

Efecto de plásticos incorporados y lombrices en suelos francos en el cultivo de frijol

Andrea Beatriz Salazar Bonilla

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Efecto de plásticos incorporados y lombrices en suelos francos en el cultivo de frijol

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Andrea Beatriz Salazar Bonilla

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Efecto de plásticos incorporados y lombrices en suelos francos en el cultivo de frijol

Andrea Beatriz Salazar Bonilla

Resumen. El plástico polietileno de baja densidad (PEBD) se utiliza en agricultura como mulch. Para disminuir el impacto negativo que se tiene con la mala disposición de los plásticos, surgen polímeros biodegradables como el ácido poli láctico-PLA. El uso de plasticultura genera incertidumbre de que esté contaminando el ambiente con algún agente tóxico. Los objetivos del estudio fueron determinar el efecto de la incorporación de macro plásticos de $3 \times 2 \text{ cm}^2$ en el cultivo de frijol y en las lombrices en el suelo, evaluar el efecto de las lombrices de tierra en el desarrollo del frijol y el efecto del tiempo de exposición del plástico incorporado en el suelo en el cultivo de frijol. Fue un diseño completamente al azar con arreglo tri factorial de $3 \times 2 \times 2$ siendo tres tiempos de exposición a condiciones climáticas: 0, 45 y 90 días, dos tipos de plásticos: PEBD y biodegradable-PLA y presencia y ausencia de lombrices con ANDEVA modelo lineal general mixto. Se midió semanalmente altura, número de hojas y floración en el desarrollo de la planta y posterior al corte: biomasa aérea y radicular y mortalidad de lombrices. Los plásticos en el suelo tuvieron una concentración de 0.23% p/p. Los macro-plásticos expuestos a las condiciones ambientales incorporados al suelo no interfieren en el crecimiento y biomasa del frijol. En la actividad de lombrices de tierra sí se identifica un impacto sin un patrón determinado con respecto al tipo de película plástica y tiempo de degradación.

Palabras clave: Biodegradable, macro plásticos, PEBD, plástico mulch.

Abstract. Low density polyethylene plastic-PEBD is used in agriculture as mulch. To reduce the negative impact of the poor disposition of plastics, biodegradable polymers such as polylactic acid-PLA arise. The use of plasticulture raises suspicions, there is a possibility that the environment is being contaminated with some toxic agent. The objectives of the study were to determine the effect of the incorporation of $3 \times 2 \text{ cm}^2$ macro plastics with beans and earthworms in the soil, to evaluate the effect of earthworms in the development of beans and the effect of time of exposure of the plastic incorporated in the soil in the cultivation of beans. It was a completely random design with a $3 \times 2 \times 2$ tri-factorial arrangement, with three exposure times at climatic conditions: 0, 45 and 90 days, two types of plastics: PEBD and biodegradable-PLA and presence and absence of worms with ANDEVA mixed general linear model. Height, number of leaves and flowering in the development of the plant and the cut of aerial and root biomass and earthworm mortality were measured weekly. The plastics in the soil had a concentration of 0.23% w / w. The macro-plastics exposed to the environmental conditions incorporated into the soil do not interfere with the growth and biomass of the beans, but in the activity of earthworms an impact was identified without a specific pattern with respect to the type of plastic film and degradation time.

Key words: Biodegradable, macroplastics, PEBD, plastic mulch.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
4. CONCLUSIONES	19
5. RECOMENDACIONES	20
6. LITERATURA CITADA.....	21

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Condiciones del invernadero para el crecimiento del frijol con adición de dos tipos de plásticos en diferentes tipos de exposición con lombrices.....	3
2. Películas plásticas expuestas a las condiciones atmosféricas con diferentes tiempos en cultivo de jalapeño en la parcela de conservación de suelos.	4
3. Tratamientos para evaluar el efecto de la incorporación de plásticos (convencional y biodegradable) expuestos al ambiente y la actividad de lombrices de tierra en suelos francos en el cultivo de frijol.	6
4. Características químicas del suelo procedente del lote “Parcela” de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.	9
5. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable (PLA) en la evaluación de parámetros del desarrollo de la parte aérea de la planta de frijol a los 45 DDS.	10
6. Efecto del tiempo de exposición de los plásticos y la presencia de lombrices en el suelo, en la altura de las plantas de frijol a 45 DDS.	11
7. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable (PLA) en la evaluación de parámetros del desarrollo del número de hojas de las plantas de a los 12, 26, 33, 38 y 45 DDS.	12
8. Efecto de tipos de películas plásticas y tiempo de exposición de los plásticos, en el número de hojas de las plantas de frijol a los 39 y 45 DDS.	13
9. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable en la evaluación del número de hojas de las plantas de a los 12, 19, 26, 33, 38 y 45 DDS.	14
10. Efecto de la presencia o ausencia de las lombrices en el crecimiento de las plantas de frijol a los 19 días después de siembra DDS.	14
11. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable (PLA) en la evaluación de parámetros del desarrollo radicular de la planta a los 45 DDS.	15
12. Efecto de las lombrices de tierra en la evaluación de parámetros del desarrollo de la parte aérea de la planta de frijol en suelo sin plástico a los 45 DDS sin plásticos.	16
13. Efecto de las lombrices de tierra en la evaluación de parámetros del desarrollo radicular de la planta de frijol en suelo sin plástico a los 45 DDS sin plástico.	16
14. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable (PLA) en la evaluación de	

parámetros del desarrollo de las lombrices en un ambiente, con diferentes tiempos de exposición plástico.....	17
15. Efecto de la película plástica biodegradable y PEBD y tiempo de exposición de los plásticos, en las lombrices a los 45 DDS.	18

1. INTRODUCCIÓN

La población mundial está creciendo de forma acelerada, por lo que, cada día hay una mayor demanda de alimento. Esto presiona a la agricultura a tener mejores técnicas de producción, con el fin de producir más en menos espacio, este y otros motivos dieron origen a la plasticultura. El objetivo principal del plástico mulch es incrementar rendimientos y obtener una mejor calidad en los productos. Los plásticos se convierten en desechos luego de ser usados (Delgado, Aperador y Bautista, 2011). Esta técnica ha incrementado alrededor del mundo, sin embargo, tiene un impacto ambiental, como se menciona en el estudio de Espí, Salmerón y Fontecha (2006). La mayor parte de materiales utilizados en mulching es principalmente el polietileno de baja densidad (PEBD).

