

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	CODIGO: AAAr113
	<b>PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO</b>	VERSION:1
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	PAGINA: 1 de 8

<b>FECHA</b>	miércoles, 26 de julio de 2017
--------------	--------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Girardot

<b>SEDE/SECCIONAL/EXTENSIÓN</b>	Seccional Girardot
---------------------------------	--------------------

<b>DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
------------------	------------------

<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
---	----------

<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Ambiental
---------------------------	----------------------

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>NO. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
DANIEL CALDERON	LILIA STEPHANIE	
RAMOS FANDIÑO	BERNARDO ANDRES	

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	CODIGO: AAAr113
	<b>PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO</b>	VERSION:1
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	PAGINA: 2 de 8

Director(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
MAYORGA	GERLY

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
Diseño experimental a pequeña escala de un sistema de biodegradación de poliestireno generado en el Área de Educación y Recreación del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago mediante la utilización de larvas de <i>Tenebrio molitor</i>

<b>SUBTÍTULO</b> (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b> Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Ingeniero Ambiental

<b>AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO</b>	<b>NUMERO DE PÁGINAS (Opcional)</b>
2017	98

<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS: (Usar como mínimo 6 descriptores)</b>	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
Sustrato	substrate
poliestireno	polystyrene
Tenebrio	Tenebrio
molitor	molitor
biodegradación	biodegradation

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	CODIGO: AAAr113
	<b>PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO</b>	VERSION:1
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	PAGINA: 3 de 8

**RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS: (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres):**

El poliestireno es comúnmente considerado resistente a la degradación y por su corta vida útil se ha generado una acumulación excesiva de este material contaminante en el ambiente. En un análisis reportado por Wei-Min Wu (2015), comprobó que la larva de *Tenebrio molitor* era capaz de comer y digerir poliestireno. En esta propuesta se diseña un sistema experimental para la implementación de este descubrimiento en la biodegradación del poliestireno generado como residuo por el área de Educación y Recreación del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago. Se midió la cantidad promedio de residuos de EPS generados, obteniendo un promedio de generación mensual de 3,12 Kg, posterior a esto 1800 larvas fueron colocadas durante 30 días en recipientes plásticos en seis tratamientos con 3 repeticiones, se implementaron 6 sustratos diferentes todos con bloques de EPS del mismo peso, cada una con 100 individuos dispuestos completamente al azar, con esto se demostró que al suministrar una fuente de agua como lo es la zanahoria se mejora la eficiencia del proceso de biodegradación. El presente estudio arroja resultados mejores a los obtenidos por los científicos de la universidad de Stanford, mostrando un aumento significativo en todos los parámetros que se midieron y que se compararon. Donde el tratamiento 1 (A1Z1= EPS, sin sustrato, + 100 g zanahoria) fue el más efectivo a la hora de biodegradar el material, biodegradando un 62% del peso total del material y a su vez, fue el que tuvo mayor ganancia de biomasa, y menos cantidad de individuos que puparon, por otro lado el tratamiento menos efectivo fue el tratamiento 6 (A3Z2= EPS, harina de trigo, + sin zanahoria). Esta es una técnica biotecnológica novedosa que se presenta como una solución ambientalmente amigable a la problemática de los residuos plásticos en el ambiente, ya que estos reducen la vida útil de los rellenos sanitarios.

Polystyrene is commonly considered resistant to degradation and due to its short useful life, an excessive accumulation of this polluting material has been generated in the environment. In an analysis reported by Wei-Min Wu (2015), it was found that the *Tenebrio molitor* larva was capable of eating and digesting polystyrene. In this proposal, an experimental system is designed for the implementation of this discovery in the biodegradation of polystyrene generated as waste by the Education and Recreation area of the Piscilago Recreational Park and Zoo. The average amount of EPS waste generated was measured, obtaining an average monthly generation of 3.12 Kg, after which 1800 larvae were placed for 30 days in plastic containers in six treatments with 3 repetitions, 6 different substrates were implemented, all with EPS blocks of the same weight, each with 100 individuals completely randomly arranged, with this it was shown that by supplying a source of water such as carrots, the efficiency of the biodegradation process is improved. The present study yielded better results than those obtained by scientists from Stanford University, showing a significant increase in all the parameters that were measured and compared. Where treatment 1 (A1Z1= EPS, without substrate, + 100 g carrot) was the most effective when it came to biodegrading the material, biodegrading 62% of the total weight of the material and, in turn, was the one with the highest biomass gain. , and fewer individuals that pupated, on the other hand, the least effective treatment was treatment 6 (A3Z2= EPS, wheat flour, + no carrot). This is a novel biotechnological technique that is presented as an environmentally friendly solution to the problem of plastic waste in the environment, since it reduces the useful life of landfills.

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	CODIGO: AAAr113
	<b>PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO</b>	VERSION:1
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	PAGINA: 4 de 8

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "x":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	X	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades	X	

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	CODIGO: AAAr113
	<b>PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO</b>	VERSION:1
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	PAGINA: 5 de 8

que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.		
6. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *“Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	CODIGO: AAAr113
	<b>PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO</b>	VERSION:1
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	PAGINA: 6 de 8

de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI**

     **NO**   x  .

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	CODIGO: AAAr113
	<b>PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO</b>	VERSION:1
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	PAGINA: 7 de 8

contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicarse siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional, cuyo texto completo se puede consultar en [biblioteca.unicundi.edu.co](http://biblioteca.unicundi.edu.co)

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons : Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	CODIGO: AAAr113
	<b>PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO</b>	VERSION:1
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	PAGINA: 8 de 8

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Título Trabajo de Grado o Documento.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Diseño experimental a pequeña escala de un sistema de biodegradación de poliestireno generado en el Área de Educación y Recreación del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago mediante la utilización de larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA
DANIEL CALDERON LILIA STEPHANIE	<i>Lilia Stephanie Daniel C.</i>
RAMOS FANDIÑO BERNARDO ANDRES	<i>Bernardo Ramos Fandiño</i>

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Diseño experimental a pequeña escala de un sistema de biodegradación de poliestireno generado en el Área de Educación y Recreación del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago mediante la utilización de larvas de *Tenebrio molitor*

**INTEGRANTES**

**LILIA STEPHANIE DANIEL CALDERON**  
**Código: 363207205**

**BERNARDO ANDRES RAMOS FANDIÑO**  
**Código: 363208225**

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL  
GIRARDOT-CUNDINAMARCA  
2017

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Diseño experimental a pequeña escala de un sistema de biodegradación de poliestireno generado en el Área de Educación y Recreación del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago mediante la utilización de larvas de *Tenebrio molitor*

**INTEGRANTES**

**LILIA STEPHANIE DANIEL CALDERON**  
**Código: 363207205**

**BERNARDO ANDRES RAMOS FANDIÑO**  
**Código: 363208225**

**Trabajo de grado, para optar por el título de Ingeniero Ambiental**

**Director**  
**GERLY MAYORGA**  
**Administrador del Medio Ambiente y**  
**ESP. Sistemas de Gestión Integrada**

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL  
GIRARDOT-CUNDINAMARCA  
2017



Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente a mis hijas; ya que ellas fueron quienes me impulsaron para no desfallecer y lograr este primer peldaño en mi vida profesional, de igual manera a mi familia y amigos ya que ellos de una u otra manera creyeron en mí y siempre estuvieron ahí brindándome su apoyo incondicional. A mi esposo quien en los momentos que caía con su ánimo me levantaba para que siguiera adelante

**Lilia Stephanie Daniel Calderón**

Agradezco principalmente a mi familia, quienes a pesar de todo siempre confiaron en mí y son quienes me han motivado para sacar adelante mi carrera, a mi novia quien me acompañó y me ayudó a superar los obstáculos que se atravesaban en el camino. A los docentes del programa de ingeniería ambiental a quienes en determinado momento acudí en busca de respuestas.

**Bernardo Andrés Ramos Fandiño**

## CONTENIDO

1.	RESUMEN .....	10
2.	INTRODUCCION .....	11
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
4.	JUSTIFICACION .....	16
5.	OBJETIVOS .....	18
5.1.	GENERAL .....	18
5.2.	ESPECIFICOS .....	18
6.	MARCO REFERENCIAL .....	19
6.1.	MARCO TEÓRICO .....	19
6.1.1.	EL PLASTICO .....	19
6.1.2.	POLIESTIRENO .....	21
6.1.3.	EL POLIESTIRENO EXPANDIDO (ICOPOR) .....	22
6.1.4.	PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA AI EPS .....	23
6.1.5.	RECICLAJE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN COLOMBIA .....	24
6.1.6.	ANTECEDENTES .....	25
6.1.7.	ESCARABAJO MOLINERO (COLEÓPTERA: TENEBRIONIDAE: <i>Tenebrio molitor</i> L.) 26	
6.1.8.	ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) .....	29
6.1.9.	PRUEBA DE FISHER .....	31
6.1.10.	KRUSKAL WALLIS .....	32
6.1.11.	COEFICIENTE DE CORRELACION .....	32
6.2.	MARCO CONCEPTUAL .....	34
6.2.1.	BIOMASA .....	34
6.2.2.	POLIESTIRENO .....	34
6.2.3.	POLIESTIRENO EXPANDIDO O EPS .....	34
6.2.4.	SUSTRATO .....	34
6.2.5.	COSUSTRATO .....	35
6.2.6.	COMETABOLISMO .....	35
6.2.7.	BIODEGRADACION .....	35
6.2.8.	RELLENO SANITARIO .....	35
6.2.9.	RESIDUOS SOLIDOS .....	36
6.3.	MARCO LEGAL .....	37
7.	DISEÑO METODOLOGICO .....	39
7.1.	UBICACIÓN .....	39
7.1.1.	MACROLOCALIZACIÓN .....	39
7.1.2.	MICROLOCALIZACIÓN .....	40
7.2.	UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA .....	41
7.2.1.	UNIVERSO .....	41
7.2.2.	POBLACION .....	41
7.2.3.	MUESTRA .....	42
7.3.	TÉCNICAS O INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	42

