



## EXPOCIENCIAS NACIONAL 2016 Parque Tabasco Dora María

Nombre del autor(es): Fátima Molina Cerón  
Karla Paola Flores Vásquez  
Montserrat Hermosillo Ortiz



Área: Ciencias Ambientales  
Categoría: Pandilla Científica Juvenil  
Secundaria de Instituto Mexicano Madero Unidad Zavaleta  
Entidad Federativa San Andrés Cholula, Puebla.

Nombre de la asesora: María del Rocío Aguilar Ángeles

Villahermosa, Tabasco, a 7 de diciembre de 2016.

## 2.1 DEGRADACIÓN DE POLIMEROS CON TENEBRIO MOLITOR

**2.2 Autores :** *Fátima Molina, Karla Paola Flores, Montserrat Hermosillo María del Rocío Aguilar<sup>1</sup>*

### 3.- Resumen

Este trabajo es una propuesta ante la problemática mundial referente a la generación de basura plástica, más allá de la posibilidad de reciclaje y reutilización que no ha sido suficiente, se encontró la posibilidad de degradar el plástico a través de la larva de una plaga de los molinos harineros, siendo diferentes polímeros su única fuente de alimento; se analizó la proporción de consumo de estos y se verificó si efectivamente dejaba de ser un contaminante a través de pruebas con las heces que desechaban dichas larvas, monitoreando su tamaño durante el proceso así como la posibilidad de que estos desechos

generados por las larvas se convirtieran en posible abono .

### 4.-Abstract

There is a world problem due to the accumulation of non-degradable plastic. That is how the big question arises: How to degrade plastic?

In the search on feeding exotic pets, a way to reproduce "larvae tenebrio molitor. University of Standford in California found this kind of larvae degrades plastic, then certain

Doubts arose: Which plastic could they degrade better? Could this larvae transform plastic in biodegradable material? The Purpose of this work is to determine the percent degradation of different polymers when used as food for larvae tenebrio molitor.

The methodology was done as follows: equivalent samples of larvae were prepared and fed with different plastics,

---

<sup>1</sup> Fátima Molina, Karla Paola Flores, Montserrat Hermosillo, María del Rocío Aguilar Angeles. Tel. 2227907860 rocio.aguilar@imm.edu.mx

determining their percentage of degradation. Their feces were used as possible fertilizer, quantifying the growth of the plants. Others of their feces were tested for phytotoxicity and finally the larval width was compared to visualize their development before the consumption of polymers.

The results obtained during the process showed that the consumption of polymers did not deteriorate its development, as well as that the most consumed was the polystyrene, the growth of the plants is observed favorable against the control plant, nevertheless it is in process to be quantified and lastly the phytotoxicity test requires a few more days for its measurement so it is in the process of being quantified.

#### Conclusions

- All wastes were consumed, polystyrene in greater proportion with a degradation rate of 96%
- The consumption of polymers did not decrease its growth, being this one of a thickness greater of 0,35mm
- The toxicity of feces to be incorporated as fertilizer to

lettuce plants is in process for their quantification

- The growth of amaranth seeds was favored in the presence of feces of tenebrios fed with polymers.

#### Índice

<b>1.- Portada.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Elementos de la presentación.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Título.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Autores.....</b>	<b>2</b>
<b>3.- Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>4.- Abstract.....</b>	<b>2</b>
<b>5.-Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>5.1 Objetivo.....</b>	<b>5</b>
<b>5.2.Planteamiento del problema.....</b>	<b>5</b>
<b>5.3 Hipótesis.....</b>	<b>5</b>
<b>6.-Marco teórico.....</b>	<b>5</b>
<b>6.1 Los plásticos.....</b>	<b>5</b>
<b>6.1.1 Propiedades de los polímeros.....</b>	<b>6</b>
<b>6.2 Tenebrios molitor.....</b>	<b>8</b>
<b>6.2.1 Valor nutricional.....</b>	<b>9</b>
<b>6.2.2 Análisis bromatológico.....</b>	<b>10</b>
<b>6.2.3 Fitotoxicidad.....</b>	<b>11</b>

<b>6.3. Planta bioindicadora “Amaranto”</b> .....	<b>12</b>
<b>7. Contenido metodológico</b> .....	<b>13</b>
<b>8. Resultados</b> .....	<b>15</b>
<b>8.1 Apariencia y coloración</b> .....	<b>15</b>
<b>8.2 Porcentaje de degradación</b> .....	<b>16</b>
<b>8.3 Heces como fertilizantes</b> .....	<b>17</b>
<b>8.4 Apariencia de “Tenebrio Molitor</b> .....	<b>18</b>

<b>8.5 Propuesta ciclo sustentables</b> .....	<b>20</b>
<b>8.6 Mediciones para Fitotoxicidad</b> .....	<b>21</b>
<b>8.6 RESUMEN DE RESULTADOS</b> .....	<b>22</b>
<b>9.-Conclusiones</b> .....	<b>22</b>
<b>10.-Discusión</b> .....	<b>23</b>
<b>11.- Bibliografía</b> .....	<b>24</b>
<b>12.- Agradecimientos</b> .....	<b>26</b>

## **5.- Introducción**

Nuestra sociedad usa una variedad de polímeros cuyo impacto en el medio ambiente es sorprendente, es cierto que este tipo de productos ha venido a revolucionar de forma positiva muchos ámbitos del ser humano, sin embargo también se ha convertido en una problemática mundial en donde el cúmulo de polímeros convertidos en basura está mermando los procesos naturales. La producción de plástico inició en 1869 con la creación del celuloide y en el siglo xx inicio su expansión a nivel industrial; actualmente en México se generan nueve mil millones de residuos plásticos, de los cuales novecientos

millones al ser arrojados a los bosques y ríos atrofian los ciclos vitales, según cita la SEMARNAT (2009). Esta gran cantidad de polímeros contaminan el medio ambiente y el hombre continuo concentrándose en crear nuevos compuestos para mayor confort cotidiano mismos que se convierten en basura. La naturaleza hace su intento por degradarlos, inclusive puede llegar a tardar siglos e incluso milenios en desintegrarlos, tal es el caso del unicele que dependiendo del entorno, como el clima, la temperatura y la humedad, tarda de 100 a 1000 años en degradarse. La bolsa de basura tarda hasta 150 años; el poliestireno tarda entre 700-1000 años; los pañales 500

años aproximadamente. Esto nos lleva a pensar en la forma de contrarrestar este daño ambiental.