El considerable aumento de la demanda de plásticos debido a una cultura consumista estimula la producción masiva de objetos plásticos. La agricultura no se queda atrás con la demanda y uso de plásticos. Los elementos que se utilizan para la producción de alimentos principalmente son bolsas, mulches, cintas, mangueras, entre otros. Estos materiales incorporados recientemente en las técnicas agrícolas traen grandes beneficios para la producción en especial para cultivos que necesitan protección para tener un mejor desempeño, no obstante, tienen un impacto en los ecosistemas (Góngora, 2014). El plástico mulch es una técnica que ha ido ganando popularidad debido a todas sus ventajas, por lo que se ha incrementado la superficie mundial bajo estas condiciones. El área aproximada en la que se lleva a cabo esta técnica es cerca de 4,530,000 ha, siendo Asia el que se destaca su uso, con 3,800,000 ha, seguido de Europa con 450,000 ha (Berardocco, 2004).

La categoría de plásticos de polietileno son los mayormente producidos por la industria plástica (Shah, Hasan, Hameed y Ahmed, 2008), en estos van incluidos el polietileno de baja densidad (PEBD), el polietileno lineal de baja densidad (PELBD) y el polietileno de alta densidad (PEAD). El que cuenta con un mayor porcentaje de producción es el (PEBD) con un 17% de producción, dentro de un 80% del total de producción, utilización y venta de plásticos alrededor del mundo (Góngora, 2014). Estos son utilizados especialmente para envases, empaques de comida, plástico mulch y otras actividades.

Gran parte de los productos plásticos son de corta vida útil y al no tener una adecuada disposición final se convierten en basura (Zenner de Polonia y Peña, 2013). Una parte de estos plásticos se queda en el suelo, provocando una contaminación visual, sin embargo, se desconoce qué efectos se producen en los macroorganismos del suelo como las lombrices de tierra y en las plantas, principalmente las próximas a ser cultivadas.

En la actualidad se realizan estudios en los que se propone el desarrollo de alternativas biodegradables, ya que existe una gran preocupación para la vida en los diferentes

ecosistemas (O'Brine y Thompson, 2010). Asimismo, se están llevando a cabo estudios sobre el efecto de la incorporación de plásticos PEBD y biodegradables (Mejía Peláez, 2017), como desechos de plástico mulch. Ambos plásticos tienen un efecto directo en las plantas y los macroorganismos del suelo. El uso del plástico mulch cada vez es más implementado en la agricultura, sin embargo, la contaminación causada por estos hace que surjan alternativas sin perder todas las ventajas que brinda el plástico mulch en la agricultura (Kasirajan y Ngouajio, 2012).

Los plásticos biodegradables surgen como una alternativa para la técnica de la plasticultura, estos cumplen con la mayor parte de los objetivos de los plásticos mulch de polietileno, los cuales son principalmente para el control de malezas, temperatura y evitar la alta evapotranspiración. Los plásticos de polietileno no se degradan, deben retirarse del suelo. Por el contrario, debido a la biodegradabilidad del otro tipo de plástico, éstos se dejan en el suelo. El acolchado de plástico biodegradable puede ser degradado por microorganismos que se encuentran en el suelo, sin embargo, esto no sucede de la misma manera en con los plásticos de polietileno (English et al., 2016).

Las lombrices de tierra son organismos de alta importancia en el suelo, especialmente en zonas productivas, debido a que tienen una alta influencia en la descomposición de la materia orgánica, ciclo de nutrientes y desarrollo en la estructura del suelo, sin embargo, estos organismos se ven afectados por ciertas actividades agrícolas (Ríos, 2005). Los desechos plásticos se encuentran distribuidos en todos los ecosistemas, sin embargo, no existe información exacta sobre los efectos de los macro plásticos y micro plásticos en la fauna terrestre. Esto ha impulsado por recientes evaluaciones sobre el desarrollo que tienen las lombrices (*Lumbricus terrestris*) en condiciones afectadas por plásticos (Huerta et al., 2016). Se busca una respuesta con respecto a la contaminación por plástico en los ecosistemas terrestres, debido a esto los objetivos del estudio fueron los siguientes:

- Determinar el efecto de la incorporación de plásticos convencional y biodegradable, en desarrollo del cultivo de frijol y en la actividad de las lombrices en el suelo.
- Evaluar el efecto de las lombrices en el desarrollo del frijol en suelos francos con plástico incorporado.
- Evaluar el efecto del tiempo de exposición del plástico convencional y del biodegradable al incorporarlos en el suelo en el cultivo de frijol.

2. METODOLOGÍA

Ubicación.

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada a 30 km vía Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaré, Francisco Morazán, Honduras. El proyecto se llevó a cabo en el macro túnel #2 del programa de investigación de frijol (PIF), donde existen condiciones de aislamiento de la lluvia. Se obtuvo un promedio de mediciones de temperatura, las cuales se tomaron diariamente y fluctuó entre 21 y 35 °C (Cuadro 1). La investigación se realizó entre los meses de mayo a agosto del año 2019 y tuvo una duración de 70 días, desde que se inició el experimento hasta que se realizaron la toma de datos finales.

Cuadro 1. Condiciones del invernadero para el crecimiento del frijol con adición de dos tipos de plásticos en diferentes tipos de exposición con lombrices.

Mediciones 20 /06/19 - 04/08/19	Horas (h)	Temperatura promedio (°C)
Mañana	6:30 a.m.	21
Tarde	12:30 p.m.	35

Tipos y tamaños de partículas plásticas.

Los plásticos utilizados fueron de polietileno de baja densidad (PEBD) y biodegradable de Ácido poli láctico (PLA). El plástico PEBD era color metálico y negro, con un grosor de 60 µm y se obtuvo de la parcela de conservación de suelos de la EAP Zamorano. El plástico PLA de color negro, sin grosor conocido, obtenido del programa de producción de piña en la Standard Fruit Company La Ceiba, Honduras. El plástico PLA se compone de productos biológicos derivados de la biomasa, ya sea de animales, plantas, materiales forestales o marinos. Los PLA también se pueden obtener de la fermentación de azúcar o maíz, es decir, estos tipos de plásticos tienen una base biológica (Vert et al., 2018). El tamaño evaluado de las partículas fue irregular, entre 2 a 3 cm de largo y ancho que se clasifica como macro plásticos cuando posee un tamaño mayor a 5 mm (Cole, Lindeque y Halsband, 2011).

Exposición de los plásticos.