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

7.4.	MÉTODO DE ANÁLISIS.....	42
7.5.	INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS.....	42
7.6.	METODOLOGÍA.....	44
7.6.1.	FASE I: RECOPIACION Y ANALISIS DE LA INFORMACION .....	44
7.6.2.	FASE II: MONTAJE DEL PIE DE CRÍA O LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	44
7.6.3.	FASE III: PRUEBAS DE ALIMENTACION.....	47
7.6.4.	FASE IV: CUANTIFICACION DE RESIDUOS DE POLIESTIRENO GENERADOS ...	50
7.6.5.	FASE V: % SOBREVIVENCIA, BIOMASA Y PORCENTAJE DE BIODEGRADACION. 51	
7.6.6.	FASE VI: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	51
7.6.7.	FASE VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
7.7.	RECURSOS .....	52
7.7.1.	HUMANOS .....	52
7.7.2.	INSTITUCIONALES.....	52
7.7.3.	FÍSICOS, LOGÍSTICOS Y/O TÉCNICOS .....	52
7.7.4.	RECURSOS ECONÓMICOS.....	52
7.8.	PRESUPUESTO.....	53
	MALLA ACERO-INOX. 1.2MX30M MOSQUETERA.....	53
7.9.	FINANCIAMIENTO .....	53
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	54
8.1.	ESTADISTICA DESCRIPTIVA .....	58
8.1.1.	ESTADISTICA DESCRIPTIVA DE LOS TRATAMIENTOS .....	61
8.2.	ANALISIS DE VARIANZAS .....	67
8.2.1.	BIOMASA INICIAL.....	67
8.2.2.	BIOMASA FINAL .....	68
8.2.3.	GANANCIA DE BIOMASA.....	69
8.2.4.	PESO INICIAL EPS .....	70
8.2.5.	PESO FINAL EPS .....	71
8.2.6.	PESO EPS BIODEGRADADO .....	72
8.2.7.	PORCENTAJE DE BIODEGRADACIÓN .....	73
8.2.8.	PRUEBAS FISHER. ....	75
8.2.9.	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN .....	78
8.2.10.	CURVAS DE CORRELACION.....	79
9.	CONCLUSIONES .....	86
10.	RECOMENDACIONES.....	88
11.	BIBLIOGRAFIA.....	89
12.	ANEXOS.....	94

### LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cantidad de residuos no aprovechables-inertes promedio generados en un mes por el PRZ Piscilago	13
Tabla 2 Descripción de las resinas más utilizadas y sus características.	20
Tabla 3 Recopilación Diferentes Métodos de Cría Para Tenebrio molitor L.	30
Tabla 4 Normatividad colombiana referente a la generación de residuos.	37
Tabla 5 Descripción Física del municipio de Nilo, Cundinamarca	40
Tabla 6 Modelo de ubicación de los 18 muestreos.	48
Tabla 7 Ubicación de las cajas de muestreo.	49
Tabla 8 Tratamientos del muestreo.	49
Tabla 9 Mediciones EPS en el Área de Educación y Recreación del PRZ Piscilago	50
Tabla 10 Presupuesto para el muestreo	53
Tabla 11 Porcentajes de estados del ciclo de vida de los individuos al finalizar el muestreo.	55
Tabla 12 Base de datos al iniciar el muestreo.	56
Tabla 13 Base de datos al finalizar el muestreo.	57
Tabla 14 Estadística descriptiva de las condiciones iniciales en general	58
Tabla 15 Estadística descriptiva de las condiciones finales de los individuos en general.	59
Tabla 16 Estadística descriptiva de los porcentajes de sobrevivencia y ganancia de biomasa para las condiciones finales de los tratamientos en general	60
Tabla 17 Estadística descriptiva de las condiciones finales para el EPS en general	60
Tabla 18 Estadística descriptiva de los tratamientos para las larvas iniciales	61
Tabla 19 Estadística descriptiva de los tratamientos para la biomasa inicial	61
Tabla 20 Estadística descriptiva de los tratamientos para el EPS inicial (g).	62
Tabla 21 Estadística descriptiva de los tratamientos para los individuos finales	63
Tabla 22 Estadística descriptiva de los tratamientos para las larvas finales	63
Tabla 23 Estadística descriptiva de los tratamientos para la biomasa final.	64
Tabla 24 Estadística descriptiva de los tratamientos para el porcentaje de biomasa	64
Tabla 25 Estadística descriptiva de los tratamientos para el porcentaje de sobrevivencia	65
Tabla 26 Estadística descriptiva de los tratamientos para el porcentaje de ganancia de biomasa	65
Tabla 27 Estadística descriptiva de los tratamientos para el peso final del EPS	65
Tabla 28 Estadística descriptiva de los tratamientos para el peso del EPS Biodegradado	66
Tabla 29 Estadística descriptiva de los tratamientos para el porcentaje de biodegradación	66
Tabla 30 Análisis de varianza de un factor para la Biomasa Inicial	67
Tabla 31 Análisis de varianza Biomasa inicial	67
Tabla 32 Análisis de varianza de un factor Biomasa final larvas	68
Tabla 33 Análisis de varianza Kruskall Wallis para la Biomasa final de las larvas.	68
Tabla 34 Análisis de varianza de un factor para la ganancia de biomasa	69
Tabla 35 Análisis de varianza Kruskall Wallis para la ganancia de biomasa.	69
Tabla 36 Análisis de un factor para el peso inicial del EPS	70
Tabla 37 Análisis de varianza para el peso inicial del EPS	70
Tabla 38 Análisis de un factor para el peso final EPS	71
Tabla 39 Análisis de varianza para el peso final EPS	72
Tabla 40 Análisis de un factor peso EPS biodegradado	72
Tabla 41 Análisis de varianza Kruskall Wallis para el EPS biodegradado	73
Tabla 42 Análisis de un factor para el porcentaje de biodegradación	73

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

<i>Tabla 43 Análisis de varianza Kruskal Wallis para el porcentaje de biodegradación</i>	74
<i>Tabla 44 Análisis de un factor para el porcentaje de biodegradación del tratamiento A<sub>1</sub>Z<sub>1</sub> y tratamiento A<sub>1</sub>Z<sub>2</sub></i>	75
<i>Tabla 45 Análisis de varianza para el porcentaje de biodegradación del tratamiento A1Z1 y tratamiento A1Z2</i>	75
<i>Tabla 46 Análisis de un factor para el porcentaje de biodegradación del tratamiento A1Z1 y tratamiento A2Z1</i>	76
<i>Tabla 47 Análisis de varianza para el porcentaje de biodegradación del tratamiento A1Z1 y tratamiento A2Z1</i>	76
<i>Tabla 48 Análisis de un factor para el porcentaje de biodegradación del tratamiento A1Z2 y tratamiento A3Z1</i>	77
<i>Tabla 49 Análisis de varianza para el porcentaje de biodegradación del tratamiento A1Z2 y tratamiento A3Z1</i>	77
<i>Tabla 50 Coeficiente de correlaciones entre los tratamientos</i>	78
<i>Tabla 51 Coeficiente de correlación del tratamiento A1Z1</i>	79
<i>Tabla 52 Coeficiente de correlación del tratamiento A1Z2</i>	80
<i>Tabla 53 Coeficiente de correlación tratamiento A2Z1</i>	81
<i>Tabla 54 Coeficiente de correlación tratamiento A2Z2</i>	82
<i>Tabla 55 Coeficiente de correlación tratamiento A3Z1</i>	83
<i>Tabla 56 Coeficiente de correlación tratamiento A3Z2</i>	84

### LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Porcentaje de residuos no aprovechables-inertes en promedio generados en un mes por el PRZ Piscilago. _____	14
<i>Figura 2</i> Etapas del ciclo de vida del <i>Tenebrio molitor</i> _____	27
<i>Figura 3</i> Formula para Tablas 2x2 (Prueba Fisher) _____	31
<i>Figura 4</i> Ubicación del municipio de Nilo, en el departamento de Cundinamarca. _____	39
<i>Figura 5</i> Ubicación del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago Fuente. Google Maps _____	41
<i>Figura 6</i> Termo higrómetro digital utilizado en el muestreo. _____	43
<i>Figura 7</i> Balanza analítica utilizada en el muestreo. _____	44
<i>Figura 8</i> Recipientes utilizados para la línea de producción y en el muestreo _____	45
<i>Figura 9</i> Cantidad de EPS generado en el Área de Educación y Recreación. _____	51
<i>Figura 10</i> EPS consumido por las larvas. _____	54
<i>Figura 11</i> Estados de vida de los individuos de cada tratamiento al finalizar el muestreo. _____	56
<i>Figura 12</i> Porcentaje de Biodegradación por tratamiento _____	74
<i>Figura 13</i> curva de correlación tratamiento A1Z1 _____	80
<i>Figura 14</i> Curva de correlación tratamiento A1Z2 _____	81
<i>Figura 15</i> Curva de correlación tratamiento A2Z1 _____	82
<i>Figura 16</i> Curva de correlación tratamiento A2Z2 _____	83
<i>Figura 17</i> Curva de correlación tratamiento A3Z1 _____	84
<i>Figura 18</i> Curva de correlación tratamiento A3Z2 _____	85

## 1. RESUMEN

El poliestireno es comúnmente considerado resistente a la degradación y por su corta vida útil se ha generado una acumulación excesiva de este material contaminante en el ambiente. En un análisis reportado por Wei-Min Wu (2015), comprobó que la larva de *Tenebrio molitor* era capaz de comer y digerir poliestireno. En esta propuesta se diseña un sistema experimental para la implementación de este descubrimiento en la biodegradación del poliestireno generado como residuo por el área de Educación y Recreación del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago. Se midió la cantidad promedio de residuos de EPS generados, obteniendo un promedio de generación mensual de 3,12 Kg, posterior a esto 1800 larvas fueron colocadas durante 30 días en recipientes plásticos en seis tratamientos con 3 repeticiones, se implementaron 6 sustratos diferentes todos con bloques de EPS del mismo peso, cada una con 100 individuos dispuestos completamente al azar, con esto se demostró que al suministrar una fuente de agua como lo es la zanahoria se mejora la eficiencia del proceso de biodegradación. El presente estudio arrojó resultados mejores a los obtenidos por los científicos de la universidad de Stanford, mostrando un aumento significativo en todos los parámetros que se midieron y que se compararon. Donde el tratamiento 1 (A1Z1= EPS, sin sustrato, + 100 g zanahoria) fue el más efectivo a la hora de biodegradar el material, biodegradando un 62% del peso total del material y a su vez, fue el que tuvo mayor ganancia de biomasa, y menos cantidad de individuos que puparon, por otro lado el tratamiento menos efectivo fue el tratamiento 6 (A3Z2= EPS, harina de trigo, + sin zanahoria). Esta es una técnica biotecnológica novedosa que se presenta como una solución ambientalmente amigable a la problemática de los residuos plásticos en el ambiente, ya que estos reducen la vida útil de los rellenos sanitarios.

