

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Aprovechamiento de las condiciones alimentarias del Gorgojo negro común (Tenebrio Molitor) para la biodegradación del poliestireno en los Residuos Sólidos domiciliarios de la Planicie, 2019

Por:

Marjorie Fiorella Chavesta Saavedra

Ariana Raquel Guerra Pérez

Asesor:

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Tarapoto, diciembre de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Aprovechamiento de las condiciones alimentarias del Gorgojo negro común (*Tenebrio molitor*) para la biodegradación de poliestireno en los residuos sólidos domiciliarios en la Planicie, 2019”*** constituye la memoria que presenta los (las) estudiantes Marjorie Fiorella Chavesta Saavedra y Ariana Raquel Guerra Pérez; para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión, bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 02 días del mes de diciembre del año 2019.



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

"Aprovechamiento de las condiciones alimentarias del Gorgojo negro común (*Tenebrio molitor*) para la biodegradación de poliestireno en los residuos sólidos domiciliarios en la Planicie, 2019"

TRABAJO DE INVESTIGACION

Presentada para optar el grado de bachiller de Ingenieria Ambiental


JURADO CALIFICADOR




Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno
Presidente



Mtra. Dayani Shirley Romero Vela
Secretario



Mg. Andres Erick Gonzales López
Vocal



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo
asesor

Morales, 02 de Diciembre del 2019

Resumen

La contaminación por presencia de plásticos tanto en el suelo, y agua está generando efectos desfavorables sobre la vida animal terrestre y acuática., el gorgojo negro *Tenebrio molitor* tiene la capacidad de poder degradar el poliestireno por lo que posee en su tracto digestivo la bacteria *Exiguobacterim* sp. Convirtiendo el Poliestireno en 50% de CO₂ y el resto como residuo orgánico. El objetivo de esta investigación fue evaluar el aprovechamiento de las condiciones alimentarias del gorgojo negro común (*Tenebrio molitor*) para la biodegradación del poliestireno en los residuos sólidos domiciliarios de la Planicie, 2019. Se obtuvo una población total de 180 larvas, las cuales procedimos a dividir las en dos grupos A y B, posteriormente a subdividir las en 3 partes iguales de acuerdo a los estadios larvales establecidos por cada grupo, seguidamente se procedió a pesar los dos tipos de alimentos, Salvado de trigo y Poliestireno (5g). Después se procedió a realizar las evaluaciones por cinco (5) semanas consecutivas en laboratorio para la obtención de datos. Los resultados obtenidos de acuerdo a nuestras evaluaciones que se realizó semanalmente fueron favorables ya que se pudo notar que en los estadios larvales pequeños y medianos se ha consumido en mayor cantidad el poliestireno, degradando en un 80 y 86% en un periodo de 28 días. Concluyendo así, que el *Tenebrio molitor* tiene la capacidad de poder degradar poliestireno gracias a la microbiota que presenta la Larva, siendo capaz de poder metabolizar este producto sintético.

Palabras claves: Larvas, *Tenebrio molitor*, Estadios larvales, Poliestireno, Degradación.

Abstract

Pollution due to the presence of plastics in soil and water is generating unfavorable effects on terrestrial and aquatic animal life. The larva of the black weevil (*Tenebrio molitor*)

can degrade polystyrene thanks to populations of *Exiguobacterim* sp. in its digestive tract that convert polystyrene into 50% CO₂ and the rest as organic waste. The objective of this research was to evaluate the use of food conditions for the larva of the common black weevil (*Tenebrio molitor*) for the biodegradation of polystyrene in the domiciliary solid residues from the urbanization Planicie in 2019. A population of 180 larvae was obtained and divided into two groups, A and B. These were then subdivided into 3 equal parts according to the larval stages established by each group. We then proceeded to weigh the two types of food, wheat bran and polystyrene (5g). Evaluations were carried out for five (5) consecutive weeks in the laboratory to obtain data. The results obtained according to our weekly evaluations were favorable since it was noted that in the small and medium larval stages it was possible to consume a greater quantity of polystyrene, degrading it by 80 and 86% in a period of 28 days. Our findings demonstrate that *Tenebrio molitor* larvae have the ability to degrade polystyrene due to the microbiota present in their digestive system that allows the metabolization of this synthetic product.

Keywords: Larvae, *Tenebrio molitor*, Larval stages, Polystyrene, Degradation.