El plástico PEBD se comercializa en rollos que tiene un ancho de 1.5 metros y se colocan con la cara negra sobre el suelo y la plateada expuesta a la atmósfera, a fin de reflejar la luz y bajar la temperatura del suelo (Ucles Guifarro, 2011). La exposición de los plásticos se dio con el fin de evaluar si los diferentes tiempos de exposición del plástico crea un efecto diferente. Se colocaron 5.6 metros lineales de cada plástico en camas de producción con

cultivo de chile jalapeño, ubicado en la Parcela de Conservación de Suelos con anticipación al experimento. Los plásticos se colocaron el sábado 16 de febrero y el 2 de abril de 2019, con el fin de cumplir con un período de exposición de 45 y 90 días respectivamente, se retiraron el 15 de mayo del 2019. Otra parte de los plásticos no fue expuesta para contar con un porcentaje de plástico con cero días de exposición (Cuadro 2).

Cuadro 2. Películas plásticas expuestas a las condiciones atmosféricas con diferentes tiempos en cultivo de jalapeño en la parcela de conservación de suelos.

Películas plásticas	Tiempo de exposición (días)
PEBD	45
PEBD	90
PLA	45
PLA	90

PEBD: Polietileno de baja densidad

PLA: Película biodegradable con Ácido poli láctico

Los cortes se realizaron a mano tomando las medidas con regla y cortándolos con tijera. Se realizaron cortes de franjas y posteriormente se cortaron estas en cuadros. Este procedimiento se realizó por igual con los dos tipos de plásticos con todos los tiempos expuestos y con los no expuestos. Posteriormente, al cortar los plásticos se pesaron en una báscula de mesa Defender® 2000 Lavable. Se pesó la misma cantidad de plástico por cada tipo, teniendo un peso de 0.068 kg de cada plástico con los respectivos tratamientos, lo que representa el 0.23% del peso de la maceta con el suelo.

Preparación de suelo y contenedores.

Se utilizó suelo franco, proveniente del lote de parcela de primer año que se encuentra frente al Auditorium Juan Carlos Rosas en la Escuela Agrícola Panamericana. El suelo se tamizó con el fin de homogenizarlo. En la parte interior de cada contenedor se colocó un cuadro de 8 × 8 cm de una hoja de papel, esto para evitar la pérdida de suelo en los drenajes de los contenedores. El suelo seco al ambiente, en cada maceta tuvo un peso de 3.6 kg. El suelo mezclado con el plástico se dispuso en contenedores de plástico de polietileno de alta densidad (PEAD), con una capacidad de 4.5 kg y dimensiones de 20 cm de alto, 20 cm de diámetro superior y 13.5 de diámetro inferior. Se realizó un análisis de suelo en el Laboratorio de Suelos en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Siembra y raleo de Semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

La semilla de frijol utilizada para el experimento realizado es una variedad mejorada conocida como Amadeus 77 variedad desarrollada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Es un cultivo bastante adaptado a condiciones de estrés como suelos con baja fertilidad, condiciones de sequía. Esta variedad de frijol posee una alta resistencia a enfermedades y plagas como el virus del mosaico dorado amarillo, roya, gorgojos de almacén, picudo de la vaina, entre otras. Posee una buena tolerancia a altas temperaturas,

por lo que, esta variedad tiene un alto potencial de rendimiento en condiciones limitadas y una gran adaptabilidad en varios ambientes, especialmente condiciones de sequía (Rosas, 2006).

Para la siembra se colocaron cuatro semillas en cada macetero, las cuales fueron provistas por el PIF, esto con el fin de asegurar que todas las macetas tengan germinación de semillas. Esta variedad cuenta con un porcentaje de germinación del 98%. La profundidad de siembra fue de dos veces el tamaño de la semilla, realizando un pequeño agujero con el dedo en la maceta y luego recubriendo la semilla con suelo y compost proveniente de la Finca Agroecológica de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Se aplicó un riego diario para mantener húmedo el suelo y asegurar la germinación. Las semillas germinaron a los cinco días después de siembra (DDS), a los 15 DDS se realizó un raleo de las plantas de frijol, de manera que solo se desarrollara la planta que mostraba mayor vigorosidad y altura. El raleo se realizó cortando la base de cada tallo de las plantas descartadas, de forma tal que no se perturbará la estructura del suelo, ni las raíces de la planta que permaneció en la maceta. Luego de esto se procedió a colocar estacas para darle soporte al crecimiento de la planta.

Lombrices.

Se recolectaron 100 lombrices de tierra en las zonas con mayor humedad de la parcela de conservación de suelos, de la cual se asume que pertenece al género de *Lumbricus terrestris*, por el lugar y la capa superficial del suelo donde se encontraron. Se pesó cada una previo a incorporarlas al macetero y se obtuvo una media de tres gramos de peso por lombriz. Las lombrices se incorporaron en los maceteros luego de la germinación de las semillas, se colocaron tres lombrices por macetero, en el suelo. Se abrieron tres agujeros para colocar una lombriz por cada uno, luego se cubrieron con el suelo y el compost proveniente de la finca agroecológica. Se regó el contenedor con el fin de mantener las condiciones de humedad adecuadas.

Se implementó el riego para humedecer el suelo, con el objetivo de proporcionar un ambiente más adecuado para la lombriz. En los tratamientos que no se colocaron lombrices, también se colocó el compost para no generar variación en los datos del desarrollo de la planta, es decir, mantener la uniformidad de las condiciones edafológicas y el microclima que esto puede generar en las plantas. Durante todo el experimento se agregó tres veces compost a cada macetera. Para un total de 370 g de compost, con el fin de aportar mayor contenido de materia orgánica en el suelo y de alimentar a las lombrices.

Riego, fertilización y fumigación.

El invernadero no contaba con un sistema de riego, por lo que, se regó manualmente una vez cada dos días, con el fin de sustentar las necesidades hídricas de la planta, pero sin crear saturación de agua. Se aplicó 350 mL de riego por cada planta, todo fue medido con una probeta de 1,000 mL. La fertilización se realizó dos veces durante el desarrollo del cultivo a los 15 y 30 días después de siembra (DDS) en todos los tratamientos. Las concentraciones de fertilización se establecieron según los requerimientos nutricionales del cultivo y las concentraciones de los nutrientes en el suelo. Se aplicó 1.52 g de urea, 0.76 g de DAP y

2.54 g de KCl. Las mismas concentraciones se utilizaron en las dos aplicaciones. La dosis establecida fue de N-55 – P₂O₅-23 – K₂O-100. Para realizar el fertirriego se colocaron 19.6 L de agua en un balde y se mezcló con el fertilizante. Se aplicó la misma cantidad de fertilizante a todas las plantas.