**Palabras Clave:** *sustrato, poliestireno, Tenebrio molitor, biodegradación.*

## 2. INTRODUCCION

A medida que los países optan por el desarrollo, surgen comportamientos de consumismo desenfrenado principalmente de plásticos, lo cual trae consigo la generación de miles de toneladas de desechos diarios, además los procesos de aprovechamiento de estos residuos plásticos son complicados y costosos como el caso del poliestireno entre otros, por tal motivo es necesaria la implementación de diversas formas de mitigar esta problemática. Científicos de la Universidad de Stanford liderados por Wei-Min Wu realizaron un estudio con larvas *Tenebrio molitor* quien gracias a la simbiosis entre este con la cepa bacteriana *Exiguobacterium* sp. Cepa YT2<sup>1</sup>, permite que consuma el Poliestireno sin ocasionarle ningún tipo de problema al ciclo de vida normal del individuo, brindando una opción para mitigar esta problemática de importancia global. El consumo mundial actual de plástico sintético a base de petróleo es de aproximadamente 299 Mt / año.<sup>2</sup>

El Poliestireno (PS), al igual que todos los plásticos se ha considerado no biodegradable por décadas, y se utiliza ampliamente en nuestra vida diaria, con una producción mundial de aproximadamente 140 millones ton/año.<sup>3</sup> Los productos que se fabrican con este material, son generalmente de un solo uso y por ende su vida útil es relativamente corta. Este fuerte contraste entre el tiempo de degradación y su único uso ha conllevado a un aumento acelerado en la acumulación de residuos de este material<sup>4</sup>.

La mayor parte de estos residuos no reciben un manejo adecuado y son dispuestos finalmente en tiraderos a cielo abierto o en rellenos sanitarios o simplemente quedan dispuestos en el medio ambiente como contaminante.<sup>5</sup> Hasta la fecha, se creía que el plástico muy difícilmente podría ser biodegradado por los microorganismos y los invertebrados del suelo.<sup>6</sup> En investigaciones anteriores con bacterias no han mostrado resultados importantes sobre la biodegradación de plástico por microorganismos. Solo algunas bacterias habían aparentado degradar

---

<sup>1</sup> Yu Yang, Jun Yang, Wei-Min Wu, Jiao Zhao, Yiling Song, Longcheng Gao, Ruifu Yang, and Lei Jiang, Egg. Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 2. Role of Gut Microorganisms, 2015. p. 12087.

<sup>2</sup> Yu Yang, JUN Yang, WEI-MIN Wu, JIAO Zhao, YILING Song, LONGCHENG Gao, RUIFU Yang, LEI Jiang, Environmental science and technology. Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms. 2015

<sup>3</sup> PASCUAL, Esther. Erenovable.com. Bolsas de plástico biodegradables. 2015.

<sup>4</sup> YU Yang. Op. Cit., p.

<sup>5</sup> INGENIERÍA PARA EL CONTROL DE RESIDUOS MUNICIPALES. (1996)

<sup>6</sup> SEGURA, Daniel. NOGUEZ, Raúl y ESPÍN, Guadalupe. (2007)

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

el plástico pero en realidad no causaron alguna alteración significativa en la estructura física o química del material.<sup>7</sup>

Por otro lado diferentes invertebrados del suelo han sido probados pero sin presentar evidencia alguna de actividad metabólica relevante. Investigaciones recientes demostraron que las larvas de polilla india de la harina *Plodia interpunctella*<sup>8</sup> y la larva de *Tenebrio molitor*; fueron capaces de biodegradar material plástico a través de unas bacterias que poseen en su intestino. El *Tenebrio molitor* es una especie de escarabajo oscuro utilizado en bioterios como suplemento alimenticio de animales en zoológicos y mascotas.<sup>9</sup>

El presente trabajo se basa en el diseño experimental de un sistema a pequeña escala que posibilita el aprovechamiento del Poliestireno generado en el área de Educación y Recreación del PRZ Piscilago, mediante la utilización de las larvas de *Tenebrio molitor*. Se usaron 1800 larvas las cuales fueron distribuidas en cajas de polipropileno para los 6 tratamientos (con 3 repeticiones cada uno) para un total de 18 cajas (100 larvas por caja) y sometidas a 6 dietas diferentes, todas con un bloque de EPS del mismo peso, con el fin de comprobar que si al aportarles un sustrato o medio de crecimiento alternativo se logra mejorar la eficiencia de las larvas para biodegradar el material durante 30 días; tiempo usado por Weimin Wu en su investigación y mantenidos bajo condiciones controladas de temperatura y humedad. Antes de iniciar el experimento se tuvo en cuenta el número de larvas inicial, el peso inicial de la biomasa y el peso inicial de cada bloque de EPS, para luego al finalizar los 30 días del muestreo tomar nuevamente dichos datos y analizar las diferencias con los datos iniciales

---

<sup>7</sup> Ibid

<sup>8</sup> SHOJAADDINI, Mohammad, *et al.* A *Bacillus thuringiensis* strain producing epizootics on *Plodia interpunctella*: A case study (2012).

<sup>9</sup> Yu Yang, JUN Yang, WEI-MIN Wu, JIAO Zhao, YILING Song, LONGCHENG Gao, RUIFU Yang, LEI Jiang, *Environmental science and technology*. Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms. 2015

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo del EPS en los últimos años se ha aumentado desde los 10 M de Tm en 1978 hasta los 60 M Tm en el año 2000 de los cuales el 50% corresponde a USA y el resto se reparte por igual entre Europa y Japón, sin tener en cuenta los países latinoamericanos nos reporta que el consumo de plásticos en España en el 2000 fue de 2.0 M de Tm. (Arandes, et al., 2004)<sup>10</sup>.

El Parque Recreativo y Zoológico PRZ Piscilago de Colsubsidio recibe en promedio 1 millón de visitantes al año, por tal motivo necesita una gran cantidad de insumos para satisfacer a este gran número de usuarios, estos al ser utilizados generan residuos de diferentes características, algunos de estos pueden ser aprovechados como es el caso de algunos materiales de plástico del cual se generan unos 903,23 kg que equivalentes al 33% de los residuos reciclables en promedio por mes, entre estos se encuentra el Poliestireno expandido (EPS) o comúnmente denominado “icopor”, producido en su mayor parte por el área de alimentos y bebidas (menaje desechable), los cuales suman 195,6 kg que constituyen el 80% de la producción de residuos inertes mensuales<sup>11</sup> como se muestra en la tabla 1 y en la figura 1, el icopor producido por el área de A y B no constituye un problema pues son comercializados post consumo. Sin embargo, el generado en el área de Educación y Recreación, como resultado de montajes y decoraciones para eventos es el que está generando la problemática ambiental, ya que como primera instancia no se encuentran datos de la cantidad generada de este material en particular, no es comercializado debido a su difícil aprovechamiento y es dispuesto en relleno sanitario sin ningún tratamiento previo. Por ende la importancia de establecer mecanismos o estrategias para dar solución a este problema.

*Tabla 1 Cantidad de residuos no aprovechables-inertes promedio generados en un mes por el PRZ Piscilago*

MEDICIONES (Dia)	TOTAL (Kg.)	ICOPOR	EMPAQUES
UNO	2	0,6	1,4
DOS	8,1	6,1	2
TRES	2,3	0,3	2
CUATRO	15,6	13,6	2
QUINTO	13	12	1
TOTAL	41	32,6	8,4
<i>Proyección Promedio Mes</i>	<b>246</b>	<b>195,6</b>	<b>50,4</b>

<sup>10</sup> QUINTERO PEÑA, H. Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios. (2013), p. IX

<sup>11</sup> PRZ PISCILAGO, Plan de gestión integral de residuos Parque Recreacional y Zoológico Piscilago. NILO, 2015.p.32-34.

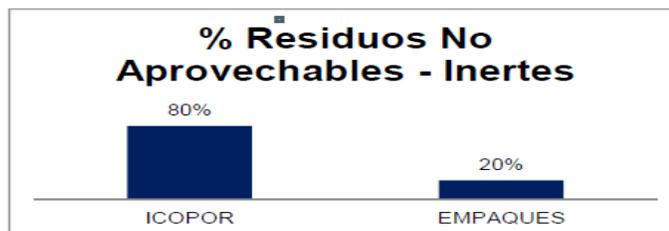


Figura 1 Porcentaje de residuos no aprovechables-inertes en promedio generados en un mes por el PRZ Piscilago.

Dadas las opciones limitadas para el reciclaje de ciertos polímeros como el caso puntual del Poliestireno, surge la necesidad de innovar en alternativas ambientalmente saludables, para reducir la cantidad de estos residuos. En la actualidad se ha generado una sociedad de consumo que sumada al crecimiento económico, la revolución industrial, el crecimiento demográfico; ha generado mayor producción y por consiguiente más residuos. Los plásticos le dan innegables beneficios a la sociedad. Sin embargo, los residuos plásticos (RP) representan un problema ambiental global de creciente preocupación. A nivel mundial el principal impacto ambiental de los RP es la contaminación de los océanos y mares<sup>12</sup>. Los océanos se convierten en “sopas de plástico”, como se le denomina a la zona ubicada en el centro del océano Pacífico del Norte, entre Japón y California, llamada también “la isla de la basura” o “el parche de basura del norte”, entre otros nombres<sup>13</sup>.