1. Introducción

La contaminación por presencia de plásticos tanto en el suelo, y agua está generando efectos desfavorables sobre la vida animal terrestre y acuática e incluso los humanos por la acumulación de micro plásticos que se ha venido dando desde años atrás. A nivel mundial China es el principal País productor de plásticos seguido de Europa, Norte América y Asia (Greenpeace, 2016) . El gorgojo negro *Tenebrio molitor* tiene la capacidad de poder degradar

el poliestireno por lo que posee en su tracto digestivo la bacteria *Exiguobacterim* sp., convirtiendo el Poliestireno en 50% en CO₂ y el resto en excretas como residuo orgánico (Galán, David A., Balcázar, & Maya, 2018). El Tenebrio molitor presenta la siguiente descripción taxonómica y ciclo de vida:

Orden : Coleóptera
Sub orden : Polyphaga
Super familia : Tene – brionidae
Familia : Tenebrionidae
Género : Tenebrio
Especie : Molitor
Nombre Científico : *Tenebrio molitor*

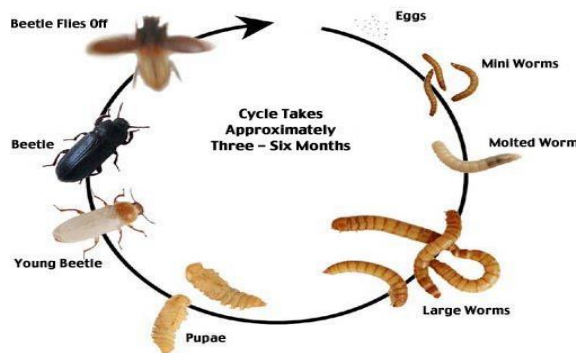


Figura 1. Ciclo de vida del *Tenebrio molitor*.

El tema de degradación de poliestireno por estas larvas es muy poco investigado ya que es un tema nuevo, pero que si se utiliza las larvas de Tenebrio Molitor para otros estudios. El Tenebrio Molitor es un insecto que se utiliza como alimentación de animales ornato y zoológicos, ya que contiene un gran valor nutritivo que sirve como alimentación (Ramos Elorduy & Pino, 2001), así mismo se puede aprovechar y obtener aceites de estas larvas como materia prima y realizar subproductos a partir de ello. Es por eso que el objetivo de esta investigación fue evaluar el aprovechamiento de las condiciones alimentarias del

gorgojo negro común (*Tenebrio molitor*) para la biodegradación del poliestireno de los residuos sólidos domiciliarios de la Planicie, 2019.

En la actualidad se han producido una serie de productos plásticos no biodegradables que pretenden facilitar la vivencia de la población, [...] siendo el tiempo de degradación del Poliestireno muy alto, aproximadamente 1000 años, contaminando así el suelo y agua (ONU Medio Ambiente, 2018).

(Molina, Flores, & Hermosillo, 2016) mencionan en su artículo de investigación “Degradación de Polímeros con *Tenebrio molitor*”, como uno de sus objetivos determinaron el porcentaje de degradación de diferentes polímeros usando larvas de *Tenebrio* para reducir los contaminantes; obteniendo resultados favorables de degradación de polímeros sintéticos, generando excretas como fertilizantes para planta de frijol.

Por este motivo se pretende realizar una alternativa para biodegradar el poliestireno mediante el uso de la larva (*Tenebrio molitor*) para reducir los residuos sólidos generados en nuestra zona.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

Tabla 1. Materiales utilizados.

MATERIALES	MARCA	DESCRIPCIÓN	CANT.
Recipiente	-	-	6
Mantas	-	-	1
Mortero	-	-	3
Reloj de Vidrio	-	-	1

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 2. Detalles de los equipos.

EQUIPOS	MARCA	DESCRIPCIÓN	CALIBRACIÓN	CANT
Balanza analítica	OHAUS	Instrumento de medición de masas (ml/g)	Si	1
Vernier	UYUSTOOLS	Instrumento de medición con calibre de escala dual (mm/pulg)	Si	1

Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.2. Métodos

El presente proyecto se desarrolló en las siguientes etapas:

2.2.1. Primera etapa: Etapa de Gabinete inicial

Recopilación de información e identificación del lugar

- Primero se realizó la Búsqueda de libros, revistas, documentos indexados y otros artículos virtuales que permitan obtener la información bibliográfica necesaria para la ejecución del presente trabajo.
- Se identificó la vivienda ubicada en La Planicie en donde se obtendrá la muestra de Poliestireno.
- Elaboración de nuestro instrumento de recolección de datos; que cuenta con seis puntos importantes para poder desarrollar este estudio de caso (Cantidad

de Tenebrios, Masa de Tenebrios, Cantidad de alimento, Temperatura promedio, Porcentaje de degradación, masa de materia fecal obtenida)

Obtención de material

- Compra del Tenebrio Molitor (190 Larvas, 5 pupas y 5 gorgojos).
- Luego se realizó la compra de recipiente y salvado de trigo.
- Determinación de la concentración y recolección de poliestireno de la vivienda.
- Se realizó la verificación de los instrumentos de laboratorio (vernier, pilón, vidrio de reloj)