Durante el cultivo hubo incidencia de gusano minador y mosca blanca; que se controlaron debidamente. Se aplicó PROCLAIM® 05 SG a los 17 DDS, el objetivo de este insecticida fue eliminar el gusano minador, este compuesto es de origen natural. Se deriva de la fermentación de microorganismo *Streptomyces avermitilis*, este penetra en el tejido foliar de la planta y tiene la ventaja de no afectar a insectos benéficos (Syngenta, 2017). Posteriormente a esa aplicación se observó una incidencia con mosca blanca, por lo que, se hicieron dos aplicaciones de REGENT® 4 SC el cual actúa como contacto e ingestión con acción sistemática (BASF, 2019) a los 20 y 26 DDS. De esta forma se disminuyó la incidencia de plagas durante el desarrollo de la investigación.

Tratamientos.

Los tratamientos evaluados fueron dos películas plásticas: Una sintética no biodegradable o plástico de polietileno de baja densidad (PEBD) y otra biodegradable (PLA), con diferentes tiempos de exposición al ambiente: 0, 45 y 90 días en campo, incorporados al suelo y sometidos a la actividad de lombrices, estos fueron comparados con testigos sin plástico con y sin actividad de lombrices, para un total de 14 tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos para evaluar el efecto de la incorporación de plásticos (convencional y biodegradable) expuestos al ambiente y la actividad de lombrices de tierra en suelos francos en el cultivo de frijol.

Plástico	Tiempo expuesto (días)	Lombrices
Sin Plástico	0	Ausencia
Sin Plástico	0	Presencia
PEBD	0	Ausencia
PEBD	45	Ausencia
PEBD	90	Ausencia
PEBD	0	Presencia
PEBD	45	Presencia
PEBD	90	Presencia
PLA	0	Ausencia
PLA	45	Ausencia
PLA	90	Ausencia
PLA	0	Presencia
PLA	45	Presencia
PLA	90	Presencia

Variables medidas.

La toma de datos en el desarrollo del cultivo duró 45 días; durante las seis semanas se tomaron mediciones de la altura, con una cinta métrica, con el fin de determinar la altura de las plantas, número de hojas de la planta a partir del raleo y el crecimiento se determinó restando altura semanal con la nueva altura a los 12, 19, 26, 33, 39, 45 DDS. También, se tomó la fecha para determinar la fecha de floración y llenado de vainas de cada planta.

Al momento de la cosecha se cortaron todas las plantas con el fin de determinar la biomasa aérea y radical, se pesaron en una balanza de mesa PCE-BSH 6000 en gramos, con el fin de medir la biomasa húmeda al momento del corte, se colocaron en bolsas de papel individuales de cinco libras de capacidad, previo a proceder a realizar el secado de cada una de las plantas. En un horno marca Fisher Scientific Isotemp® Oven Model 630G se colocaron todas las plantas en su respectiva bolsa durante tres días a 78 °C en el laboratorio de suelos durante tres días. De igual forma se midieron las plantas secas, para referir los resultados a peso seco de la planta. Para la extracción de lombrices se dio vuelta a los contenedores y se sacaron las lombrices vivas, se pesaron, midieron y contaron, luego fueron liberadas fuera del invernadero.

Después de extraer las lombrices se procedió a destruir el pilón para sacar las raíces, extrayendo los macro plásticos que se encontraban en medio de las raíces. Las raíces se lavaron con el fin de quitar cualquier partícula ajena a la raíz, luego cada una se pesó, se preparó una solución de alcohol etílico al 95% diluido en agua destilada para llegar a un 30% de concentración. Las raíces se colocaron en botes de vidrio con la solución de alcohol, con el objetivo de mantener la estructura de la raíz. Para la medición de las raíces se usó el programa WinRHIZO, debido a la longitud de las raíces, algunas de estas se tuvieron que fraccionar para que el programa identificará longitud, volumen, diámetro y área superficial de las raíces.

Diseño experimental.

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo de tratamientos $3 \times 2 \times 2$, que corresponde a tres tiempos de exposición, dos películas plásticas y un control sin plástico y presencia o ausencia de lombrices. Se establecieron 12 tratamientos y dos controles con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales fueron los contenedores con la planta cada uno, las interacciones evaluadas fueron:

Tiempo de exposición \times película plástica

Tiempo de exposición \times lombrices

Película plástica \times lombrices

Tiempo de exposición \times película plástica \times lombrices

Análisis estadístico.

Los datos se analizaron con el programa InfoStat versión 2018. Durante el análisis de datos se realizaron gráficos de QQplots con los residuales para conocer si los datos provienen de una distribución normal. Asimismo, se realizó un gráfico de dispersión con los residuales estandarizados y los esperados para conocer la homocedasticidad (igualdad de varianzas). Las variables que no cumplían con cualquiera de ambos supuestos les realizó una

transformación con función de VarIdent, directamente a los residuales. Seguidamente, se aplicó un análisis de varianza. (ANDEVA) tri factorial en un modelo lineal general mixto, con tres factores fijos (tiempo de exposición del plástico, lombrices y película plástica) y sus interacciones y como efectos aleatorios las repeticiones realizadas. Para evaluar el efecto de los factores individualmente y su interacción significativa entre los factores, se trabajó con un nivel de confianza del 95 y 5% de error. En los casos que hubo una diferencia significativa, se procedió a realizar una prueba LSD-Fisher para conocer las diferencias estadísticas en las medias. Finalmente, se realizó un análisis independiente para el control sin plástico, bajo el mismo control estadístico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de suelo indican un suelo de pH ligeramente ácido (6.22), materia orgánica, C, N, P, y K en contenido alto y Ca, Mg y Na en niveles medios o normales, siendo este considerado como un buen suelo para cultivos (Cuadro 4). Los métodos utilizados para análisis del suelo se realizaron para identificar las cantidades de K, Ca, Mg y Na, utilizando la solución extractora Mehlich 3, los cuales fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica. El P fue extraído con la solución Mehlich 3, determinado por colorimetría. Carbono Orgánico (C.O.) se determinó por el método de Walkley y Black para suelos no salinos minerales, con incertidumbre de ± 0.04 .