La presencia de los RP representa una amenaza para la biodiversidad marina. Los animales se enredan con estos, y pueden resultar heridos, inmóviles o muertos. Los RP se acumulan de manera que con el movimiento de las olas golpean los corales y los fracturan. Los plásticos se terminan fragmentando en el ambiente y como consecuencia pueden ser ingeridos por diferentes especies que los confunden con comida<sup>14</sup>

En Colombia, la tecnología más utilizada para el aprovechamiento de los residuos plásticos es el reciclaje mecánico, la industria del plástico se ha caracterizado por ser, en condiciones normales, la actividad manufacturera más dinámica de las últimas tres décadas, con un crecimiento promedio anual del 7%. En el año 2000, la actividad transformadora de materias plásticas registró un valor de producción de 2.215 millones de pesos (1.061 millones de dólares).<sup>15</sup>

<sup>12</sup>TÉLLEZ MALDONADO, Alejandra. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá (2012). P. 5

<sup>13</sup>Ibid. p. 16

<sup>14</sup>Ibid., p.16

<sup>15</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo (2004)

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

La contaminación con plástico tiene implicaciones ambientales que parecen insignificantes, con acciones simples como arrojar un residuo en la calle, que puede terminar en los ríos y océanos, donde mueren miles de animales que quedan atrapados al confundirlo con alimento. Además la fabricación de productos a partir de plástico ha crecido exponencialmente, lo que hace que la generación de estos residuos sea de manera masiva y continua, siendo en la mayoría de municipios colombianos es común disponer estos residuos en un relleno sanitario.

De este modo nace la pregunta de investigación ¿es posible que la adición de algún tipo de sustrato mejore la eficiencia de biodegradación de las larvas de *Tenebrio molitor*?

#### 4. JUSTIFICACION

El poliestireno al igual que otros tipos de plástico tardan muchos años en degradarse, los cuales pueden durar en el ambiente entre 100 y 1000 años<sup>16</sup>, causando daños irreversibles en los ecosistemas. La problemática radica en que este tipo de material es muy utilizado a escala mundial, y como su vida útil es demasiado corta produce que su generación sea gigantesca.

La utilización y creación de biotecnologías orientadas al mejoramiento ambiental permite que se traten problemáticas ambientales eficazmente, mediante formas innovadoras que garanticen su solución; el modelo económico actual y la industrialización han generado cambios de comportamiento en la población, que se ha visto reflejado en el aumento desproporcionado en la generación de residuos, en especial residuos plásticos, lo que hace indispensable buscar estrategias para aumentar la vida útil del residuo o reciclarlo de la mejor manera posible. La utilización de biotecnologías y tecnologías limpias en nuestros procesos productivos es indispensable para la conservación del medio<sup>17</sup>.

El diseño de un sistema de biodegradación de poliestireno con larvas de tenebrio en el área de educación y recreación del PRZ Piscilago, es una alternativa viable por su bajo costo de producción y mantenimiento, además la especie tiene una alta capacidad reproductiva y su crianza no es muy complicada. En vista de que el Parque anualmente recibe más de 1'000.000 de visitantes, lo cataloga como un gran generador de residuos; donde gran porcentaje de estos son derivados del plástico como el poliestireno, que son llevados directamente al relleno sanitario dada la dificultad para ser aprovechados, surge la necesidad de dar otro manejo. Mediante la realización de este diseño experimental se verifica si es posible su implementación como sistema de biodegradación a partir de la capacidad que posee las larvas de *Tenebrio molitor* de biodegradar este residuo.

La importancia de este proyecto radica en evaluar aspectos fundamentales; en primera instancia el ciclo de vida, la supervivencia y la variación en biomasa del *Tenebrio molitor*, sometido a una dieta a base de Poliestireno Expandido (EPS), en segundo lugar analizar el uso de estas larvas en la biodegradación de este polímero (PS) generado en el área de Educación y Recreación del parque como una estrategia de disposición final de este residuo, y finalmente se buscó evaluar

---

<sup>16</sup> VIDAL, Carmen. Biodegradabilidad y contaminación: ¿cuánto tarda en degradarse...?. (2008)

<sup>17</sup> TÉLLEZ MALDONADO, Alejandra. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá (2012). P. 11

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

la eficiencia del proceso de biodegradación adicionando diferentes sustratos donde la larva pueda desarrollarse mejor, teniendo en cuenta que en algunos casos, los microorganismos son incapaces de metabolizar una sustancia como única fuente de carbono y energía, pero pueden transformar dicha sustancia si se les aporta un sustrato de crecimiento alternativo, llamado cosustrato. Este fenómeno es conocido como cometabolismo, cooxidación o cotransformación<sup>18</sup>, dado que la biodegradación del poliestireno por las larvas de tenebrio se logra debido a los microorganismos que se encuentran alojados de manera natural en el intestino.

---

<sup>18</sup> LEVIN, Morris. GEALT, Michael. Egg., Biotratamiento de residuos tóxicos y peligrosos: SELECCIÓN, ESTIMACION, modificación de microorganismos y aplicaciones., p. 12

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. GENERAL

Diseñar un sistema un experimental a pequeña escala de biodegradación de poliestireno generado en el área de Educación y Recreación del Parque Recreativo y Zoológico PRZ Piscilago-Colsubsidio mediante la utilización de larvas de *Tenebrio molitor*.

### 5.2. ESPECIFICOS

1. Realizar un diseño experimental para biodegradar poliestireno incluyéndolo como dieta del *Tenebrio molitor*.
2. Medir la cantidad de residuos de Poliestireno Expandido (kg) generado en el área de Educación y Recreación del PRZ Piscilago.
3. Establecer una línea de producción de *Tenebrio molitor* en las instalaciones del PRZ Piscilago.

## 6. MARCO REFERENCIAL

### 6.1. MARCO TEÓRICO

#### 6.1.1. EL PLASTICO

La palabra "plástico", un término genérico que describe una gran variedad de sustancias, las cuales se distinguen entre sí por su estructura, propiedades y composición. Las propiedades de los plásticos son tantas y tan variadas que a menudo pueden sustituir a los materiales convencionales como la madera y los metales o complementarlos<sup>19</sup>.

Además los plásticos hacen parte de un grupo de compuestos orgánicos denominados Polímeros, conformados por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno. Principalmente, se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural. Dependiendo de la estructura que forma el carbono al asociarse con hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, cambian las propiedades físicas y su estructura molecular. Se dividen en termoplásticos; materiales que se ablandan al ser calentados y se endurecen al enfriarse, y termoestables; que adoptan una forma permanente al aplicarles calor y presión<sup>20</sup>.

Los residuos constituyen uno de los más grandes problemas ambientales con diferentes impactos a nivel global y local.<sup>21</sup> Desde los años 60 se produjo un marcado crecimiento en la industria de los plásticos. Somos la sociedad de "usar y tirar". El plástico se ajustó perfectamente a esta transformación cultural hacia el desecho. Gracias a su bajo costo ha sido posible el éxito de productos diseñados para desechar.<sup>22</sup>

Desde el comienzo de la década de los 60 se produjo un marcado crecimiento en la industria de los plásticos. Actualmente, la producción mundial de plásticos es diez veces mayor que en aquella época y alcanza aproximadamente 100 millones de toneladas anuales<sup>23</sup>.

---

<sup>19</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo (2004)

<sup>20</sup> Ibid., p. 33

<sup>21</sup> TÉLLEZ MALDONADO, Alejandra. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá (2012).

<sup>22</sup> Ibid., p 35

<sup>23</sup> Ibid., p 37

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

En Colombia durante el año 2000, la actividad transformadora de materias plásticas registró un valor de producción de 2.215 mil millones de pesos (1.061 millones de dólares) y un valor agregado de 1.073 mil millones de pesos (514 millones de dólares), con una contribución al total industrial nacional del 4% en las dos variables<sup>24</sup>.

*Tabla 2 Descripción de las resinas más utilizadas y sus características<sup>25</sup>.*

<b>DESCRIPCION DE LAS RESINAS MAS UTILIZADAS</b>	
<b>POLIETILENOTEREFTALATO (PET)</b>	El PET está constituido de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET es 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para obtener ácido tereftálico. El etileno, se obtiene principalmente a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar estilenglicol. La combinación del ácido tereftálico y el etilenglicol produce como resultado el PET
<b>POLIETILENO (PEAD-PEBD)</b>	El polietileno se produce a partir del etileno derivado del petróleo o gas natural. Este se realiza en presencia de un catalizador, en condiciones de presión y temperatura que posibilitan la formación de polímeros, que en el producto final tienen la forma de gránulos, denominados pellets. Dependiendo de las condiciones del proceso de fabricación existen variedades de polietileno. Las más conocidas son: el polietileno de alta densidad PEAD y el polietileno de baja densidad PEBD; de éste último se producen dos tipos: el PEBD convencional y el PEBD lineal.
<b>POLIPROPILENO (PP)</b>	El polipropileno es un hidrocarburo. Su estructura molecular consiste de un grupo metilo (CH <sub>3</sub> ) unido a un grupo vinilo (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> .

<sup>24</sup> Encuesta Anual Manufacturera DANE, 2000. Datos registrados para la agrupación CIIU 356, Sector Productos de Plástico

<sup>25</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo (2004)

<b>POLIESTIRENO (PS)</b>	El poliestireno es el polímero resultante de la síntesis orgánica entre el etileno y el benceno (hidrocarburos derivados del petróleo) para formar el monómero del estireno que se polimeriza a poliestireno. Los tipos principales de PS son el poliestireno uso general y el poliestireno de alto impacto.
<b>CLORURO DE POLIVINILO (PVC)</b>	El PVC es considerado el termoplástico más versátil. En su composición están presentes tres elementos naturales: carbono e hidrógeno, en forma de etileno, derivado del petróleo o gas, y cloro, obtenido a partir de la sal común. Mediante la combinación del etileno y el cloro se obtiene el monómero cloruro de vinilo, que a su vez se polimeriza mediante procesos de suspensión, emulsión o masa, para obtener como resultado el PVC en su estado de resina virgen. Dependiendo de los aditivos seleccionados, los productos de PVC pueden ser totalmente rígidos o flexibles, transparentes u opacos y adquirir cualquier forma, textura o color.

### 6.1.2. POLIESTIRENO

Uno de los variados tipos de plásticos es el Poliestireno (PS) el cual es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales<sup>26</sup>:

- Poliestireno Cristal: producto de la polimerización del estireno puro se denomina poliestireno cristal o poliestireno de uso general (GPPS General Purpose Polystyrene, siglas en inglés). Es un sólido transparente, duro y frágil. Es vítreo por debajo de 100 °C.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> ECOPLAS. Poliestireno características y ventajas respecto al medio ambiente (2011),. p. 3.