Distribución de las larvas de acuerdo a los estadios

- De acuerdo a nuestros estadios larvales, obtuvimos una población total de 180 larvas.
- Una vez obtenida nuestra población se procedió a subdividirlas en 2 grupos (A y B), el grupo “A” representa la alimentación con Salvado de trigo y “B” con Poliestireno.
- Después de haber conformado nuestros 2 grupos, se procedió a subdividirlas en 3 partes iguales por cada grupo, teniendo así, 30 Larvas pequeñas, medianas y grandes por grupos (A y B).
- Previo a ello, se pesó el alimento de los Tenebrios, lo cual fue 5 g de Salvado de Trigo y 5g de Poliestireno para los 3 estadios seleccionados (pequeño, mediano, grande).

Revisión, Validación del instrumento de recolección de datos.

- Revisión y validación de nuestro instrumento de recolección de datos por un especialista (Ing. Ambiental) en este caso contamos con el apoyo de la Mstra. Ing. Betsabeth Padilla, M. Ing. Dayani Romero y el Ing. Henry Carbajal.

- Se preparó el instrumento de recolección de datos validado por los profesionales ya mencionados, para la posterior recopilación semanal, según lo establecido en el instrumento.

2.2.2. Segunda etapa: Etapa de Laboratorio

Medidas de bioseguridad

- En las evaluaciones semanales de las larvas se hizo uso de guantes.
- También se utilizó mascarilla al momento de separar las excretas del alimento, para impedir que estas sean inhaladas y evitar producir un tipo de alergias.
- Se hizo uso de los gorros desechables para evitar algún tipo de alteración, cuando nuestro cabello pueda caerse y sean mezcladas con nuestras muestras.

Evaluación de las muestras

- Se trasladó la muestra de Poliestireno a Laboratorio para su respectiva evaluación.
- Semanalmente se trasladó las larvas al laboratorio para su respectiva evaluación según lo previsto.
- Semanalmente junto a la evaluación de cada estadio larval también se registró los datos en el instrumento.

2.2.3. Tercera etapa: Etapa de Gabinete Final

- Se utilizó el programa Microsoft Excel para el análisis de regresión polinómica de segundo grado para obtener el tiempo de degradación total.
- Se recolectó toda la información que se obtuvo durante todo el tiempo de evaluación en el programa de Microsoft Excel de todos los estadios larvales y se procesó la información de manera detallada y ordenada.
- Evaluación del porcentaje de biodegradación del Poliestireno usando el programa de Microsoft Excel.

- Elaboración de gráficos de los resultados comparando los resultados de cada estadio larval y tipo de alimento.
- Interpretación de los resultados con su respectiva descripción detallada y entendible.
- Elaboración del artículo final.

2.3. Participantes

Dentro de esta área se considera la participación especialmente de los alumnos de la Carrera de ingeniería ambiental. De la Universidad Peruana Unión donde somos 2 investigadores que hemos desarrollando este proyecto.

2.4. Instrumentos

- ✓ Ficha de recolección de datos
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Calibrador (Pierre Vernier)

2.5. Análisis de datos

La información recopilada de nuestro instrumento se procesó en el programa de Microsoft Excel, para la obtención exacta del grado de degradación y excreta en masa según lo establecido en la ficha de recolección de datos para la debida comparación que se presentarán en gráficos. Se utilizó el mismo programa para el análisis de regresión polinómica de segundo grado para obtener el tiempo de degradación total y fue ordenada según su importancia en el desarrollo del presente proyecto, por lo que a partir de ella se presentará y se determinará los resultados, discusiones y conclusiones.

3. Resultados y Discusión

En los resultados se resume los datos compilados y el análisis de los datos que sean relevantes el discurso, presente con detalle los datos a fin de que pueda justificar las conclusiones.

3.1. Resultados 1: Determinación de los ejes evaluados

Tabla 3: Resultados obtenidos de las larvas pequeñas

Evaluaciones	SALVADO DE TRIGO					POLIESTIRENO				
	1 día	7 días	14 días	21 días	28 días	1 día	7 días	14 días	21 días	28 días
Cantidad de tenebrios (N°)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Masa de tenebrios (gr)	0.754	1.031	1.370	1.400	1.677	0.751	0.788	0.831	0.906	1.003
Cantidad de Alimento (gr)	5.000	3.578	2.983	1.567	1.225	5.000	4.507	3.897	2.681	1.010
Temperatura Promedio °C	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
% de Degradación	-	28%	40%	69%	76%	-	10%	22%	46%	80%
Masa de materia fecal obtenida (gr)	-	0.735	1.556	2.006	2.570	-	0.163	0.324	0.509	0.806

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Resultados obtenidos de las larvas medianas.