Analizando nuestro entorno encontramos que existen cuatro polímeros que reinciden en convertirse en basura que son el unicel usado para proteger aparatos electrónicos previos a su uso, el poliestireno inflado también usado para proteger material frágil en su transporte, los pañales y las bolsas de plástico.

Ante esta situación nos parece importante buscar alternativas a esta problemática que tengan a bien convertir lo que llamamos basura de polímeros en algo útil para algún ciclo de vida, coincidentemente buscando alimentar a nuestras mascotas exóticas a un bajo costo nos dimos a la tarea de encontrar la forma de reproducir las larvas que consumen y que compramos en las veterinarias, esto nos llevó a conocer más sobre los beneficios de las larvas "Tenebrio Molitor" que consumen nuestras mascotas, viendo que en su etapa larvaria son capaces de degradar a los polímeros.

**5.1 Objetivo:** determinar el porcentaje de degradación de diferentes polímeros al usarlo como alimento de larvas "Tenebrio Molitor".

**5.2 Planteamiento del problema:** ¿Consumirán de la misma manera los diferentes tipos de polímeros? ¿Serán posible degradar el plástico a través de estas larvas? ¿El residuo de este consumo, es decir las heces ,contaminarán igual que el plástico?

**5.3 Hipòtesis:** El poliestireno será consumido en mayor porcentaje. Las larvas degradarán el plástico más rápido que la naturaleza.

## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1 Los Plásticos**

El destino de los plásticos generalmente es el siguiente:

- El unicel al no ser biodegradable contamina, se acumula y al quemarse desprende dioxinas que son muy dañinas para la atmosfera y la salud, además contiene estireno considerada como una sustancia cancerígena.
- El poliestireno: A pesar de ser reciclable no se degrada rápidamente, está compuesto

por estireno y dioxinas, además de que daña en sistema digestivo o a largo plazo desarrollar algún tipo de cáncer. Además se consumen 288 bolsas de plástico por persona al año, y se recicla el 1%, al estar fabricado de polietileno, tarda más tiempo en degradarse. Tiene cierta cantidad de petróleo y su fabricación requiere mucha energía que aumenta los efectos del calentamiento global, además y es una de las principales causas de muerte a animales.

- En cuanto a los pañales, aunque existen pañales biodegradables, se tiran 125 millones de pañales al día, lo que provoca acumulación masiva. La cubierta está hecho de una capa de polietileno. El centro absorbente del pañal contiene pulpa de madera y polímeros súper absorbentes como el poli acrilato de sodio. Estos contienen ácido acrílico también conocido como ácido 2-propenoico  $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ . Este ácido acrílico es un ácido carboxílico, incoloro, inflamable, volátil y

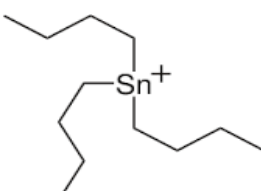
medianamente tóxico.

Finalmente, los pañales también desprenden toxinas.

- Las bolsas de plástico, en especial las de basura están hechas de un termoplástico conocido como polietileno, además de que éste tiene una substancia cuyo objetivo es darle a las bolsas un pigmento color negro, el cual está hecho a base de petróleo, lo que daña a los seres vivos y provoca que la bolsa tarde más en degradarse (150 años).

### **6.1.1 PROPIEDADES DE LOS POLIMEROS**

**Tabla 1. Propiedades de los polímeros**

Polímero	Componentes	Formula química	Uso	Impacto en el ambiente
UNICEL	El unicel es un derivado del petróleo y está compuesto por el poliestireno que tiene un agente expansor	$\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$ <p>Poliestireno</p>	Esta lo convierte en un excelente acondicionador de productos frágiles o delicados como electrodomésticos.	Flota en el agua y causa la muerte a animales, desprende dioxinas al calentarse estas son nocivas para la salud y medio ambiente, contiene estireno una sustancia cancerígena.
PAÑALES	Adhesivos termo fusibles, Tela No-Tejida Hidrofóbica, ácido acrílico, polímeros súper absorbentes	$\left[ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ -\text{C} - \text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{COONa} \end{array} \right]_n$ 	Usado por bebés y adultos, para contener heces.	Acumulación masiva, 125 millones de pañales se tiran a diario, no se degrada con facilidad.
BOLSA DE BASURA Y TRANSPARENTE	La mayoría de las bolsas de plástico en base de petróleo fundido y se convierten en un polímero termoplástico conocido como "polietileno". El polietileno se hace fácil a cualquier forma y se mantiene unido cuando se alarga."	<p>monómero                      polímero</p> $n \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{C} = \text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \xrightarrow[\text{catalisador}]{\text{P.T.}} \left( \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ -\text{C} - \text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right)_n$ <p>etileno                      polietileno</p>	Contener cualquier cosa principalmente desechos de materia inorgánica.	Dañan la salud de los seres vivos en el caso de ser consumidas, su producción crea exceso de energía, no se degrada rápido, causa de asfixia de animales.
POLIESTIRENO	Es una cadena larga de carbono e hidrógeno, con un grupo unido cada dos átomos de carbono. Es por una polimerización de radicales libres a partir del monómero de estireno.	$\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$	Recipiente, relleno, protección de mercancía frágil	Flota en los cuerpos de agua y causa ahogamientos de animales, desprende dioxinas al calentarse, estas son nocivas para la salud y medio ambiente, contiene estireno una sustancia cancerígena. se acumula demasiado