<sup>27</sup> Ibid., p. 3

---

### Facultad de Ciencias Agropecuarias

- Poliestireno de Alto impacto: El producto resultante se llama poliestireno de alto impacto (HIPS, High Impact Polystyrene, siglas en inglés). Es más fuerte, no quebradizo y capaz de soportar impactos sin romperse<sup>28</sup>.
- Poliestireno Expandido: otro miembro de esta familia es el poliestireno expandido (EPS, siglas en inglés). Consiste en 95% de poliestireno y 5% de un gas, generalmente pentano que forma burbujas que reducen la densidad del material. Su aplicación principal es como aislante en construcción y para el embalaje de productos frágiles, muy ligero<sup>29</sup>.
- Poliestireno Espumado mediante extrusión: a partir de poliestireno cristal fundido se puede obtener, mediante inyección de gas, una espuma rígida denominada poliestireno extrudado (XPS). Sus propiedades son similares a las del EPS, con el cual compite en las aplicaciones de aislamiento, pero a diferencia del EPS, el poliestireno extrudado presenta burbujas cerradas, por lo que puede mojarse sin perder sus propiedades aislantes<sup>30</sup>.

#### 6.1.3. EL POLIESTIRENO EXPANDIDO (ICOPOR)

El poliestireno expandido o icopor (EPS) es un derivado del petróleo que como material presta un gran servicio en nuestra cotidianidad, desde embalajes hasta la fabricación de utensilios para comida, construcción, industria y aseo; sin embargo, genera volúmenes masivos de desperdicios no reciclables y no re incorporables en el medio a través de los ciclos biogeoquímicos de la materia, en donde finalmente terminan en los mejores casos aglutinados en basureros, reduciendo el espacio y tiempos de almacenamiento de los mismos<sup>31</sup>. El EPS se obtiene a través del moldeado por vapor, el cual consta de tres etapas: pre expansión, maduración y moldeo (según Ramón, 1988 citado por carlos quintero 2013)<sup>32</sup>.

Se utiliza como aislante térmico y acústico. Por sus propiedades se usa en la fabricación de chalecos salvavidas y otros artículos para los deportes acuáticos; o por sus propiedades ligeras y amortiguadoras, se usa en la fabricación de cascos

---

<sup>28</sup> ECOPLAS. Poliestireno características y ventajas respecto al medio ambiente (2011), p. 3.

<sup>29</sup> Ibid., p. 3

<sup>30</sup> Ibid., p. 3

<sup>31</sup> QUINTERO PEÑA, H. Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios. (2013). P. IX

<sup>32</sup> Ibid., p. 19

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

de ciclismo. También se moldean vasos aislantes que mantienen las bebidas con su temperatura adecuada largo tiempo por su capacidad aislante<sup>33</sup>.

#### **6.1.4. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA AI EPS**

El consumo del EPS en los últimos años se ha aumentado desde los 10 M de Tm en 1978 hasta los 60 M Tm en el año 2000 de los cuales el 50% corresponde a USA y el resto se reparte por igual entre Europa y Japón, sin tener en cuenta los países latinoamericanos nos reporta que el consumo de plásticos en España en el 2000 fue de 2.0 M de Tm. (Arandes, et al., 2004)<sup>34</sup>.

En el caso del poliestireno (icopor), adicionalmente a los daños ocasionados al ambiente por los CFC, se cuestiona su uso en elementos que entran en contacto con productos de consumo humano, al estar hecho de benceno, un conocido cancerígeno; y de estireno un neurotóxico y posiblemente cancerígeno. En agosto de 1990 el Instituto para la Autonomía Local (Institute for local self-reliance) señaló que los contenedores de poliestireno para comida y bebidas eran una amenaza para la salud humana. El proceso de manufactura del poliestireno no es 100% eficiente, por lo que contiene residuos de estireno. A esto, se le suma que el estireno es soluble en aceite y etanol, sustancias que están en las bebidas alcohólicas y en la comida, por lo que existe el riesgo que haya migración de los químicos del plástico al alimento, riesgo que aumenta cuando aumenta la temperatura (aumento a 20°C), como al calentar los productos en el microondas o servir una bebida caliente.

La industria del poliestireno respondió un año después a las acusaciones, señalando que efectivamente si era cierto que pequeñas cantidades de estireno pueden migrar a la comida, pero que no significaban un riesgo para la salud humana (Technical Committee of the Styrene Information and Research Center, 1991). Aseguran, que las afectaciones causadas por el estireno son similares a tomar excesivamente alcohol, pero los efectos son temporales y después de discontinuar el uso hay recuperación, argumento cuestionable, debido a que el alcohol es perjudicial para la salud, así sus efectos notorios sean pasajeros. El otro argumento de la industria del poliestireno es que hay otros medios por los cuales el estireno puede llegar a los órganos humanos, por lo que, no se puede culpar únicamente al consumo de alimentos en envases de poliestireno<sup>35</sup>.

---

<sup>33</sup> ECOPLAS. Poliestireno características y ventajas respecto al medio ambiente (2011). P. 4

<sup>34</sup> QUINTERO PEÑA, H. Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios. (2013), p. IX

<sup>35</sup> TÉLLEZ MALDONADO, Alejandra. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá (2012). p. 17

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

En Colombia, por la falta de apoyo para la implementación de sistemas de disposición final adecuada y debido a una baja asignación de recursos, sólo el 9% de los municipios del país cuentan con rellenos sanitarios diseñados técnicamente (Bogotá, Medellín, Cartagena, Manizales), aunque sus especificaciones técnicas y de manejo son inadecuadas. En el resto del país se vierten los residuos a cielo abierto, en proximidades de los cuerpos de agua superficial o se realizan enterramientos no tecnificados<sup>36</sup>.

En el mejor panorama el 32% de la basura producida en Colombia recibe una disposición final adecuada en rellenos operados en forma mecánica o manual, aunque con un manejo de los lixiviados deficientes, lo cual es razón del impacto ambiental que generan. El 15% de los residuos son vertidos en los cuerpos de agua, el 53% son colocados en botaderos a cielo abierto y de estos un 15% son operados con algún grado de técnica<sup>37</sup>.

Lo más perjudicial del plástico o sus derivados es el tiempo que dura en descomponerse alrededor de unos 100 A 1000 años, lo que genera que perdure en el ambiente causando daño a los ecosistemas y produciendo problemas de salubridad y saneamiento básico en zonas urbanas y rurales<sup>38</sup>.

### **6.1.5. RECICLAJE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN COLOMBIA**

En Colombia se están utilizando los siguientes métodos para el reciclado del Poliestireno Expandido: (Samper, 2008).

#### **6.1.5.1. RECICLAJE QUÍMICO**

“El reciclaje químico se basa en la solubilidad del material en diferentes solventes de acuerdo a su característica de polaridad usando un solvente con la misma característica, según García (2009), el poliestireno es un compuesto no polar, con lo cual se debe usar un solvente no polar para llegar a formar soluciones, dando buenas características y llegando a soluciones saturadas, para garantizar la solubilidad total del material”<sup>39</sup>

---

<sup>36</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo (2004). p. 98

<sup>37</sup> ACODAL. Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, 1999, p. 65

<sup>38</sup> ECOPLAS. Poliestireno características y ventajas respecto al medio ambiente (2011). p. 4

<sup>39</sup> QUINTERO PEÑA, H. Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios. (2013). p. 22.

### **6.1.5.2. RECICLAJE MECÁNICO Y TRITURACIÓN**

“En la gestión y tratamiento de residuos urbanos se tiene el reciclado mecánico que según Gaiker (2007) nos informa sobre base de la operación es la reducción de tamaño mediante la aplicación de una serie de fuerzas. De acuerdo a esto existen numerosas unidades de trituración teniendo cada equipo sus propias características idóneas para aplicaciones específicas. En el mercado existe una amplia variedad de fabricantes, sistemas de trituración y molienda según el tipo de material a tratar y las necesidades de reducción de tamaño. Pueden adaptar diversas configuraciones: Trituradora de rodillos, Molino de cuchillas, Molino de martillos”<sup>40</sup>.

### **6.1.5.3. RECICLAJE POR AGLUTINAMIENTO**

“Proceso que consiste en precalentar las partículas de plástico en una cesta rotativa, para que al girar a altas velocidades se precalienten las partículas y estas se unen para unirse y formar un solo bloque de material, minimizando volumen, pero consumiendo mucha energía (Cempre, 1998)”<sup>41</sup>.

### **6.1.6. ANTECEDENTES**

Diferentes estudios científicos alrededor del mundo han descubierto una buena opción para la solución de este problema en diferentes especies de insectos, como por ejemplo la investigación llevada a cabo por el equipo de Jun Yang para la Universidad de Beihang en Pekín; encontró una especie de oruga que degrada las partículas de polietileno; las larvas de *Plodia interpunctella*, eran capaces de masticar y comer películas del polímero. Dos cepas bacterianas capaces de degradar el polietileno fueron aisladas de intestino de este gusano, *Enterobacter asburiae* y *Bacillus sp.*<sup>42</sup>

Otra especie de insecto degradador de plástico es el *Tenebrio molitor*, cuyo estadio de larvas se utilizan como alimento de mascotas: peces tropicales, aves,

---

<sup>40</sup> Ibid., p. 23

<sup>41</sup> Ibid., p. 23

<sup>42</sup> YANG, Jun, Egg. Evidence of Polyethylene Biodegradation by Bacterial Strains from the Guts of Plastic-Eating Waxworms, 2014. p.13776.

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

reptiles y pequeños mamíferos insectívoros.<sup>43</sup>, un equipo de científicos de la Universidad de Stanford (EE.UU.), descubrió que la larva de *Tenebrio molitor* puede sobrevivir con una dieta a base de Poliestireno Expandido, lo que puede convertir a este insecto en un poderoso aliado de reciclaje de plásticos. Los gusanos de la harina (como se denomina comúnmente a las larvas de *Tenebrio molitor*), mastican y comen poliestireno, un producto plástico común, gracias a unas bacterias que tiene en su intestino.<sup>44</sup> Los microorganismos responsables de dicha degradación en el intestino de los gusanos de la harina fueron aislados y corresponden a la cepa bacteriana *Exiguobacterium* sp. Cepa YT2, que formo un biofilm en la película de PS durante un período de incubación de 28 días e hizo huecos obvios y cavidades (0,2-0,3 mm de ancho) sobre superficies de PS asociadas con disminuciones en la hidrofobicidad y la formación de grupos polares C-O.<sup>45</sup> Estos resultados confirman el papel esencial de las bacterias intestinales en la biodegradación y mineralización de PS, confirmaron la presencia de bacterias intestinales degradantes de PS y demostraron la biodegradación de PS por gusanos de harina<sup>46</sup>.