Evaluaciones	SALVADO DE TRIGO					POLIESTIRENO				
	1 día	7 días	14 días	21 días	28 días	1 día	7 días	14 días	21 días	28 días
Cantidad de tenebrios (N°)	30	29	27	27	26	30	30	29	28	28
Masa de Tenebrios (gr)	1.197	1.145	0.999	0.999	0.864	1.114	1.024	1.089	1.010	1.007
Cantidad de alimento (gr)	5.000	3.125	2.784	1.984	0.983	5.000	4.171	3.099	1.707	0.778
Temperatura promedio °C	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
% de Degradación	-	38%	44%	60%	80%	-	17%	38%	66%	84%
Masa de materia fecal obtenida (gr)	-	1.046	1.746	2.004	2.732	-	0.206	0.365	0.757	0.979

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: Resultados obtenidos de las larvas grandes.

Evaluaciones	LARVA + SALVADO DE TRIGO					LARVA + POLIESTIRENO				
	1 día	7 días	14 días	21 días	28.días	1 día	7 días	14 días	21 días	28 días
Cantidad de tenebrios (N°)	30	25	16	10	1	30	25	17	12	2
Masa de tenebrios (gr)	2.200	1.789	0.876	0.576	0.080	2.226	1.885	0.942	0.701	0.168
Cantidad de Alimento (gr)	5.000	4.677	4.237	3.890	3.584	5.000	4.522	4.123	3.833	3.441
Temperatura Promedio °C	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
% de Degradación	-	6%	15%	22%	28%	-	10%	18%	23%	31%
Masa de materia fecal obtenida (gr)	-	0.389	0.619	0.766	0.885	-	0.065	0.145	0.264	0.350

Fuente: Elaboración propia

3.2. Resultados 2: Análisis en porcentaje de degradación del Poliestireno en los diferentes estadios.

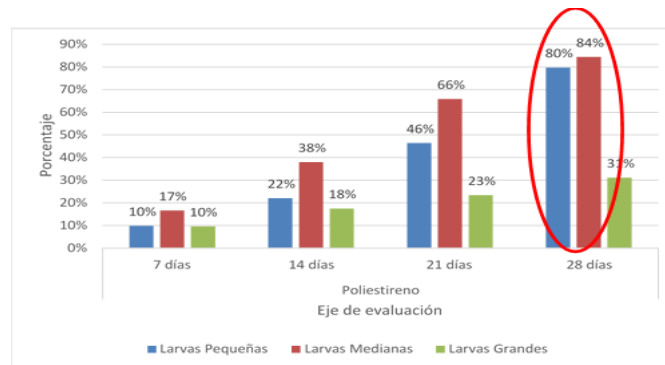


Figura 2: Porcentaje de degradación del poliestireno

- Interpretación

En la figura 2 podemos observar los resultados obtenidos en porcentaje de degradación del poliestireno, por lo que se observa que en el estadio larval mediano se ha podido degradar en mayor porcentaje, llegando a un 84% de degradación a los 28 días, lo que indica que en ese periodo larval se consume más el poliestireno por el Tenebrio, cabe mencionar que en el estadio larval pequeño también se pudo presenciar de manera significativa la degradación del poliestireno, consumiendo un 80% de poliestireno en 28 días, esto indica que ambos estadios se alimentan más para su desarrollo de la larva, por lo que en el estadio grande, solo tienden a pasarse a la siguiente etapa de su ciclo de vida (pupa). Por otro lado con los resultados obtenidos se hizo una comparación con la investigación de (Galán et al., 2018), que tuvieron resultados favorables en la degradación de Poliestireno con Tenebrio molitor, los cuales se relacionan en cuanto al porcentaje degradado de poliestireno, siendo este un indicador clave de referencia en cuanto al porcentaje de degradación en otros microorganismos, ya que en dicha investigación estas larvas son capaces de consumir entre 40 y 60% más que otras bacterias, y esto se debe a que la microbiota que presenta la larva tiene la capacidad de

degradar el poliestireno y transformarla como fragmentos de materia orgánica que pueden ser aprovechados como abono natural.