Fuente: Flores Vazquez Karla Paola (2016)

## 6.2 TENEBRIO MOLITOR

En cuanto a las larvas, llamadas "TENEBRIO MOLITOR", estas son un insecto hexápodo que pertenece a la orden de "Coleóptera", suborden "Polyphaga", la superfamilia "Tenebrionoidea", la familia "Tenebrionidae", el género "Tenebrio" y finalmente la

especie "Molitor. En la naturaleza es una plaga secundaria en los molinos o almacenes de harina. El tenebrio, cultivado o en su forma silvestre, es un excelente complemento para todo tipo de animales insectívoros este es usado como alimento vivo debido a su alto contenido proteico.

Figura 1 .-Ciclo de vida del Tenebrio Molitor



Fuente : Molina Ceròn Fátima (2016)

Científicos de la Universidad de Stanford en California (2014) presentaron los resultados de un estudio en donde propone una solución al problema de la contaminación de

plástico, la clave está en el gusano de la harina, que los investigadores descubrieron es capaz de alimentarse de espuma de poli estireno que es un plástico no biodegradable.



Estos estudios registran que las larvas transforman el 50% de la espuma de polímero que consumen en CO<sub>2</sub> y el otro 50% lo excretan como fragmentos. Las etapas de ese ser vivo son las siguientes:

**Larvas:** son las muestras que se van a usar para acabar con el alimento cuando ya estén listos. Tienen que acumular muchas grasas para lograr completar este proceso.

**Pupas:** los gusanos después de completar la metamorfosis se convierten en pupas para luego hacerse

biodegradados que pueden ser utilizados como abono natural.

un escarabajo. Todavía se pueden utilizar como alimento porque siguen blandas.

**Escarabajos:** son el resultado de la metamorfosis de las larvas. Sobrevivirán cuatro semanas antes de morir pero ya habrán dejado numerosos huevos de la que saldrá otro grupo de gusanos.

### **6.2.1 Valor nutricional**

Entre los valores nutricionales citados en el proyecto “Crianza del tenebrio molitor” de la UNAM<sup>2</sup> encontramos:

Este escarabajo tiene un valor nutricional muy elevado, presenta:

Proteína (N x 6.25) 20.23 %, Grasa 16.00 %, Calcio 57.37 Ppm, Fósforo 0.27 %, lo que lo hace muy recomendable para su utilización. (El análisis que al lado se representa estuvo a cargo del Centro de Control Agroindustrial S.A., en el D.F. y fue efectuado en noviembre 1999 sobre una muestra de 100 gr. de tenebrios “Premier” de la compañía Nutri-Viva.

---

<sup>2</sup> Rodríguez, Noemi Crianza de Tenebrio Molitor. México 2011

Además muestran que son pobres en vitaminas, tienen un índice Calcio/Fósforo muy desequilibrado (alrededor de 0,32) y son demasiado ricos en grasas. Todas estas

características, que les hacen inadecuados como pilar fundamental de una dieta, los hacen ideales como suplemento de la alimentación

### 6.2.2 Análisis bromatológico.

**Tabla 2. ANALISIS BROMATOLOGICO DEL TENEBRIO MOLITOR**

Análisis bromatológico	Tenebrio Molitor
Humedad %	62.89
Cenizas %	1.20
Proteína %	18.65
Grasa %	13.64
Carbohidratos %	3.62
mg/100g Calcio	3.28
mg/kg Vit. C	38.10
Fibra dietética	2.00
Calorías / Grasa	122.76

Analisis bromatologico	Tenebrio Molitor
proteina (n x 6.25)	20.23%
grasa	16%
fibra cruda	4.28%
extracto libre de nitrogeno	0.47%
cenizas	1.00 %
calcio	57.37 Ppm
fosforo	0.27%
mg/ kg vitamina c	38.10%
carbohidratos	3.62%

Fuente: Resumen de tabla sacada de la UNAM, por Hermosillo Ortiz Montserrat (2016)

**Tabla 3. COMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL TENEBRIO MOLITOR**

<b>Insecto</b>	<b>% Agua</b>	<b>% Extracto libre de Nitrógenos</b>	<b>% Fibra</b>	<b>% Grasas</b>	<b>% Cenizas</b>	<b>% Calcio</b>	<b>% Fósforo</b>	<b>% Proteínas</b>
Tenebrio	58,02	0,47	4,28	16,00	1,00	57,34	0,27	20,23

Fuente: Resumen de tabla sacada de la UNAM, por Hermosillo Ortiz Montserrat (2016)

### **6.2.3 Fitotoxicidad**

Es referente a tóxicos que afecten el crecimiento de plantas, mismo que será necesario verificar en las heces de los tenebrios los cuales pueden determinar la biodisponibilidad de un compuesto químico, y por lo tanto, la intensidad del efecto fitotóxico, tales como el contenido de materia orgánica y el pH del suelo, además del grado de solubilidad de la forma química.

2 g de muestra y se le ponen 10 ml de agua, se dejan en agitación por una hora y se separan el sobrenadante.

