	67	13	75	12	78	9
30 días	48	19	50	25	47	31
Total		<b>52</b>		<b>50</b>		<b>53</b>

Fuente: elaboración propia

En la tabla 16, se observa la tasa de mortalidad de las larvas en la biodegradación del poliestireno expandido sin harina, se inició con 100 larvas en la temperatura

20°C y un total de 52 murieron, de 100 larvas murieron 50 en la temperatura 25°C y finalmente de 100 larvas de un total de 53 larvas murieron (entre ellos algunos estaban en fase pupa, muertos y otros realizaron la metamorfosis).