La materia orgánica (M.O.) se obtuvo a partir del cálculo del carbono orgánico multiplicado por 1.72. % de nitrógeno total, la cual dio como el 5% de materia orgánica. El pH, se midió con el método 1:1 en agua y suelo por el método de AOAC 994.16 rango de 4.00 -7.00 con incertidumbre de ± 0.10 (Rhoades, Chanduvi y Lesch, 1999). Textura, se determinó mediante el método de Bouyoucus y la Conductividad eléctrica, se midió por el método de la pasta saturada (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características químicas del suelo procedente del lote “Parcela” de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

pH (H ₂ O)	g/100g			mg/kg (extractable)				
	C.O.	M.O.	Ntotal	P	K	Ca	Mg	Na
6.22	3.1	5.34	0.27	57	878	2,179	293	5
Condición	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Normal

CO: carbono orgánico, MO: materia orgánica, Ntotal: nitrógeno total, P: fósforo, K: potasio, Ca: calcio, Mg: magnesio, Na: sodio.

Evaluación de variables del desarrollo de la parte aérea planta de frijol.

De las variables evaluadas de la planta se observa una diferencia de la interacción del tiempo de exposición del plástico \times la presencia o no de lombrices en la altura de la planta a 45 DDS. De los factores tiempo de exposición del plástico \times película plástica en la variable del número de hojas a los 45 DDS de igual manera se observan diferencias en las interacciones de los factores (Cuadro 5). Los resultados obtenidos en el estudio tienen una significancia estadística dentro del límite crítico. Por lo que estas diferencias no se pueden atribuir a que verdaderamente hay un efecto de los tratamientos, considerándose como un falso positivo (Paulos, 1990) (Cuadros 5, 7, 9).

Cuadro 5. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable (PLA) en la evaluación de parámetros del desarrollo de la parte aérea de la planta de frijol a los 45 DDS.

Factores	Altura de la planta (cm)		Número hojas		Biomasa aérea húmeda (g)		Biomasa aérea seca (g)		Días a Floración	
Tiempo de exposición del plástico - TE	0.91	ns	0.55	ns	0.88	ns	0.83	ns	0.08	ns
Película plástica - PP	0.90	ns	0.71	ns	0.40	ns	0.09	ns	0.27	ns
Lombrices - L	0.46	ns	0.49	ns	0.37	ns	0.49	ns	0.84	ns
PP×TE	0.56	ns	0.04	*	0.29	ns	0.75	ns	0.23	ns
L×TE	0.05	*	0.80	ns	0.21	ns	0.35	ns	0.12	ns
PP×L	0.85	ns	0.88	ns	0.82	ns	0.95	ns	0.34	ns
PP×L×TE	0.22	ns	0.18	ns	0.21	ns	0.16	ns	0.35	ns
R ²	0.19		0.25		0.23		0.17		0.31	
Desviación estándar residual (σ)	31.99		13.50		34.73		17.56		2.35	

* Significativas ($P \leq 0.05$) y ns: No significativo ($P > 0.05$).

PP: Película plástica, L: Lombrices y TE: Tiempo de exposición. DDS: Días después de siembra.

Mejía Peláez (2017) evaluó el efecto de micro plásticos al suelo en trigo y encontró diferencias en el desarrollo de la planta según el tipo de película plástica, sin embargo, se utilizó un plástico biodegradable con una composición en base a almidón, que por sus propiedades mecánicas y físicas generan una gran demanda de agua, para que las enzimas vayan degradando el plástico (Ziyad, 2015). Debido a esto se considera que genera condiciones de competencia hídrica con la planta, generando un estrés y trayendo como consecuencia la disminución notablemente significativa en la biomasa aérea y radicular de la planta de trigo (*Triticum aestivum* L.).

Los mayores valores de la altura de la planta a los 45 DDS se dieron en el tiempo de exposición de 0 días en ausencia de lombrices, excluyendo el factor del tipo de plástico. Las interacciones del tiempo de exposición del plástico a las condiciones ambientales en 45 días con la ausencia de lombrices y plástico sin exposición (0 días) en presencia de lombrices, presentaron plantas de menor altura según lo observado (Cuadro 6).

Altura de las plantas. Se observa levemente afectada por la interacción del tiempo de exposición de los plásticos, generándose, así como un estrés fisiológico de la planta, este se define como eu-estrés que se considera un estrés positivo en la planta y el dis-estrés que es un estrés negativo (Lichtenthaler, 2006). En este caso se presenta un eu-estrés en la planta, en el cual se observa que, sin exponerlo, las condiciones que genera la incorporación de plástico en ausencia de lombrices se obtuvo una mayor altura de la planta. El tipo de plástico no tiene ninguna influencia en el estrés presentado. Al contrario, el estudio de Mejía Peláez

(2017) si observó una correlación positiva entre el estrés de la planta y los tipos de plástico, e identificó un eu-estrés con las partículas de PEBD y un dis-estrés con el plástico biodegradable. Por otra parte, se observó que hubo una competencia entre las lombrices y la planta, de igual manera en el estudio Mejía Peláez (2017).

Cuadro 6. Efecto del tiempo de exposición de los plásticos y la presencia de lombrices en el suelo, en la altura de las plantas de frijol a 45 DDS.

Lombrices	Tiempo de exposición del plástico (días)	Altura de la planta (cm) 45 DDS
Presencia	0	81.1 b ^ε
Presencia	45	109.6 ab
Presencia	90	99.5 ab
Ausencia	0	125.0 a
Ausencia	45	85.6 b
Ausencia	90	103.8 ab
R ²		0.2
Desviación estándar residual (σ)		31.9

^ε Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Número de hojas. A los 39 DDS la planta manifestó un leve efecto de la interacción entre el tipo de película plástica y el tiempo de exposición (Cuadro 7), sin embargo, al dar seguimiento a esta, a través de la medición semanal de esta variable, también se encontró el mismo efecto a los 45 DDS (Cuadros 5 y 7). El aumento del número de hojas se puede atribuir a un estrés de la planta; ya que comenzó a generar un mayor número de hojas más pequeñas comparado con los otros tratamientos, sin embargo, este no se considera plenamente significativo. El crecimiento excesivo de hojas retrasa la altura de la planta y de igual manera su desarrollo natural. Este comportamiento es inusual en el frijol, ya que en estrés hídrico la planta se ve afectada en los órganos vegetativos, pero no en los reproductivos o en el crecimiento (Reyes-Matamoros, Martínez-Moreno y Rueda-Luna, 2014).

Este comportamiento del aumento del número de hojas también se evidencia en el estudio de Mejía Peláez (2017), donde el trigo aumentó su biomasa aérea con un mayor número de hojas. Cabe anotar que la fisiología de la planta es completamente diferente, ya que el trigo se considera una gramínea con hojas alargadas y rectas. Al contrario del frijol que es una planta de crecimiento indeterminado trepador. Este comportamiento se dio ya que a la planta se le dio soporte en su desarrollo.