Se preparan en cajas Petri con papel filtro en el fondo, y se colocan 10 semillas de lechuga, humedeciendo el

Para saber si las heces de “Tenebrio Molitor “ "ya no daña la tierra", será necesario calcular el índice de germinación y tratar la muestra como se tratan las compostas es decir, se toman

papel filtro con el sobrenadante. Se prepara otra caja Petri similar pero se humedece el papel con agua destilada (control). Se incuban las cajas por 4 días a temperatura ambiente y a los 4 días miden la elongación radicular y cuentan el número de semillas germinadas en la muestra y en el control.

$$IG = (G\%) \times RRG\% \times 100$$

Fórmula 1

índice de germinación (IG)

elongación radicular total de semillas en la muestra)/(elongación total de semillas en el control = RRG

numero de semillas germinadas en la muestra)/(numero de semillas germinadas en el control= G%

Si el IG es mayor a 80% no es fitotóxico.

Zucconi, F., A. Pera, M. Forte y M. De Bertoli. 1981. *Evaluating toxicity in immature compost*. *Biocycle* (22):54-57.

### 6.3. Planta bioindicadora “Amaranto”

El amaranto es una planta que pertenece a la familia de los amarantaceae y al género *Amaranthus*. Su nombre científico es *Amaranthus* Spp. procedente de la parte central de

México, se cultiva para obtener grano y requiere suelos abundantes en nitrógeno. El amaranto es una planta C<sub>4</sub>, lo que representa una modalidad fotosintética de alta eficiencia en el aprovechamiento de la radiación solar, puede tolerar el ataque de insectos y sus semillas contienen proteínas con un alto valor nutritivo (Olufolaji *et al*, 2010; Thenmozhi y Paulraj, 2010).

El amaranto es el producto de origen vegetal más completo, es una de las fuentes más importante de proteínas, minerales y vitaminas naturales: A, B, C, B1, B2, B3; además de ácido fólico, **niacina**, calcio, hierro y fósforo. Incluso, es uno de los alimentos con altísima presencia de aminoácidos como la **lisina**. Debido a sus propiedades se eligió como planta bioindicadora para comprobar que los residuos de las heces de “*Tenebrio Molitor*” suministradas a las semillas de amaranto no inhibieron el crecimiento de la planta.

## 7.- Contenido Metodológico

1°- Se obtuvieron 100 larvas, de las cuales se seleccionaron 92, basándose en su buena apariencia.

2°- Se dividieron en 4 grupos de 23 tenebrios, pesando estos aproximadamente 26 gr.

3.- Se les asignó un polímero a cada uno como alimento (muestra 1 unicel , muestra 2 poliestireno , muestra 3 pañales , muestra 4 bolsa de basura ) con una masa aproximada de 10 g

**Fig.2 Los tenebrios en cada una de las muestras**



Fuente : Hermosillo Ortiz Montserrat (2016)

4.- Se les dejó este alimento por un mes y medio para ver cuánto habían consumido en ese periodo de tiempo, a temperatura ambiente, aproximadamente de 21 °C

5°- Pasados los 45 días se midió la masa de los tenebrios, se contó el número de éstos y se tomó la masa de los polímeros que no consumieron en este tiempo, para así calcular el porcentaje de degradación a través de restar masa inicial de polímero menos masa final de cada polímero entre la masa inicial.

6.- Al observar el color de los tenebrios al consumir bolsa de basura, decidimos agregar una muestra más de bolsa de plástico no reciclado.

7.- También se tomó la masa de las heces fecales de los gusanos, para así después separarlas por polímeros, para guardarla como fertilizante en semillas de amaranto y otras pruebas.

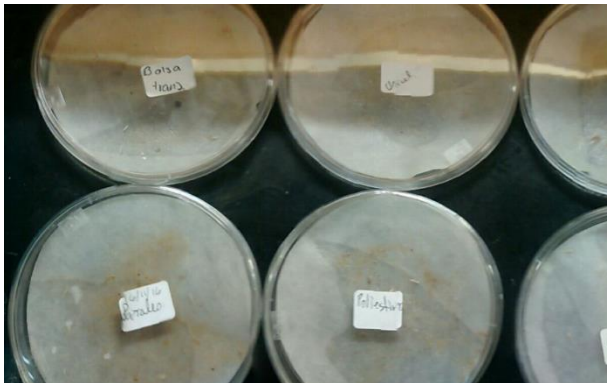
8°-Se sembraron 6 muestras de amaranto, colocando éstas en 6 recipientes diferentes, y dándoles los cuidados recíprocos. Cuatro días después de que las muestras fueran sembradas, se les colocó las diferentes heces a 6 de las muestras incluyen una muestra control de heces de tenebrios que consumieron alimento de pato (su habitual) para ver en cuál funcionaba de mejor manera como posible abono.

9°- Para finalizar, esta prueba se determinó con cuál crecían más las plantas después de dos semanas de experimentación.

10.- Se midieron los anchos de la población de tenebrios antes y después del consumo de polímeros por 45 días para determinar su posible cambio en su apariencia debido al cambio de alimentación.

11.- Se aplicó una prueba de fitotoxicidad a semillas de lechuga para comprobar si los residuos no son tóxicos en semillas de éstas.