### **6.1.7. ESCARABAJO MOLINERO (COLEÓPTERA: TENEBRIONIDAE:**

#### ***Tenebrio molitor* L.)**

Insecto castaño oscuro, casi negro, de aproximadamente 18.0 mm de largo y 4.0 de ancho; cuerpo compacto de bordes casi paralelos. Las larvas recuerdan los “gusanos alambre”; son cilíndricas, duras con pequeñas patas torácicas. Los diferentes estados del escarabajo molinero se presentan con detalle en la Figura 2 *Tenebrio molitor* L vive en harinas y subproductos de granos, también consumen cuero y restos de carne seca (según Artigas, 1994 citado por Arqueta y Ramos 2013)<sup>47</sup>.

---

<sup>43</sup> DAMBORSKY, Miryam, *et al* (1949)

<sup>44</sup> YANG, Jun, *op. cit.*, p.13777

<sup>45</sup> Yu Yang, Jun Yang, Wei-Min Wu, Jiao Zhao, Yiling Song, Longcheng Gao, Ruifu Yang, and Lei Jiang, Egg. Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 2. Role of Gut Microorganisms, 2015. p. 12087.

<sup>46</sup> *Ibid.*, p.12087

<sup>47</sup> Argueta reyes, L. Ramos Meléndez, G, Egg. Contenido de proteína, grasa, calcio, fosforo En larvas del escarabajo molinero, alimentadas con diferentes sustratos y fuentes de agua; para ser utilizados como alimentación de animales silvestres p. 11.

### 6.1.7.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

**Reino:** Animalia.

**Filo:** Arthropoda

**Clase:** Insecta.

**Orden:** Coleoptera.

**Familia:** Tenebrionidae.

**Género:** *Tenebrio*

**Especie:** *molitor* L

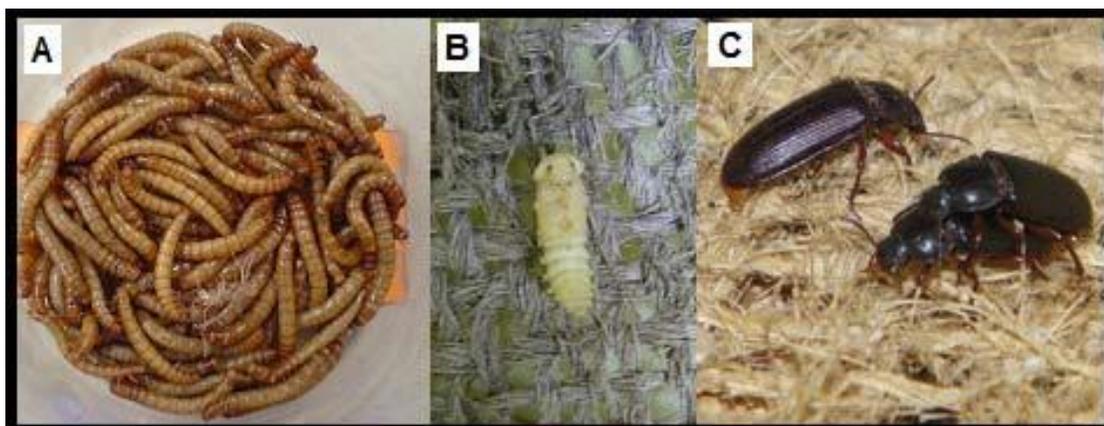


Figura 2 Etapas del ciclo de vida del *Tenebrio molitor*<sup>48</sup>

Los coleópteros son el Orden más numeroso de la Clase Insecta. Este grupo presenta características que los hacen inconfundibles; una muy importante es la estructura de sus alas anteriores, que por lo general son duras, gruesas y pueden estar adornadas con estrías, puntos, tubérculos, diente-cillos, o en su defecto, ser pubescentes o lisos<sup>49</sup>.

Son de la Familia Tenebrionidae cuyas especies son de color oscuro, en tonos de marrón a negro; se alimentan de harinas tanto integrales como refinadas que forman parte de la dieta básica, como es el arroz, trigo y maíz. Igualmente consumen afrecho, avena, cebada y también granos de oleaginosa como el maní;

<sup>48</sup> ARGUETA REYES, L. y RAMOS MELÉNDEZ, G. Contenido de proteína, grasa, calcio, fósforo En larvas del escarabajo molinero, alimentadas con diferentes sustratos y fuentes de agua; para ser utilizados como alimentación de animales silvestres p. 13.

<sup>49</sup> BASTIDAS, R. y ZAVALA, Y. Principios de Entomología Agrícola. Ediciones Sol de Barro. Falcón (Venezuela). 1995. p. 397

---

## Facultad de Ciencias Agropecuarias

por estas razones, técnicamente son conocidos como insectos que atacan granos y productos almacenados<sup>50</sup>

A pesar de tener alas, estos insectos son poco voladores y muy resistentes, lo que facilita su manipulación y a su vez la crianza para fines económicos principalmente<sup>51</sup>.

### **6.1.7.2. CICLO DE VIDA.**

#### **6.1.7.2.1. EN CONDICIONES DE VIDA LIBRE.**

“Las hembras oviponen alrededor de 580 huevos durante su vida; el período de ovoposición es variable, dependiente de las condiciones del medio y el alimento, fluctuando entre 25 y 140 días. Los huevos son dispuestos en grupos, éstos son blancos, de forma ligeramente arriñonada, semejante a un frijol de 1.8 mm de largo, cubiertos de una sustancia pegajosa a la cual se adhiere el sustrato. El período de incubación tarda entre 5 y 20 días dependiendo de la temperatura (5 días a 24°C y 20 días a 15°C). Las larvas recién eclosionadas son activas, consumen harina y se desplazan libremente; adquieren su máximo desarrollo entre los 89 y 100 días, después de mudar entre 9 y 18 veces; en este estado permanecen activas consumiendo sustrato hasta mediados de primavera, cuando pupan libremente entre el sustrato (en Chile central desde mediados de octubre). En este estado permanecen entre 12 y 16 días, luego emergen como adultos se produce hasta fines de primavera. El ciclo completo de huevo a huevo, toma entre 300 y 350 días según las condiciones ambientales.<sup>52</sup>”

#### **6.1.7.2.2. EN CONDICIONES DE CRIADERO**

A 28°C dura aproximadamente: 10 días la incubación, 10 semanas el período larval, 20 días el estado larval y los escarabajos no suelen vivir más de 20 días. Lo

---

<sup>50</sup> PEREIRA, B.J. Manual de identificación de plagas en granos almacenados. Agroisleña. Venezuela, p. 24. (2007).

<sup>51</sup> MONDRAGÓN, I. Uso de los insectos *Tenebrio molitor*, *Tribolium castaneum* y *Palembus dermestoides* (Coleoptera, Tenebrionidae) como recurso didáctico en la enseñanza de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela. 2015

<sup>52</sup> ARGUETA REYES, L. y RAMOS MELÉNDEZ, G. Contenido de proteína, grasa, calcio, fosforo En larvas del escarabajo molinero, alimentadas con diferentes sustratos y fuentes de agua; para ser utilizados como alimentación de animales silvestres p. 13.

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

cual da un total de tres meses aproximadamente en completarse el ciclo<sup>53</sup>. Los adultos no vuelan, las pupas casi no tienen movilidad (Dell 'Orto y Arias, 1985). Por esta razón no hay disposiciones cuarentenarias expresas para la especie (Artigas, 1994) y su crianza se vuelve más fácil. Para su cría se han utilizado diferentes métodos y cada uno posee ciertas diferencias mencionadas por sus autores, quienes las detallan en la Tabla 3<sup>54</sup>.

### **6.1.8. ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)**

Un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

El objetivo principal del Anova es contrastar si existen diferencias entre las diferentes medias de los niveles de las variables (factores)<sup>55</sup>, para ejecutar un ANOVA, debe tener una variable de respuesta continua, que en este caso es el porcentaje de biodegradación junto con la biomasa final, y el factor categórico con dos o más niveles que para este trabajo son los 6 tratamientos escogidos con sus tres repeticiones cada uno. El análisis ANOVA fue utilizado para analizar aquellos datos obtenidos que siguen una distribución aproximadamente normal y cuyas varianzas son iguales o al menos no tan distantes entre los diferentes tratamientos.

El nombre "análisis de varianza" se basa en el enfoque en el cual el procedimiento utiliza las varianzas para determinar si las medias son diferentes. El procedimiento funciona comparando la varianza entre las medias de los grupos y la varianza dentro de los grupos como una manera de determinar si los grupos son todos partes de una población más grande o poblaciones separadas con características diferentes<sup>56</sup>.

---

<sup>53</sup> CULTIVO DE TENEBRIOS, CRIA DEL GUSANO DE LA HARINA. <http://www.botanicaonline.com/animales/tenebrio.htm>

<sup>54</sup> ARGUETA REYES, L. y RAMOS MELÉNDEZ, G., op. cit, p.14.

<sup>55</sup>. Anova un factor y Kruskal-Wallis. [https://previa.uclm.es/profesorado/mdsalvador/58109/teoria/anova\\_un\\_factor-lectura.pdf](https://previa.uclm.es/profesorado/mdsalvador/58109/teoria/anova_un_factor-lectura.pdf)

<sup>56</sup> SOPORTE MINITAB, Egg. <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/anova/basics/what-is-anova/>

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Tabla 3 Recopilación Diferentes Métodos de Cría Para *Tenebrio molitor* L.