Cuadro 7. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable (PLA) en la evaluación de parámetros del desarrollo del número de hojas de las plantas de a los 12, 26, 33, 38 y 45 DDS.

Factores	Número de hojas DDS					
	12	19	26	33	39	45
Tiempo de exposición del plásticos - TE	0.37 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.86 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.65 ^{ns}	0.54 ^{ns}
Película plástica - PP	0.32 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.80 ^{ns}	0.71 ^{ns}	0.70 ^{ns}	0.71 ^{ns}
Lombrices - L	0.32 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.45 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.49 ^{ns}
PP×TE	0.37 ^{ns}	0.57 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.05 [*]	0.05 [*]
L×TE	0.37 ^{ns}	0.97 ^{ns}	0.67 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.79 ^{ns}
PP×L	0.32 ^{ns}	0.66 ^{ns}	0.68 ^{ns}	0.45 ^{ns}	0.57 ^{ns}	0.88 ^{ns}
PP×L×TE	0.37 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.77 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.20 ^{ns}
R ²	0.23	0.21	0.09	0.19	0.25	0.25
Desviación estándar residual (σ)	0.43	2.99	5.21	14.93	22.15	23.77

* Diferencias significativas ($P \leq 0.05$) y ns: No significativo ($P > 0.05$).

PP: Película plástica, L: Lombrices y TE: Tiempo de exposición. DDS: Días después de siembra.

Los mayores valores para el número de hojas a los 39 y 45 DDS se dieron en el tiempo de exposición de 0 días en el tipo de la película plástica sin exponer al ambiente PEBD, excluyendo el factor ausencia y presencia de lombrices. Las interacciones ($P \leq 0.05$) del tiempo de exposición del plástico a los 0 días de exposición con la película plástica biodegradable muestran el menor número de hojas a los 39 y 45 DDS. Las interacciones entre el tiempo de exposición a los 45 y 90 días en ambas películas plásticas no tienen una diferencia significativa en el número de hojas, el número de hojas a los 45 DDS × tiempo de exposición de 90 días con película plástica PEBD que presenta un menor número de hojas presenta una significancia que se encuentra en el límite (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de tipos de películas plásticas y tiempo de exposición de los plásticos, en el número de hojas de las plantas de frijol a los 39 y 45 DDS.

Película Plástica	Tiempo de exposición del plástico (días)	Número de hojas	
		39 DDS	45 DDS
BIO [‡]	0	46.1 b [‡]	63.5 b [‡]
BIO	45	67.3 ab	78.9 ab
BIO	90	58.3 ab	76.3 ab
PEBD [‡]	0	71.0 a	89.8 a
PEBD	45	56.8 ab	75.1 ab
PEBD	90	51.3 ab	61.3 b
R ²		0.3	0.3
Desviación de los residuales (σ)		22.3	23.8

[‡]Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

[‡]BIO: Biodegradable[‡] y PEDB: Polietileno de baja densidad.

Crecimiento de la planta. Hubo una ligera diferencia en dos tiempos los cuales fueron en el desarrollo del cultivo, en el factor de la presencia y ausencia de lombrices a los 19 DDS y 45 DDS con la interacción de lombrices \times tiempo de exposición (Cuadro 9). El crecimiento de la planta fue homogéneo hasta el día 19, en donde se ve la influencia de las lombrices.

Cuadro 9. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable en la evaluación del número de hojas de las plantas de a los 12, 19, 26, 33, 38 y 45 DDS.

Factores	Crecimiento de la planta DDS					
	12	19	26	33	39	45
Tiempo de exposición del plástico - TE	0.40 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.64 ^{ns}	0.49 ^{ns}	0.95 ^{ns}	0.91 ^{ns}
Película plástica - PP	0.31 ^{ns}	0.90 ^{ns}	0.82 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.90 ^{ns}
Lombrices - L	0.68 ^{ns}	0.03 [*]	0.68 ^{ns}	0.81 ^{ns}	0.93 ^{ns}	0.46 ^{ns}
PP×TE	0.47 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.55 ^{ns}
L×TE	0.44 ^{ns}	0.44 ^{ns}	0.59 ^{ns}	0.54 ^{ns}	0.60 ^{ns}	0.04 [*]
PP×L	0.61 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.77 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.85 ^{ns}
PP×L×TE	0.71 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.72 ^{ns}	9.62 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.21 ^{ns}
R ²	0.16	0.31	0.23	0.11	0.11	0.19
Desviación estándar residual (σ)	2.85	2.37	6.59	22.63	32.03	37.36

* Significativas ($P \leq 0.05$) y ns: No significativo ($P > 0.05$).

PP: Película plástica, L: Lombrices y TE: Tiempo de exposición. DDS: Días después de siembra.

El mayor crecimiento de las plantas a los 19 DDS se dio a la presencia de lombrices. Las plantas de frijol presentaron un mayor crecimiento a los 19 DDS en presencia de lombrices (Cuadro 10). *L. terrestris* es una especie anécica que pasa la mayor parte de su tiempo bajo la capa superficial del suelo, creando galerías verticales, e intercambio de nutrientes dentro del suelo (Lavelle, Lattaud y Trigo, 1995). Las lombrices son organismos de alta importancia en el suelo, ya que ayudan a la descomposición de la materia orgánica. Estas crean túneles que ayudan con la infiltración del agua (Coleman, Callaham, y Crossley, 2018). En el estudio de Mejía Peláez (2017), se evidencia que solamente en el crecimiento de la planta con la presencia de lombrices, al inicio del experimento, luego esto cambia al final del experimento.

Cuadro 10. Efecto de la presencia o ausencia de las lombrices en el crecimiento de las plantas de frijol a los 19 días después de siembra DDS.

Lombrices	Crecimiento 19 DDS
Presencia	7.01 a [€]
Ausencia	5.40 b
R ²	0.31
Desviación de los residuales (σ)	2.37

[€]Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Evaluación de variables del desarrollo de la parte radicular de frijol.

Las variables evaluadas con la biomasa radicular de la planta no muestran una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la interacción de ninguno de los factores de película plástica, tiempo de exposición, presencia y ausencia de lombrices, ni en ninguna de sus interacciones (Cuadro 11). La raíz del frijol se caracteriza por ser pivotante, si bien no se encuentra una diferencia significativa, se pudo observar que la raíz pivotante crecía al borde de la maceta. La planta evita de cierta manera el impedimento de los plásticos en el crecimiento del sistema radical de la planta de frijol, considerando que la mayor cantidad de plásticos se encontraba en el centro de las macetas.