3.3. Resultado 3: análisis en porcentaje de degradación del Poliestireno en diferentes estadios.

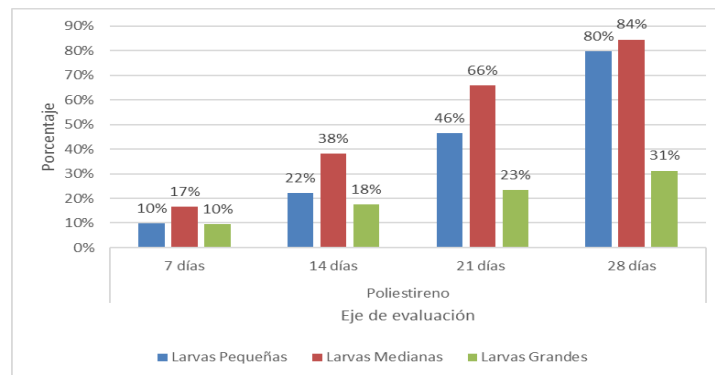


Figura 3: Porcentaje de degradación del poliestireno

- Interpretación

En la figura 2 podemos observar los resultados obtenidos en porcentaje de degradación del poliestireno, por lo que se observa que en el estadio larval mediano se ha podido degradar en mayor porcentaje, llegando a un 84% de degradación a los 28 días, lo que indica que en ese periodo larval se consume más el poliestireno por el Tenebrio, cabe mencionar que en el estadio larval pequeño también se pudo presenciar de manera significativa la degradación del poliestireno, consumiendo un 80% de poliestireno en 28 días, esto indica que ambos estadios se alimentan más para su desarrollo de la larva, por lo que en el estadio grande, solo tienden a pasarse a la siguiente etapa de su ciclo de vida (pupa). Por otro lado con los resultados obtenidos se hizo una comparación con la investigación de (Galán et al., 2018), que tuvieron resultados favorables en la degradación de Poliestireno con Tenebrio molitor, los cuales se relacionan en cuanto al porcentaje degradado de poliestireno, siendo este un indicador clave de referencia en cuanto al porcentaje de degradación en otros microorganismos, ya que en dicha investigación estas larvas son capaces de consumir entre 40 y 60% más que otras bacterias, y esto se debe a que la microbiota que presenta la larva tiene la capacidad de

degradar el poliestireno y transformarla como fragmentos de materia orgánica que pueden ser aprovechados como abono natural.

3.4. Resultado 4: Cantidad de materia fecal obtenido en los dos grupos evaluados por un periodo de 4 semanas.

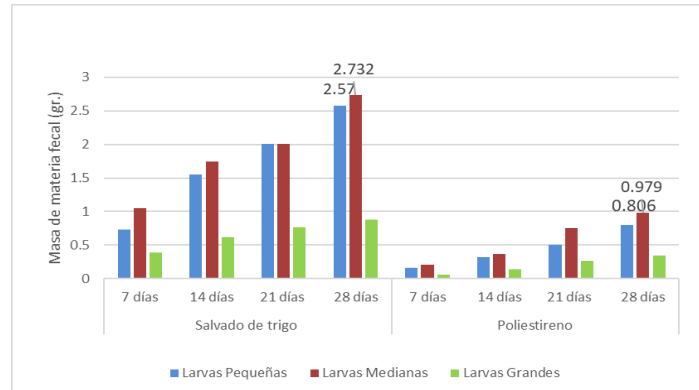


Figura 4: Cantidad de materia fecal obtenida

- Interpretación:

En la figura 3 podemos observar que en donde se ha obtenido más cantidad de materia fecal, fue en la prueba de salvado de trigo, obteniendo una masa de 2.57 y 2.73 g en un periodo de 28 días en los estadios larvales pequeños y medianos, mientras que en el segundo grupo (poliestireno) con densidad de 30 (kg/m³) se puede observar que solo llego a obtener una masa fecal de 0.086 y 0.979 g Por otro lado (Daviran, 2017) indica en sus resultados obtenidos que se ha logrado adquirir una materia fecal de 0.0307 gr en un periodo de 4 días del consumo de Poliestireno de densidad 10 (kg/m³), mientras que en el poliestireno evaluado de densidad 40 (kg/m³) se obtuvo una masa fecal de 0.1635 g en un periodo de 8 días.

3.5. Resultado 5: Mortandad de *Tenebrio molitor* a los 28 días.

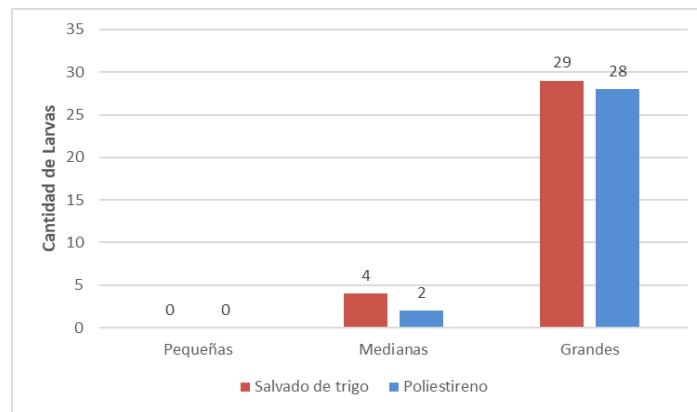


Figura 5: Mortandad de *Tenebrio molitor*

- Interpretación

De acuerdo a la figura 4 se puede observar que en donde hubo mayor prevalencia de mortandad fue en el estadio grande, ya que murieron 29 larvas en la larva de salvado y 28 en la muestra con poliestireno, esto se debe a diversos factores observados durante el periodo de investigación, el primer factor es que las larvas grandes están en su última fase larvaria por lo que pasan a fase pupa; otro factor relevante en la extinción del *Tenebrio molitor* es que existe canibalismo ya que los *Tenebrios* adultos (gorgojos) tienden a comerse entre ellos o atacar una víctima adulta por falta de proteínas o alimentación insuficiente.