Figura 3. Prueba de fitotoxicidad



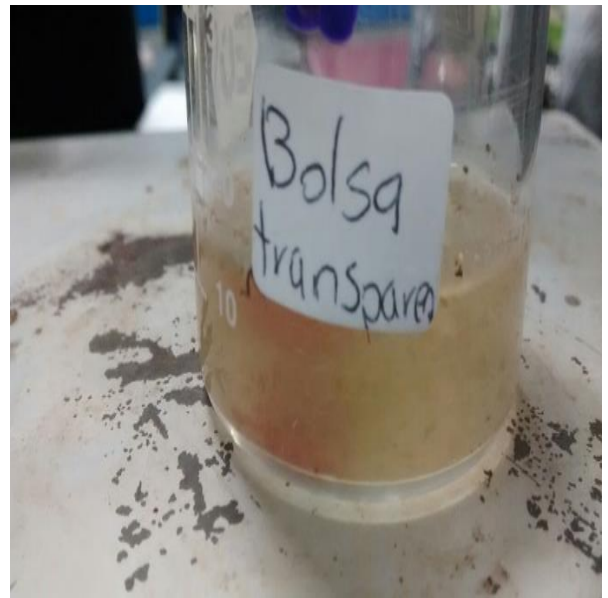
Fuente: Flores Vázquez Karla Paola (2016)

Figura 4. Prueba con heces derivadas de unicel



Fuente: Flores Vázquez Karla Paola (2016)

Figura 5. Prueba con heces de bolsa transparente



Fuente: Flores Vázquez Karla Paola (2016)

## 8.- RESULTADOS

Se monitoreó el procedimiento del experimento, observando:

### 8.1 Apariencia y coloración

Fig.6 Cambio de coloración en los tenebrios que consumieron bolsas de basura de color negro



Fuente: Hermosillo Ortiz Montserrat (2016)

## 8.2 Porcentaje de degradación

**TABLA 4 DATOS PARA DETERMINAR PORCENTAJE DE DEGRADACIÓN**

Criterios de medición	Muestra1 Poliestireno	Muestra 2 Pañales	Muestra3 Bolsa de basura	Muestra4 Unicel	Muestra 5 Bolsa transparente
Cantidad inicial de tenebrios	23	23	23	23	23
Masa inicial de los tenebrios	26g	26g	26g	26g	26g
Cantidad de alimento inicial	10g	10g	10g	10g	10g
Cantidad de alimento final	menos de 1g	8g	9g	4g	8g
Tiempo de alimentación	45días	45días	45días	45 días	45 días
Temperatura promedio	21°	21°	21°	21°	21°
% de degradación	96%	68%	64%	84%	60%
% de materia fecal obtenida	8%	3.2%	2.8%	4%	3,0%
Cantidad final de tenebrios	19	18	15	16	14

Fuente: Molina Cerón Fátima, Hermosillo Ortiz Montserrat, Flores Vázquez Karla Paola (2016)



### **8.3 Heces como fertilizante en semillas de amaranto**

*Las plantas de amaranto que fueron sembradas y fertilizadas con heces de tenebrios alimentados con polímeros se muestran a continuación:*

Figura 7.- siembra



Fuente: Fátima Molina Cerón (2016)







Figura 8.- muestra el sexto día De crecimiento



Fuente: Hermosillo Ortiz Montserrat (2016)

Los resultados fueron que las semillas de amaranto se vieron favorecidas con las heces derivadas de la alimentación de los “Tenebrios Molitor” con diferentes polímeros, comparadas contra la planta control.

**Tabla 5. PRUEBAS EN SEMILLAS DE AMARANTO**

RESULTADOS DE PRUEBAS DE FERTILIZACIÓN EN SEMILLAS DE AMARANTO						
MUESTRA	MUESTRA CONTROL	BOLSA DE BASURA NEGRA	POLIESTIRENO	BOLSA TRANSPARENTE	UNICEL	PAÑALES
IMAGEN						
SEMILLAS PLANTADAS	40	40	40	40	40	40
SEMILLAS GERMINADAS	27	12	16	2	1	15
PROMEDIO DE ELONACIÓN RADICULAR	7.87777778	9.34166667	10.38125	6.4	1	8.31333333
OBSERVACIONES	A PESAR DE QUE GERMINARON MÁS SEMILLAS ÉSTAS FUERON MÁS DELGADAS	EL CRECIMIENTO FUE FAVORABLE AUNQUE NO CRECIERON MÁS DE LA MITAD DE LAS SEMILLAS	EL CRECIMIENTO FUE FAVORABLE, TENIENDO EL MAYOR NÚMERO DE GERMINADAS Y TUVO LA PLANTA MÁS LARGA SIENDO DE 15.2 CM, AUNQUE NO GERMINARON MAS DE LA MITAD DE LAS SEMILLAS	GERMINARON MUY POCAS SEMILLAS, Y TUVO LA PLANTA MÁS CORTA SIENDO ÉSTA DE 1 CM	EL NÚMERO DE SEMILLAS GERMINADAS FUE EL MENOR, SOLO FUE UNA PLANTA, ADEMÁS LA TIERRA TENIA PARTICULAS PEQUEÑAS BLANCAS	EL CRECIMIENTO FUE FAVORABLE AUNQUE NO CRECIERON MÁS DE LA MITAD DE LAS SEMILLAS

#### 8.4 Apariencia de “Tenebrios Molitor”

De las mediciones de los tenebrios antes y después del consumo de diferentes polímeros , se obtuvieron los siguientes datos, concentrados

en la gráfica, observándose un incremento en el tamaño y el volumen.

Figura 9 . Incremento de volumen y tamaño.