MANEJO	TEMPERATURA	SUSTRATOS	FUENTES DE AGUA	AUTORES/PAÍS.
Recipientes de madera o vidrio, cubiertos con tela o tul, se limpia cuando el alimento se haya consumido	23°C	Harina integral de trigo, copos de cereales, maíz o arroz inflado, pan, galletas	Papel mojado, cortezas de árbol sumergidas en agua previamente	Roberto Petracini 2007 Argentina.
Recipientes de madera, plástico o vidrio. Se mantienen entre 4°C y 6°C para conservarlos por mucho tiempo	16-18°C	25% harina de trigo, 25% harina de avena, 15% comida para pollos y 35% de salvado	Manzana, papa, zanahoria, diente de león.	Vicente Ibáñez 2007 España.
Cajas plástica, no se les hace limpieza muy seguido	25°C	Mezcla en partes iguales de harina de trigo, salvado de trigo o avena, pan rallado, proteína de soja, concentrado para perros pan duro y galletas/jícama	Pepino, zanahoria, manzana	Ángel Cabrera/2011 Ayala. 2007 México.
Recipientes plástico con tapadera perforada, limpieza todas las semanas	22°C	Salvado, pan rallado	Zanahoria, manzana	Fernando Calparsoro 2008 Argentina.
Recipientes plásticos, creación de nuevas cajas cada tres meses limpieza dos veces al año	28°C	Afrecho de trigo	Papa	Parque Zoológico Nacional de El Salvador. 2011 <sup>1</sup>

### 6.1.9. PRUEBA DE FISHER

El test exacto de Fisher permite analizar si dos variables dicotómicas están asociadas cuando la muestra a estudiar es demasiado pequeña y no se cumplen las condiciones necesarias para que la aplicación del test  $\chi^2$  sea adecuada. Estas condiciones exigen que los valores esperados de al menos el 80% de las celdas en una tabla de contingencia sean mayores de 5. Así, en una tabla 2x2 será necesario que todas las celdas verifiquen esta condición, si bien en la práctica suele permitirse que una de ellas muestre frecuencias esperadas ligeramente por debajo de este valor.

En situaciones como esta, una forma de plantear los resultados es su disposición en una tabla de contingencia de dos vías. Si las dos variables que se están considerando son dicotómicas, nos encontraremos con el caso de una tabla 2 x 2 como la que se muestra en la Tabla 5. El test exacto de Fisher se basa en evaluar la probabilidad asociada a cada una de las tablas 2 x 2 que se pueden formar manteniendo los mismos totales de filas y columnas que los de la tabla observada. Cada una de estas probabilidades se obtiene bajo la hipótesis nula de independencia de las dos variables que se están considerando.

Las variables tales y tales se les aplican Fisher por que se eran poblaciones prácticamente normales con distribuciones simétricas

La probabilidad exacta de observar un conjunto concreto de frecuencias a, b, c y d en una tabla 2 x 2 cuando se asume independencia y los totales de filas y columnas se consideran fijos viene dada por la distribución hipergeométrica

$$p = \frac{(a+b)!(c+d)!(a+c)!(b+d)!}{n!a!b!c!d!}$$

Figura 3 Formula para Tablas 2x2 (Prueba Fisher)

Esta fórmula se obtiene calculando todas las posibles formas en las que podemos disponer n sujetos en una tabla 2 x 2 de modo que los totales de filas y columnas sean siempre los mismos, (a+b), (c+d), (a+c) y (b+d).

La probabilidad anterior deberá calcularse para todas las tablas de contingencia que puedan formarse con los mismos totales marginales que la tabla observada. Posteriormente, estas probabilidades se usan para calcular valor de la p asociado al test exacto de Fisher. Este valor de p indicará la probabilidad de obtener una diferencia entre los grupos mayor o igual a la observada, bajo la hipótesis nula de independencia. Si esta probabilidad es pequeña ( $p < 0.05$ ) se deberá rechazar la hipótesis de partida y deberemos asumir que las dos variables no son

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

independientes, sino que están asociadas. En caso contrario, se dirá que no existe evidencia estadística de asociación entre ambas variables<sup>57</sup>.

**6.1.10. KRUSKAL WALLIS**

Para aquellos datos que violan el supuesto de normalidad y muestran al menos una o más de las distribuciones muy asimétricas o que sus varianzas son bastante diferentes se aplicó una prueba Kruskal –Wallis. Esta prueba fue propuesta por William Henry Kruskal (1919- ) y W. Allen Wallis (1912- 1998) en el artículo "Use of ranks in one-criterion variance analysis" publicado en el "Journal of American Statistics Association" en 1952<sup>58</sup>.

La prueba de Kruskal-Wallis es el método más adecuado para comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales. Incluso cuando las poblaciones son normales, este contraste funciona muy bien. También es adecuado cuando las desviaciones típicas de los diferentes grupos no son iguales entre sí, sin embargo, el Anova de un factor es muy robusto y sólo se ve afectado cuando las desviaciones típicas difieren en gran magnitud.

La hipótesis nula de la prueba de Kruskal-Wallis es:

H0: Las k medianas son todas iguales

H1: Al menos una de las medianas es diferente

Esta prueba se desarrolló en algunos tratamientos; ya que el porcentaje de coeficiente de variación supera el 70 % o sus varianzas difieren entre sí, considerando que los datos son heterogéneos y por ende asimétricos.

**6.1.11. COEFICIENTE DE CORRELACION**

El coeficiente de correlación más utilizado es el de Pearson, este es un índice estadístico que mide la relación lineal entre dos variables cuantitativas, es una forma de medir la intensidad de la relación lineal 2 2 entre dos variables. El valor del coeficiente de correlación puede tomar valores desde menos uno hasta uno,  $-1 < r < 1$ , indicando que mientras más cercano a uno sea el valor del coeficiente de correlación, en cualquier dirección, más fuerte será la asociación lineal entre las dos variables. El coeficiente de correlación de cálculo "r" es un estimador muestral del coeficiente poblacional Rho,  $\rho$ .

---

<sup>57</sup> PÉRTEGA DÍAZ, S y PITA FERNÁNDEZ, S. Asociación de variables cualitativas: El test exacto de Fisher y el test de McNemar. (2004)., p.304

<sup>58</sup> Anova un factor y Kruskal-Wallis. [https://previa.uclm.es/profesorado/mdsalvador/58109/teoria/anova\\_un\\_factor-lectura.pdf](https://previa.uclm.es/profesorado/mdsalvador/58109/teoria/anova_un_factor-lectura.pdf). P.1.

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Mientras más cercano a cero sea el coeficiente de correlación, este indicará que más débil es la asociación entre ambas variables. Si es igual a cero se concluirá que no existe relación lineal alguna entre ambas variables.

Mediante esta prueba se determina la relación que existe entre la ganancia de biomasa y el porcentaje de biodegradación entre los diferentes tratamientos con sus respectivas replicas<sup>59</sup>.

---

<sup>59</sup> DICOVSKIY RIOBOO, L.. egg. Análisis de regresión múltiple. p. 2

---

Facultad de Ciencias Agropecuarias

## 6.2. MARCO CONCEPTUAL

### 6.2.1. BIOMASA

En los estudios de poblaciones de insectos, la biomasa es un parámetro importante para la cuantificación de los recursos disponibles y los flujos de energía que se producen en las redes tróficas de los ecosistemas terrestres y acuáticos<sup>60</sup>

### 6.2.2. POLIESTIRENO

El poliestireno es el polímero resultante de la síntesis orgánica entre el etileno y el benceno (hidrocarburos derivados del petróleo) para formar el monómero del estireno que se polimeriza a poliestireno. Los tipos principales de PS son el poliestireno uso general y el poliestireno de alto impacto<sup>61</sup>.

### 6.2.3. POLIESTIRENO EXPANDIDO O EPS

Es un material plástico espumado utilizado en el sector de la construcción, principalmente como aislamiento térmico y acústico, en el campo del envase y embalaje (desechables), también para aplicaciones dirigidas a la industria, como elementos para equipos eléctricos y electrodomésticos<sup>62</sup>.

### 6.2.4. SUSTRATO

Es un estrato que subyace a otro y sobre el cual está en condiciones de ejercer algún tipo de influencia.

---

<sup>60</sup> SABO, J; BASTOW, J. L., y POWER, M. E. Lengthmass relationships for adult aquatic and terrestrial invertebrates in a California watershed. Citado por GALLARDO, Luciana Irene., *et al.* Biomasa de *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) en humedales del nordeste de Argentina., p. 127. 2014.

<sup>61</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo, Colombia, p. 14. 2004.

<sup>62</sup> *Ibid.*, p. 16

---

Facultad de Ciencias Agropecuarias

### 6.2.5. COSUSTRATO

Sustrato de crecimiento alternativo que contribuye a los microorganismos una ayuda para transformar una sustancia y metabolizarla como única fuente de carbono y energía cuando esta es de difícil descomposición<sup>63</sup>.

### 6.2.6. COMETABOLISMO

Proceso en el cual los microorganismos son incapaces de metabolizar una sustancia como única fuente de carbono y energía, pero pueden transformar dicha sustancia si se les aporta un sustrato de crecimiento alternativo<sup>64</sup>.

### 6.2.7. BIODEGRADACION

Un plástico es degradable cuando su estructura química puede sufrir cambios significativos que resultan en la pérdida de algunas propiedades. Sus resultados determinarán la clasificación del plástico estudiado partiendo de sus características fundamentales (básicamente su composición química), corresponde a un proceso de tipo químico y por lo tanto para los compuestos orgánicos. La biodegradación es el proceso por el cual una sustancia es degradada por organismos vivos (bio) a fragmentos más pequeños. Por ejemplo, en condiciones aerobias, los productos de la biodegradación son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua. Éstos son absorbidos por la naturaleza y así se cierra el ciclo del carbono.<sup>65</sup>

### 6.2.8. RELLENO SANITARIO

Instalación destinada a la disposición final de residuos sólidos no reciclables ni aprovechables, diseñada para minimizar los impactos ambientales y reducir los riesgos sanitarios potencialmente generables por dichos residuos, controlando las reacciones y procesos propios de su descomposición dentro del mismo relleno, mediante procedimientos previstos y concebidos<sup>66</sup>.

---

<sup>63</sup> LEVIN, Morris. GEALT, Michael. Egg., Biotratamiento de residuos tóxicos y peligrosos: SELECCIÓN, ESTIMACION, modificación de microorganismos y aplicaciones., p. 12

<sup>64</sup> Ibid., p. 13.

<sup>65</sup> PLASTIVIDA, Entidad técnica profesional especializada en plásticos y medio ambiente, p. 5 (1998)

<sup>66</sup> MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Relleno Sanitario Guía Ambiental. Colombia., p. 17. 2002

### 6.2.9. RESIDUOS SOLIDOS

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas<sup>67</sup>.