3.6. Resultados 6: Análisis estadístico de las larvas

Análisis estadístico de larvas pequeñas

En la Figura 6, mostramos el análisis de regresión polinómica de segundo grado. El tratamiento que utilizó como sustrato al salvado de trigo y *Tenebrio molitor* en estado larval pequeño, se alcanzaría un porcentaje de degradación máxima de 96%, en un tiempo de 44 días.

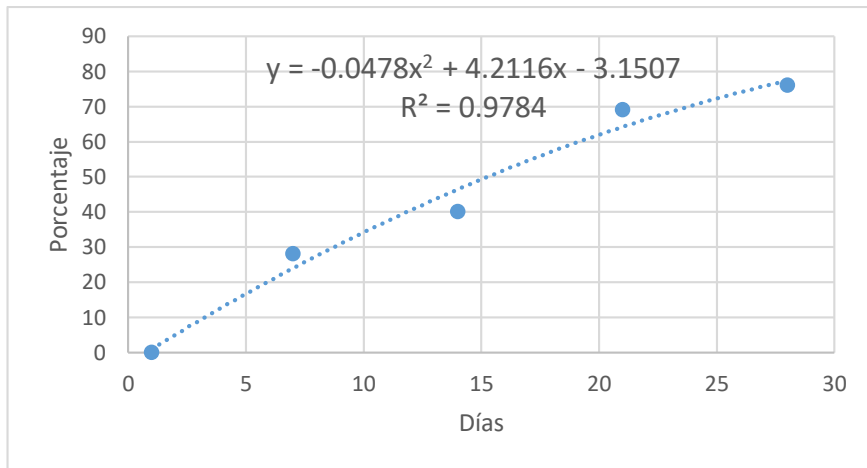


Figura 6: Degradación del salvado de trigo con *Tenebrio molitor* pequeño.

En la figura 7, mostramos el análisis de regresión polinómica de segundo grado. El tratamiento que utilizó como sustrato al poliestireno y *Tenebrio molitor* en estado larval pequeño, se alcanzaría un porcentaje de degradación de 100%, en un tiempo de 33 días.

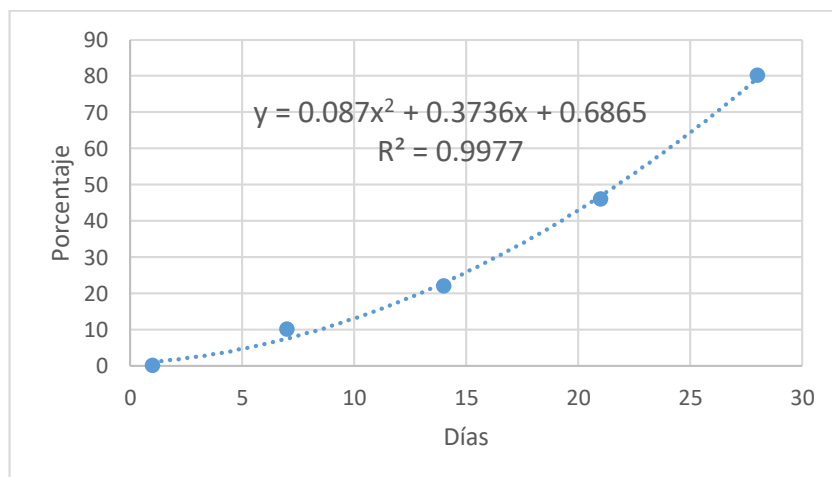
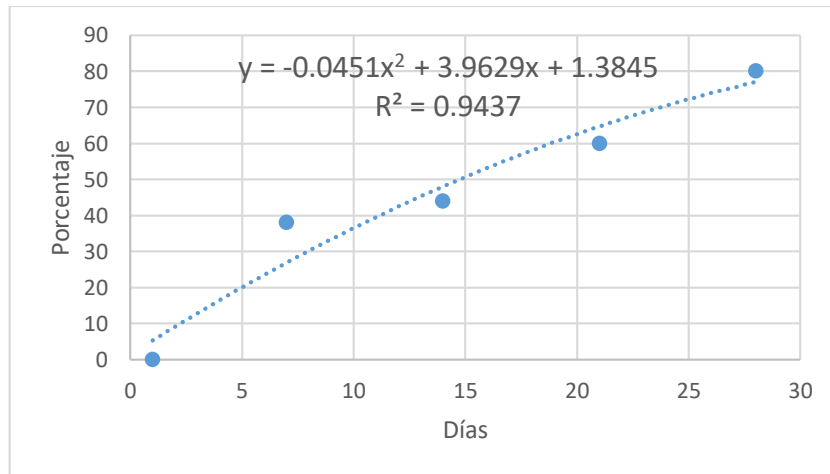


Figura 7: Degradación del poliestireno con *Tenebrio molitor* pequeño.