Fuente: Hermosillo Ortiz Montserrat (2016)

**Tabla 6 Dimensiones al inicio del experimento**

Las mediciones del ancho de los “Tenebrios Molitor” antes de alimentarse con diferentes polímeros se presentan a continuación:

	UNICEL	POLIESTIRENO	BOLSA NEGRA	CONTROL	BOLSA TRANSPARENTE	PAÑALES
	0.33	0.42	0.31	0.24	0.52	0.35
	0.31	0.22	0.22	0.315	0.32	0.31
	0.35	0.351	0.61	0.435	0.315	0.22
	0.41	0.27	0.51	0.31	0.32	0.32
	0.31	0.21	0.20	0.21	0.25	0.32
	0.43	0.125	0.62	0.31	0.41	0.41
	0.21	0.41	0.43	0.215	0.32	0.16
	0.32	0.51	0.46	0.44	0.32	0.23
	0.31	0.21	0.25	0.31	0.31	0.36
	0.45	0.32	0.34	0.215	0.35	0.32
	0.23	0.23	0.21	0.36	0.125	0.12
	0.11	0.32	0.42	0.31	0.34	0.22
<b>media</b>	0.314	0.299	0.381	0.305	0.325	0.27

Fuente: Flores Vazquez Karla Paola (2016)

**Tabla 7. Dimensiones después del experimento**

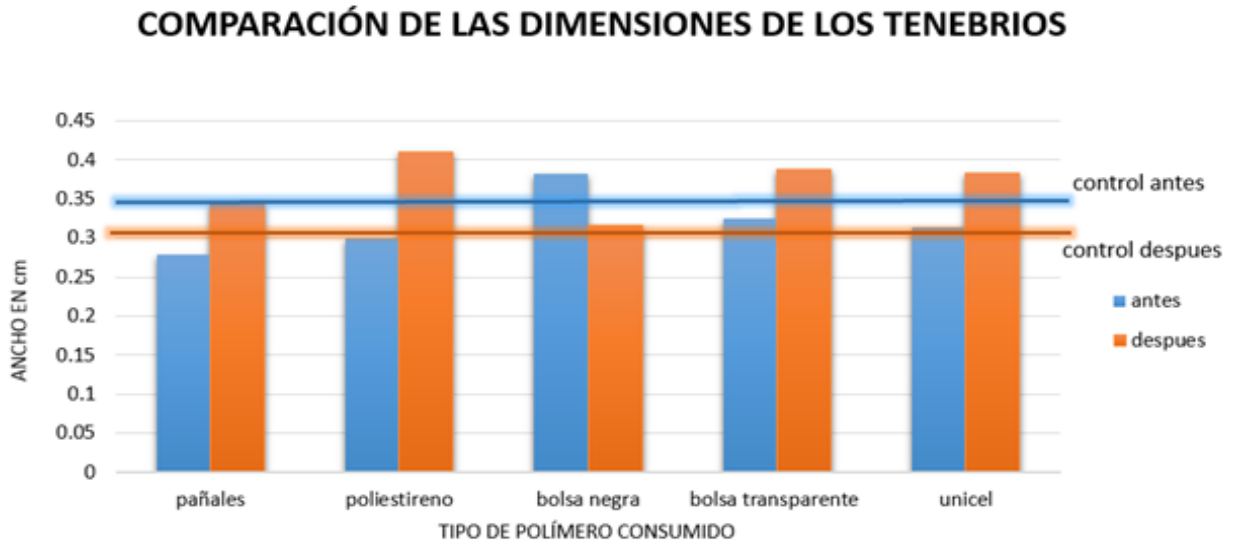
Las mediciones del ancho de los “Tenebrios Molitor” después de alimentarse con diferentes polímeros se presentan a continuación:

	UNICEL	POLIESTIRENO	BOLSA NEGRA	CONTROL	BOLSA TRANSPARENTE	PAÑALES
	0.212	0.43	0.321	0.36	0.32	0.27
	0.36	0.25	0.30	0.22	0.38	0.31
	0.31	0.36	0.33	0.45	0.37	0.43
	0.53	0.39	0.44	0.28	0.28	0.23
	0.25	0.42	0.352	0.36	0.29	0.35
	0.361	0.45	0.31	0.18	0.42	0.25
	0.44	0.52	0.46	0.41	0.37	0.36
	0.51	0.37	0.29	0.56	0.38	0.30
	0.36	0.47	0.36	0.31	0.52	0.522
	0.50	0.37	0.25	0.38	0.39	0.35
	0.51	0.38	0.30	---	0.45	0.42
	0.25	0.52	0.21	---	0.48	---
<b>media</b>	0.38	0.41	0.326	0.351	0.3875	0.344

Fuente; Flores Vázquez Karla Paola (2016)

Gráfica 1.

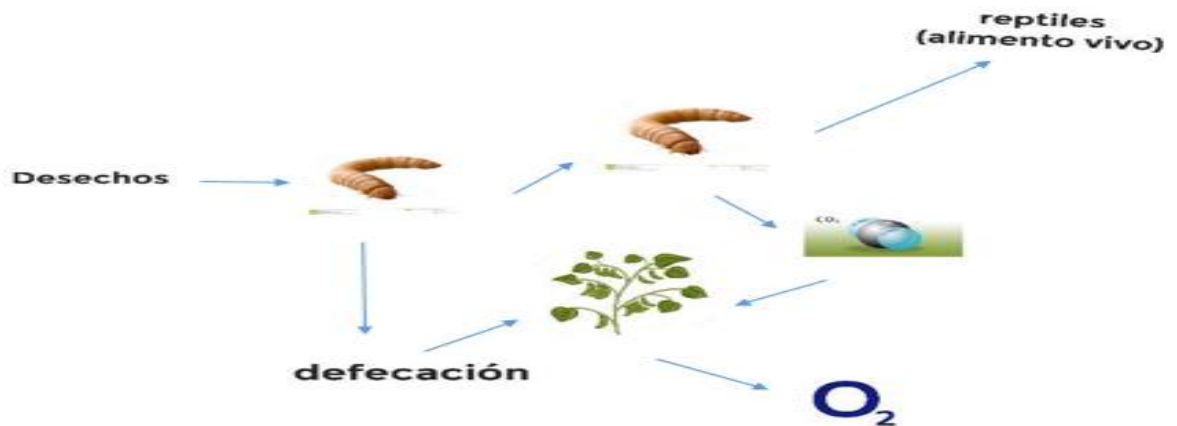
Tabla comparativa del ancho de los “Tenebrio Molitor”