El caso contrario se dio en la investigación de Mejía Peláez (2017), con plantas de trigo, poseen un tipo de raíz fasciculada; mucho más densa, teniendo más contacto con los plásticos y creando mayor estrés en su crecimiento. El trigo con el plástico biodegradable tuvo un menor crecimiento radicular, y con los PEBD se produce una mayor cantidad de raíces debido al eu-estrés, llevando a tener un mayor crecimiento foliar.

Cuadro 11. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable (PLA) en la evaluación de parámetros del desarrollo radicular de la planta a los 45 DDS.

Factores	Largo de raíces (cm)	Área de raíces (cm ²)	Diámetro de raíces (mm)	Volumen de raíces (cm ³)
Tiempo de exposición del plástico - TE	0.68 ^{ns}	0.76 ^{ns}	0.75 ^{ns}	0.93 ^{ns}
Película plástica - PP	0.60 ^{ns}	0.84 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.73 ^{ns}
Lombrices - L	0.51 ^{ns}	0.89 ^{ns}	0.94 ^{ns}	0.60 ^{ns}
PP×TE	0.42 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.70 ^{ns}	0.24 ^{ns}
L×TE	0.68 ^{ns}	0.59 ^{ns}	0.88 ^{ns}	0.44 ^{ns}
PP×L	0.65 ^{ns}	0.76 ^{ns}	0.73 ^{ns}	0.85 ^{ns}
PP×L×TE	0.09 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.63 ^{ns}	0.23 ^{ns}
R ²	0.20	0.20	0.09	0.18
Desviación estándar residual(σ)	755.60	241.64	0.43	2.85

* Significativas ($P \leq 0.05$) y ns: No significativo ($P > 0.05$).

PP: Película plástica, L: Lombrices y TE: Tiempo de exposición. DDS: Días después de siembra.

Evaluación del efecto de las lombrices sin plástico en el suelo con cultivo de frijol.

Las variables evaluadas como altura de la planta, número de hojas, biomasa aérea, días de floración y biomasa radicular, de la planta no muestran una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con la presencia o ausencia de lombrices sin plástico, en el desarrollo de la biomasa aérea y radicular de la planta de frijol a los 45 DDS (Cuadros 12 y 13). El resultado que Mejía Peláez (2017) obtuvo en su investigación no se observó diferencias significativas en

los tratamientos sin partículas de plástico biodegradable o convencional. Sí se encontraron diferencias significativas con los diferentes tamaños de partículas plásticas que se utilizaron en el experimento.

Cuadro 12. Efecto de las lombrices de tierra en la evaluación de parámetros del desarrollo de la parte aérea de la planta de frijol en suelo sin plástico a los 45 DDS sin plásticos.

Factores	Altura de la planta (cm)	Número hojas	Biomasa aérea húmeda (g)	Biomasa aérea seca (g)	Días a Floración
Lombrices	0.08 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.12 ^{ns}
R ²	0.39	0.19	0.23	0.43	0.43
Desviación estándar residual (σ)	18.85	19.33	8.73	3.55	3.16

DDS: días después de siembra

Cuadro 13. Efecto de las lombrices de tierra en la evaluación de parámetros del desarrollo radicular de la planta de frijol en suelo sin plástico a los 45 DDS sin plástico.

Factores	Largo (cm)	Área (cm²)	Diámetro (mm)	Volumen (cm³)
Lombrices - L	0.23 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.09 ^{ns}
R ²	0.27	0.50	0.40	0.49
Desviación estándar residual (σ)	979.63	137.97	0.29	2.52

DDS: días después de siembra

Evaluación del efecto de los plásticos y tiempo de exposición en las lombrices.

La variable de las lombrices vivas al final, muestran una diferencia muy significativa ($P \leq 0.05$) en la interacción de los factores tiempo de película plástica \times exposición del plástico. A pesar de esto, no se encuentra ningún patrón relacionado a los factores. El tiempo de exposición del plástico y la película plástica no muestran diferencias significativas de manera independiente en el desarrollo de las lombrices (Cuadro 14).

Cuadro 14. Efecto de la incorporación de plásticos convencional de polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable (PLA) en la evaluación de parámetros del desarrollo de las lombrices en un ambiente, con diferentes tiempos de exposición plástico.

Factores	Lombrices vivas al final del experimento
Película plástica - PP	0.3614 ns
Tiempo de exposición del plástico - TE	0.9999 ns
PP×TE	0.0002 ***
R ²	0.26
Desviación estándar residual (σ)	0.87

*** Muy significativa (P 0.01 a 0.0001), * Significativas (P ≤ 0.05) y ns: No significativo (P > 0.05).

PP: Película plástica y TE: Tiempo de exposición.

La interacción de los factores de la película plástica PEBD y biodegradable × tiempo de exposición en 45 y 90 días respectivamente, tienen el menor número de lombrices vivas al final del experimento (Cuadro 15). Independientemente del tipo de película plástica, las lombrices se mantienen a través del tiempo de cultivo cuando el plástico no ha sido expuesto al ambiente (P ≤ 0.05). Cuando el plástico ha sido expuesto al ambiente, causan una influencia en las lombrices, que no es clara, ya que a 45 días de exposición del plástico biodegradable se mantiene un número alto de lombrices vivas, pero con el mismo tiempo de exposición con el plástico convencional disminuye ese número. Contrario a cuando la exposición del plástico es de 90, en ese tiempo las lombrices en el plástico biodegradable disminuyen, no así en el plástico convencional.

Mejía Peláez (2017) reportó disminución del número de lombrices (*Lumbricus terrestris*) vivas por efecto de microplásticos biodegradables de almidón con un tamaño de partícula < 1mm. El plástico biodegradable posiblemente por efecto de la descomposición a ese tiempo genera un impedimento que no permite a la lombriz desarrollarse adecuadamente. El estudio de Huerta et al. (2016) menciona que hay una mortalidad en las lombrices de tierra expuestas a un ambiente con microplásticos PEBD con un tamaño de < 50µm incorporados en el estudio, a partir de los 60 días con concentraciones de 28, 45 y 60% de microplásticos, de igual manera la tasa de crecimiento de las lombrices se ve reducida.

Cuadro 15. Efecto de la película plástica biodegradable y PEBD y tiempo de exposición de los plásticos, en las lombrices a los 45 DDS.

Película Plástica	Tiempo de exposición	Lombrices vivas al final
BIO	0	1.5 a [€]
BIO	45	1.8 a
BIO	90	0.5 b
PEBD	0	1.8 a
PEBD	45	0.5 b
PEBD	90	1.5 a
R2		0.3
Desviación estándar residual (σ)		0.9

[€]Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

[£]BIO: Biodegradable[¥] y PEBD: Polietileno de baja densidad.