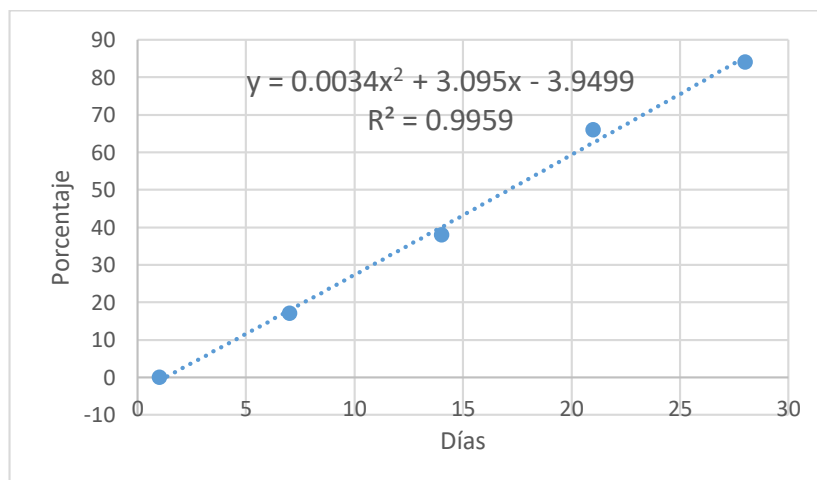
Análisis estadístico de larvas medianas.

En la figura 8, se muestra el análisis de regresión polinómica de segundo grado. El tratamiento que utilizó como sustrato al salvado de trigo y *Tenebrio molitor* en estado larval mediano, se alcanzaría un porcentaje de degradación máxima de 88%, en un tiempo de 44 días.



*Figura 8: Degradación del salvado de trigo con *Tenebrio molitor* mediano.*

En la figura 9, se muestra el análisis de regresión polinómica de segundo grado. El tratamiento que utilizó como sustrato al poliestireno y *Tenebrio molitor* en estado larval mediano, se alcanzaría un porcentaje de degradación de 100%, en un tiempo de 31 días.



*Figura 9: Degradación del poliestireno con *Tenebrio molitor* mediano.*

Análisis estadístico de larvas grandes

En la figura 10, mostramos el análisis de regresión polinómica de segundo grado. El tratamiento que utilizó como sustrato al salvado de trigo y *Tenebrio molitor* en estado larval grande, se alcanzaría un porcentaje de degradación máxima de 56%, en un tiempo de 91 días.

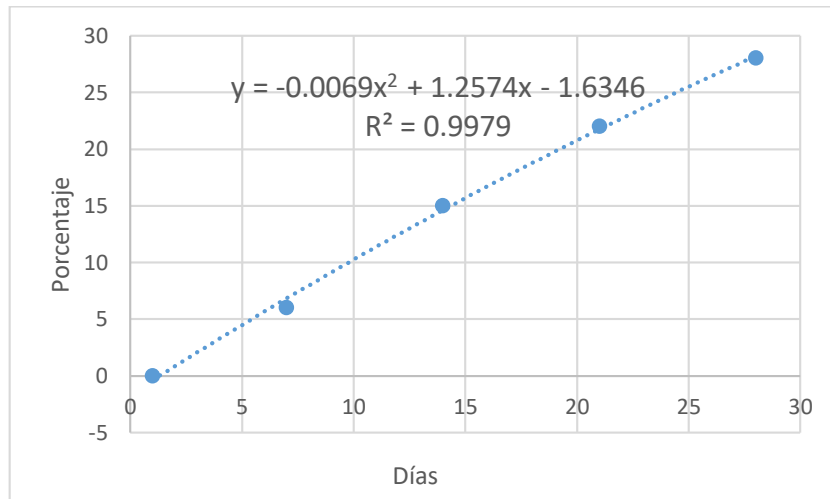


Figura 10: Degradación del salvado de trigo con *Tenebrio molitor* grande.

En la figura 11, se muestra el análisis de regresión polinómica de segundo grado. El tratamiento que utilizó como sustrato al poliestireno y *Tenebrio molitor* en estado larval grande, se alcanzaría un porcentaje de degradación de 40%, en un tiempo de 53 días.