Fuente: Flores Vázquez Karla Paola (2016)

## 8.5 PROPUESTA DE CICLO SUSTENTABLE

Figura 10 . Un nuevo ciclo de vida



Fuente: Flores Vázquez Karla Paola (2016)

## 8.6 Mediciones para fitotoxicidad

Tabla 8 . Elongación Radicular para prueba de fitotoxicidad

ELONGACIÓN RADICULAR						
MUESTRA	Unicel	poliestireno	Bolsa negra	control	Pañales	Bolsa transparente
Semilla 1	3	2.7	1.5	3.5	.6	1.3
Semilla 2	1.9	1.9	1.5	3	.8	.5
Semilla 3	2.5	2.7	2.5	3.5	.5	1.5
Semilla 4	2.5	2.3	.6	3.1	.3	1.2
Semilla 5	2.3	2.1	1	2	.5	1.8
Semilla 6	2	1.7	1.8	3	.2	1.2
Semilla 7	2.6	1.7	1.7	3.2	.5	-
Semilla 8	2.5	2.8	1	2.5	.2	-
Semilla 9	2.9	3	-	1.8	.4	-
Semilla 10	2	2	-	1.5	.3	-

Fuente : Flores Vázquez Karla Paola (2016)

Tabla 9. Resultados de Fitotoxicidad a semillas de lechuga

RESULTADOS DE PRUEBAS DE FITOTOXICIDAD CON HECES DE TENEBRIOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES POLIMEROS						
MUESTRA	MUESTRA CONTROL	BOLSA DE BASURA NEGRA	POLIESTIRENO	BOLSA TRANSPARENTE	UNICEL	PAÑALES
IMAGEN						
SEMILLAS PLANTADAS	10	10	10	10	10	10
SEMILLAS GERMINADAS	10	8	10	6	10	10
PROMEDIO DE ELONACIÓN RADICULAR	2.71	1.45	2.42	1.25	2.29	0.43
ÍNDICE DE GERMINACIÓN	100%	12%	89%	28%	84%	16%
FITOTOXICIDAD (MENOR AL 80%)	NO	SI	NO	SI	NO	SI

Fuente : Molina Cerón Fátima (2016)

## 8.7 RESUMEN DE RESULTADOS

De todas las pruebas anteriores se concentran los siguientes datos duros

Tabla 10. Resumen de datos

Alimento	%degradación	ancho tenebrios	%fitotoxicidad	Semillas germinadas
Unicel	84%	+ 21%	84%	2.5%
Bolsa transparente	60%	+ 27%	28%	5%
Bolsa negra	64%	- 14%	12%	30%
Poliestireno	96%	+ 37%	89%	40%
Pañales	68%	+ 56%	16%	37.5%
Control	-----	+ 15%	100%	67%

Fuente: Hermosillo Ortiz Montserrat (2016)

## 9. CONCLUSIONES

- El objetivo general se completo, ya que se determinó el porcentaje de degradación de cada uno de los tipos de polímeros, siendo el del poliestireno el más consumido con un 96% y el menos consumido fue la bolsa de basura negra con un 64%.
- La hipótesis fue aprobada ya que el poliestireno fue el polímero de mayor consumo.
- Observando el ancho de las larvas antes y después del consumo de polímeros, permitió ver un cambio en sus

dimensiones solo desfavorable en el consumo de bolsa de basura siendo de - 16% y favorable en las otras muestras siendo la más significativa la del consumo de poliestireno con un valor de +41%.

- Se determinó que las muestras de unicel y poliestireno no son fitotóxicas con valores de 84% y 89% respectivamente, sin embargo los valores de fitotoxicidad en las muestras de bolsas de basura negra y transparente, así como de pañales arrojaron valores menores a 80%, por lo que estos si siguen siendo fitotóxicos.

- El crecimiento de las semillas de amaranto en presencia de heces de tenebrios alimentados con polímeros mostró cuantitativamente que las semillas crecen menos en presencia de heces de polímeros, sin embargo cabe mencionar al hacer una observación cualitativa, las redículas fueron de mayor espesor en la presencia de heces contra la muestra control
- Si es posible incorporar éstas heces a un ciclo de vida para reducir contaminantes tanto en su composición química como en su volumen.
- También fue posible observar que los insectos son fotofóbicos y éstos comienzan a consumir en mayor cantidad los plásticos de noche, esto fue muy evidente al percibir por las noche una gran actividad en los contenedores de “Tenebrios Molitor” ya que eran muy ruidosos ante la falta de luz.
- El tiempo de permanencia en estado larvareo se modificó debido a su alimentación, ya que llevamos 3 meses alimentándolos con polímeros y no se han transformado a escarabajos, son el caso de los alimentados con pañales se alcanzó una metamorfosis.