DDS: días después de siembra

4. CONCLUSIONES

- La incorporación de macro plásticos biodegradable y convencional, no tuvo efecto en el desarrollo del cultivo de frijol, pero se observó un efecto en las lombrices sin un patrón determinado con respecto al tipo de plástico y al tiempo de exposición.
- La presencia de la lombriz de tierra no posee un efecto significativo en el desarrollo del cultivo de frijol con plástico incorporado.
- Los macro plásticos evaluados en diferentes tiempos de exposición no generó ningún efecto al incorporarlos al suelo en el cultivo de frijol.

5. RECOMENDACIONES

- Utilizar plástico biodegradable, su efecto no difiere del plástico convencional, ya que no se encuentra diferencia significativa entre ambos plásticos para el crecimiento del cultivo de frijol.
- Evaluar efectos que generen diferentes micro plásticos biodegradables en la actividad de lombrices sin cultivo incorporado.
- Evaluar el efecto del micro plástico convencional y biodegradable con diferentes tiempos de exposición en la actividad de lombrices sin un cultivo incorporado.
- Identificar los compuestos que pueden llegar a liberar el plástico convencional y biodegradable al incorporarse en el suelo y su posible toxicidad al convertirse en micro plásticos.

6. LITERATURA CITADA

- Berardocco, H. (2004). *Acolchado plástico*. Universidad Andina Simón Bolívar, Sucre-Bolivia.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. (2011). Microplastics as contaminants in the. *Marine Pollution*, 62(12), 2588-2597.
- Coleman, D., Callaham, M., & Crossley, D. (2018). *Fundamentals of soil Ecology* (Vol. 3). Chennai-India: ELSEVIER. Obtenido de https://books.google.hn/books?hl=es&lr=&id=tgRQCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Fundamentals+of+soil+Ecology&ots=OoJDgZOjDK&sig=5nHJV-ebTaGncDwwBij2vgTETc&redir_esc=y#v=onepage&q=Fundamentals%20of%20soil%20Ecology&f=false
- Company, B. T. (2019). *Estados Unidos Patente n° RSCO-INAC-0101A-325-064-039*.
- Daza, N., Rubio, P., Martínez, C., Durán, P., & Segura, A. (2009). *Estrés nutricional de las plantas* (Vol. 154). Fisiología vegetal ambiental.
- Delgado, A. E., Aperador, W., & Bautista Ruíz, J. H. (2011). Optical properties of ldp films with different additives mixtures. *Ingeniería y ciencia*, 17(15), 49-70.
- English, M., Schaeffer, S., DeBruyn, J., Flury, M., Miles, C., Hayes, D., & Bandopadhyay. (2016). *Soil Carbon and Biodegradable Mulches*. Tennessee: United States Department of Agriculture.
- Espí, E., Salmerón, A., Fontecha, Y., García, A., & Real, I. (2006). Plastic Films for Agricultural Applications. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 22(2), 85-102.
- Góngora, J. P. (septiembre de 2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Revista Comercio Exterior Bancomext*, 64(5), 6-9.
- Huerta, E., Gertsen Hennie, Gooren, H., Peters, P., Salánki, T., Van der Ploeg, M., . . . Geissen, V. (2016). Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for Lumbricus. *Environmental Science Technology*, 50(5), 2685-2691.
- Kasirajan, S., & Ngouajio, M. (December de 2012). Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(2), 501-529.
- Lavelle, P., Lattaud, C., Trigo, D., & Barois, I. (1995). Mutualism and biodiversity in soils. *The significance and Regulation of Soil Biodiversity*, 63, 23-33.
- Lichtenthaler, H. (07 de February de 2006). The Stress Concept in Plants: An Introduction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 851(1), 187-198.
- Mejía Peláez, A. (2017). *Evaluación del efecto de la incorporación de dos tipos de plásticos (biodegradable y convencional) y la actividad de lombrices en suelos arenosos en*

- trigo (Triticum aestivum L.)*. Tesis de licenciatura no publicada, Escuela Agrícola Panamericana, Francisco Morazán, Honduras:
- O'Brine, T., & Thompson, R. (December de 2010). Degradation of plastic carrier bags in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 60(12), 2279-2283.
- Paulos, J. (1990). *El hombre anumérico - El analfabetismo matemático y sus consecuencias* (Vol. 1). Barcelona: Turquest Editores S. A.S .
- Reyes-Matamoros, J., Martínez-Moreno, D., Rueda-Luna, R., & Rodríguez-Ramírez, T. (2014). Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de invrenadero. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(2), 192-203.
- Rhoades, J., Chanduvi, F., & Lesch, F. (1999). *Soil Salinity assessment - Methods and interpretation of electrical conductivity measurements*. United States: FAO.
- Ríos, Y. (2005). *Importancia de las lombrices en la agricultura*. Tesis de ingeniería no publicada, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Barquesimeto, Venezuela:
- Rosas, J. C. (2006). *Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica*. Programa de Investigaciones en Frijol (PIF).
- Shah, A., Hasan, F., Hameed, A., & Ahmed, S. (31 de January de 2008). Biological degradation of plastics. *Biotechnology Advances*, 26(3), 246-265.
- Syngenta. (17 de Septiembre de 2017). *Chile Patente n° 1719*. Obtenido de Syngenta: https://www.syngenta.cl/sites/g/files/zhg471/f/proclaim_ene2018.pdf?token=1515416627
- Ucles Guifarro, G. A. (2011). *Cuatro colores de mulch plástico y mulch orgánico en la incidencia de áfidos y mosca blanca, y rendimientos y sacarosa disuelta (°Bx) en melón*. Tesis de licenciatura no publicada, Escuela Agrícola Panamericana, Francisco Morazán, Honduras.
- Vert, M., Chen, J., Hellwich, K.-H., Hodge, P., Nakano, T., Scholz, C., . . . Vohlidal, J. (05 de December de 2018). Recommendations and Terminology for Lactic acid-based Polymers. *Pure and Applied Chemistry*, 485-870.
- Zenner de Polonía, I., & Peña Barazaldo, F. (2013). Plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental: una revisión. *Revista UDCA*, 16(1), 139-150.
- Ziyad, T. (2015). *Physical and Chemical Investigations of Starch Based Bio-Plastics*. Tesis de ingeniería no publicada, University of Leicester, Leicester, Inglaterra.