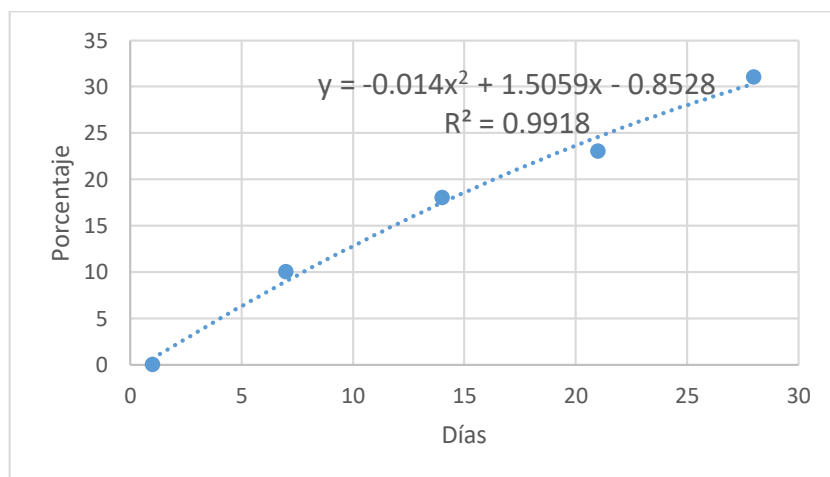


Figura 11: Degradación del poliestireno con *Tenebrio molitor* grande.

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

Se pudo comprobar que la larva de *Tenebrio molitor* tiene la capacidad de poder degradar el Poliestireno gracias a la bacteria (*exigobacterium sp.*) que presenta en su tracto digestivo, siendo de mayor prevalencia de degradación en los estadios pequeños y mediano, ya que los valores presentados son en un 80 y 86% de degradación, lo que implica que son capaces de poder metabolizar este producto sintético sin afectar su ciclo vida y aportando un bien al ecosistema, ya que gracias a su condición alimentaria se ha podido obtener grandes resultados.

También se llegó a una conclusión de que existe canibalismo en la fase adulta cuando cambian de pupa a gorgojo creemos que se debe a la falta de proteína necesaria en su alimentación del gorgojo por lo que pudimos observar la disminución de estas.

En el sustrato de salvado de trigo con larvas pequeñas y medianas se obtuvo mayor cantidad de masa fecal, y también en el poliestireno con larvas pequeñas y medianas, pero en menor cantidad, en comparación del anterior. De allí que se pueda utilizar la masa fecal para abono.

De acuerdo a la prueba estadística de regresión polinómica se pudo demostrar que en los estadios pequeños y medianos hay una mayor probabilidad de degradación de poliestireno, observando que se podría alcanzar a una eficiencia total en menor tiempo.

4.2. Recomendaciones

Promover la crianza del gorgojo negro común (*Tenebrio molitor*) ya que es una buena alternativa a nivel económico y ambiental, para la degradación del poliestireno.

Realizar monitoreos constantes a las larvas, y realizar investigaciones utilizando mayor población de larvas y en los periodos estimados en la regresión polinómica.

Se recomienda utilizar larvas jóvenes que están en los dos primeros estadios (pequeña y medianos) debido a que los resultados fueron mejores en esos estadios, ya que las larvas adultas cambiaron rápidamente a fase pupa, la cual es una etapa estacionaria que se mantienen por un periodo aproximado de 10 días, en el cual no se alimentan ni excretan.

Tener una buena vigilancia a los gorgojos ya que existe el canibalismo entre ellos y estar en lugar adecuado para la crianza, sobre todo evitar la exposición a la luz.

5. Referencias

- Daviran, P. (2017). *Facultad de ingeniería*. Universidad César Vallejo. Retrieved from http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/22578/Daviran_YP.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Galán, S., David A., Balcázar, H., & Maya, N. (2018). Degradación de Poliestireno a través de la microbiota de *Tenebrio Molitor* y *Artemia Franciscana*. Retrieved from <http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2018/331.Degradacion.de.poliestireno....pdf>
- Greenpeace. (2016). *Plásticos en los Océanos*. España. Retrieved from https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_oceanos_LR.pdf
- Molina, F., Flores, K., & Hermosillo, M. (2016). Degradación de Polímeros con *Tenebrio Molitor* para reducir los contaminantes debidos al plástico. *Instituto Mexicano Madero*.
- ONU Medio Ambiente. (2018). *Plásticos de un solo Uso*. Retrieved from https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_SP.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Ramos Elorduy, J., & Pino, J. M. (2001). Contenido Vitaminas de algunos insectos comestibles en México. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 3. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/475/47545206.pdf>
- Yang, Y., Yang, J., Wu, W.-M., Zhao, J., Song, Y., Gao, L., ... Jiang, L. (2015). Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests. *Environmental Science & Technology*,

49(20), 12080–12086. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02661>