## 10. DISCUSIÓN:

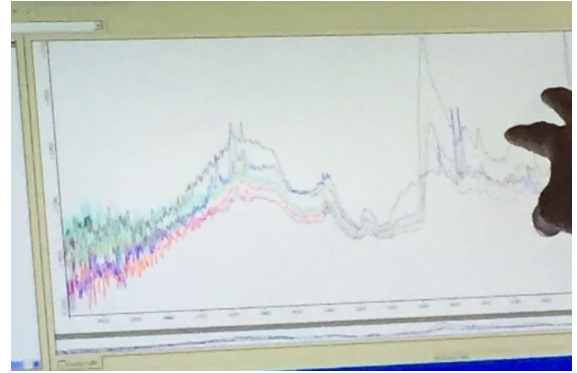
Mucho es lo que se puede seguir investigando sobre estas larvas, y aunque no fue concretada nuestra prueba se plantea la posibilidad de hacer una caracterización de las heces a través de un infrarrojo para poder evidenciar el cambio de las estructuras moleculares de los plásticos contra las heces que permitirían comprobar en que moléculas se ha convertido.

Nuestra prospectiva mira hacia posibilidad de generar granjas de tenebrios para alimentarlas de polímeros que disminuirán grandemente los residuos plásticos de basura, y simultaneamente generar fertilizantes para plantas de nuestra región como son el amaranto.

Si este escarabajo es una plaga en molinos harineros, sería importante colocar residuos plásticos en esos lugares como una forma de controlar sus plagas.

Los animales tienen muy buen contenido nutricional, y si se pudiera aprovechar esto y hacerlo de consumo humano, al igual que otros insecto, podría llegar a servir como una alternativa a la alimentación carnívora.

Figura 17.- Espectro IR de los polímeros. vs heces de tenebrios alimentados con polímeros.



Fuente: Hermosillo Ortiz Montserrat (2016)

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Alethia Vázquez Morillas, Rosa Ma. Espinosa Valdemar, Margarita Beltrán Villavicencio y Maribel Velasco Pérez. (Desconocido). El reciclaje de los plásticos. 2016, dePDF Sitio web: <http://www.anipac.com/reciclajeplasticosuam.pdf>
- BBC Mundo.(2015). El humilde gusano que puede ser clave para acabar con la contaminación del plástico. Recuperado de [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/10/151012\\_ciencia\\_eeuu\\_gusanos\\_plasticos\\_degradacion\\_jg](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/10/151012_ciencia_eeuu_gusanos_plasticos_degradacion_jg)



- Bertoldi, M.. (2015). Evaluating toxicity of immature compost . 11/14/16, de Agris Sitio web: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8248707>
- Cabrera A. (2015). El tenebrio molitor. España. Portal Gallero. Recuperado de.. <http://www.portalgallero.com.mx/articulos/crianza-y-genetica/alimentacion/9-el-tenebrio-molitor?hitcount=0>
- Desconocido. (Desconocido). Lechuga. 2016, de PDF Sitio web: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/lechuga.pdf>
- ECOLOGÍA VERDE. (2007). El impacto medioambiental de las bolsas de plástico es enorme. Barcelona. ECOLOGÍA VERDE. Recuperado de <http://www.ecologiaverde.co> [m/el-impacto-medioambiental-de-las-bolsas-de-plastico-es-enorme/](http://www.ecologiaverde.co/m/el-impacto-medioambiental-de-las-bolsas-de-plastico-es-enorme/)
- Forster J. C.; W. Zech and E. Würdinger (1993). Comparison of chemical and microbiological methods for the characterization of the maturity of composts from contrasting sources. *Biology and Fertility of Soils*.
- Manios, V. I.; P. E. Tsikalas and H. I. Siminis (1989). Phytotoxicity of olive tree in relation to organic acid concentration. *Biological Waste*, 27: 307- 317.
- María Cecilia Sobrero y Alicia Ronco. (Desconocido). Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L.. 2016, de PDF Sitio web Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/573/cap4.pdf>
- Meggie, C. A.; R. W. Pearson and A. E. Hilthold (1967). Toxicity of decomposing crop residues to cotton germination and seedling
- Nakamoto K., "Infrared and Raman Spectra of Inorganic

and Coordination Compounds”, Ed. John Wiley & Sons, New York, 1997.

Ocio Networks. (2015).

Cómo afecta al planeta el exceso de dióxido de carbono en la atmósfera.

Ocio networks. Recuperado de <http://www.ocio.net/estilo-de-vida/ecologismo/como-afecta-al-planeta-el-exceso-de-dioxido-de-carbonoen-la-atmosfera/>

- Pretsch E., Clerc T., Seibl J., Simon W., “Tablas para la Elucidación Estructural de Compuestos Orgánicos por Métodos Espectroscópicos”, Ed. Alambra, 1988.
- Priddy B. (2012).  
Propiedades de una bolsa de plástico. Ehow español.  
Recuperado de [http://www.ehowenespanol.com/propiedades-bolsa-plastico-sobre\\_50760/](http://www.ehowenespanol.com/propiedades-bolsa-plastico-sobre_50760/)
- Woolston C. (2016). ¿Qué contienen los pañales desechables y son estos

seguros para tu bebé?

Madrid. Babycenter.

Recuperado de <http://espanol.babycenter.com/a15100055/qu%C3%A9-contienen-los-pañales-desechables-y-son-estos-seguros-para-tu-bebé?>

- Zucconi, F., A. Pera, M. Forte y M. De Bertoli. 1981. {\bf Evaluating toxicity in immature compost}. *Biocycle* (22):54-57.

## 12.- Agradecimientos:

Agradecemos a nuestra asesora María del Rocío Aguilar quien nos orientó a aplicar todo lo que en nuestra Institución Instituto Mexicano Madero hemos aprendido institución de la que nos sentimos orgullosos de pertenecer, al profesor Oscar Olivares que afinó nuestras exposiciones, a la Dra. Myrna Solis por su apoyo profesional y por último, a nuestros padres que día a día han velado por acompañarnos en este gran deseo de aprender.