---

<sup>67</sup> COLOMBIA. SECRETARIA GENERAL DE LA NACION. Por el cual se reglamenta el Decreto 1713., p. 6. 2002

Facultad de Ciencias Agropecuarias

**6.3. MARCO LEGAL**

El presente trabajo esta direccionado por todas las normas establecidas por la legislación ambiental colombiana haciendo énfasis en todo lo relacionado con la generación de residuos sólidos, ya que no existe ninguna legislación asociada a la crianza de individuos de esta especie. A continuación se puntualiza la normatividad colombiana aplicable al presente proyecto

*Tabla 4 Normatividad colombiana referente a la generación de residuos.<sup>68</sup>*

<b>RESIDUOS SOLIDOS</b>		
<b>Decreto 2811/74</b>	<b>Ley</b>	Código de los recursos naturales. Art. 34: manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios.
<b>Ley 9/79</b>		Ley sanitaria nacional. Artículos 23 al 31. Restricciones para el almacenamiento, manipulación, transporte y disposición de los residuos sólidos.
<b>Ley 142/94</b>		Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, entre los que se encuentra el servicio de aseo, y reglamenta su administración a cargo de los municipios
<b>Decreto 1505 del 2003</b>		Por medio del cual se modifica parcialmente el decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones
<b>Resolución 1045/03</b>		Por el cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión integral de Residuos Sólidos, PGIRS
<b>Decreto 1713/02 Ministerio de Desarrollo</b>	<b>de</b>	Reglamenta la ley 142/94, la ley 632/00 y la 689/01, en relación con la prestación dl servicio público de aseo y el decreto ley 2811/74 y la ley 99/93 en relación con la gestión integral de residuos sólidos (el presente decreto deroga en todas sus partes el decreto 605 de 1996, salvo el capítulo I del título IV y las demás normas que le sean contrarias)
<b>Decreto 1140/2003 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial</b>	<b>de y</b>	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 1713/2002 en relación con las unidades de almacenamiento y se dictan otras disposiciones
<b>Decreto 1505/2003</b>		Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto

<sup>68</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo, Colombia, p. 25. 2004.

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

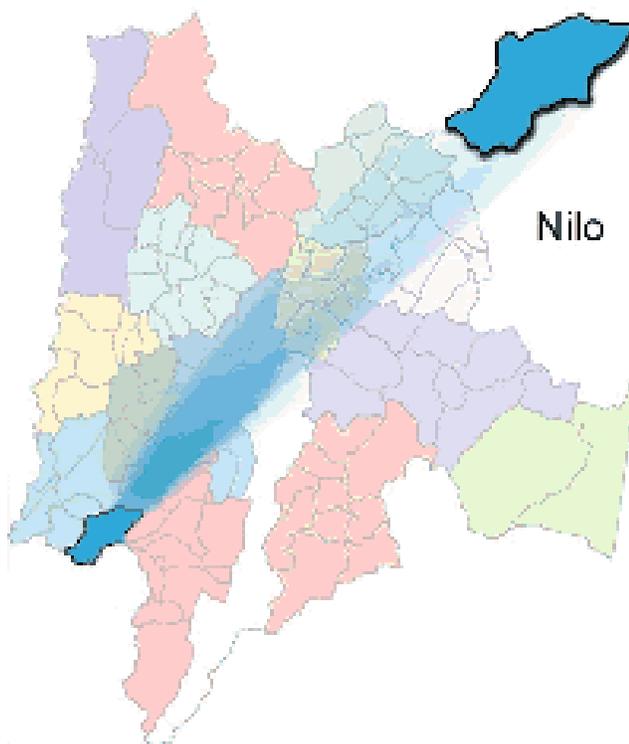
<b>Ministerio Ambiente, Vivienda Desarrollo Territorial</b>	<b>de y</b>	1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
<b>Resolución 0058/2002 Ministerio Ambiente, Vivienda Desarrollo Territorial</b>	<b>de y</b>	Se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos
<b>Ley 388/1997 Gobierno Nacional</b>		Ley de ordenamiento territorial

## 7. DISEÑO METODOLOGICO

### 7.1. UBICACIÓN

#### 7.1.1. MACROLOCALIZACIÓN

El municipio de Nilo en el departamento de Cundinamarca, concentra una gran variedad de condiciones geográficas, las cuales determinan el tipo de población que reside en sus tierras, ubicado en la provincia del alto magdalena.<sup>69</sup>



*Figura 4 Ubicación del municipio de Nilo, en el departamento de Cundinamarca.*

<sup>69</sup> ALCALDÍA DE NILO. Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019, “Compromiso con responsabilidad” (2016)

Tabla 5 Descripción Física del municipio de Nilo, Cundinamarca<sup>70</sup>

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
Coordenadas geográficas	4°18'25"N 74°37'12"O
Límites geográficos	Por el Norte con los Municipios de Tocaima y Viotá, por el Sur con Melgar (Tolima) por el Oriente con Tibacuy y Melgar y por el Occidente con los municipios de Agua de Dios y Ricaurte.
Altitud	350 y los 1000 m.s.n.m
Temperatura promedio anual	27°C
Precipitación anual	1447 mm
Distancia a Bogotá	141 km
Extensión municipio	224km <sup>2</sup>

### 7.1.2. MICROLOCALIZACIÓN

El Parque Recreativo y Zoológico Piscilago (área de estudio) se encuentra ubicado en el sector sur-occidental del departamento de Cundinamarca, entre los 4° 13' - 4° 12' latitud Norte y los 74° 40' - 74° 41' longitud Oeste, en el municipio de Nilo, vereda la Esmeralda, en el piso térmico cálido, con una temperatura promedio reportada para la zona de 24° C. La precipitación promedio anual es de 1541.2 mm. A lo largo del año las lluvias se distribuyen de forma bimodal, definiéndose dos épocas de alta pluviosidad. La época comprendida entre los meses septiembre-noviembre se caracteriza por una mayor precipitación que aquella que se presenta en los primeros meses del año<sup>71</sup>

<sup>70</sup> ALCALDÍA DE NILO, (2016)

<sup>71</sup> MORALES DELGADO, A. y SARMIENTO PARRA, D., Árboles del Bosque Seco Tropical en el área del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago- Nilo Cundinamarca. (2008). P.10.



Figura 5 Ubicación del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago Fuente. Google Maps

## 7.2. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

Adaptando la metodología utilizada por Wen-min Wu (2015)<sup>72</sup>, se determina los siguientes parámetros:

### 7.2.1. UNIVERSO

Larva de *Tenebrio molitor*.

### 7.2.2. POBLACION

Los individuos necesarios para el muestreo fueron 1800 larvas de *Tenebrio molitor*.

<sup>72</sup> YU Yang, *et al.* Evidence of Polyethylene Biodegradation by Bacterial Strains from the Guts of Plastic-Eating Waxworms, 2014. p.13776. (2015)

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

### **7.2.3. MUESTRA**

Se requirió de 100 individuos por replica. En total se realizaron seis (6) tratamientos cada uno con tres replicas

### **7.3. TÉCNICAS O INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se llevó un registro o formato donde se expresa la mortalidad de los individuos diariamente con el fin de determinar si es nocivo para las lavas el consumo de este material.

### **7.4. MÉTODO DE ANÁLISIS**

Al finalizar el tiempo del experimento (30 días) y una vez obtenidos los datos se tabularon y analizaron en el programa EXCEL de la siguiente manera:

Se realizó el análisis estadístico a través de un análisis de la varianza (Anova), el cual es necesario para varias medias en diversas situaciones; muy ligado, por tanto, al diseño de experimentos y es la base del análisis multivariante, por tal motivo es pertinente la realización este análisis para determinar la importancia de esta investigación<sup>73</sup>.

Se determinó el coeficiente de correlación para medir la relación lineal entre tratamientos, y así medir la intensidad de la relación lineal entre dos variables<sup>74</sup>.

Mediante una prueba de Fisher se analizó si dos determinadas variables dicotómicas estaban asociadas<sup>75</sup>.

Para los datos heterogéneos se realizó una prueba Kruskal-wallis

### **7.5. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS**

La línea de producción se estableció en una bodega del área de Educación y Recreación del PRZ Piscilago, montada en un total de 15 vasijas plásticas

---

<sup>73</sup>ABRAIRA, V., PÉREZ DE VARGAS, A. Métodos Multivariantes en Bioestadística. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces. 1996.

<sup>74</sup> DICOVSKIY RIOBOO, L., egg Análisis de regresión múltiple. p. 2

<sup>75</sup> PÉRTEGA DÍAZ, S. y PITA FERNÁNDEZ, S. Asociación de variables cualitativas: El test exacto de Fisher y el test de McNemar. (2004)., p.304

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

medias de las cuales 12 serán usadas para cada semana de desarrollo de los individuos desde el estado de huevo a adulto, y las restantes para el mantenimiento de los adultos quienes son los productores de los huevos para el inicio de la primera semana.

Para el muestreo se utilizó 18 vasijas plásticas donde fueron debidamente rotulas con el tratamiento al que pertenecían.

Se utilizó un Termo Higrómetro Digital modelo DT-8010 (figura 6), marca fosan, Temperatura -10 a 60 °C (14 a 140 F), Humedad Relativa 10 a 99 % HR, Precisión de la temperatura:  $\pm 1$  °C, Resolución de temperatura en pantalla: 0,1 °C, Precisión de humedad:  $\pm 5\%$ , para mantener monitoreadas las condiciones ambientales del desarrollo de la investigación, y una Balanza Analítica (figura 7) Modelo: LX 220A SCS marca : precisa, con Calibración Interna Automática Inteligente, con una capacidad máxima de 220 g y mínima de 0,01 g, e = 0,001 g y d = 0,0001 g, legibilidad de 0,1 mg, repetibilidad de 0,1 mg, linealidad de 0,2 mg y un tiempo de respuesta de 2 s y una precisión de 0,01 mg, donde se midieron los diferentes pesos tanto de individuos como de poliestireno.



*Figura 6 Termo higrómetro digital utilizado en el muestreo.*



*Figura 7 Balanza analítica utilizada en el muestreo.*

## **7.6. METODOLOGÍA.**

El proyecto se desarrolló en 7 fases:

### **7.6.1. FASE I: RECOPIACION Y ANALISIS DE LA INFORMACION**

En esta primera fase se hizo toda la documentación, mediante el estudio de documentos escritos de diferentes fuentes bibliográficas como artículos de revistas científicas, tesis de grado, casos de estudios anteriores, diseños estadísticos, entre otros temas. También se recopiló información mediante el método empírico de la observación y entrevistas informales a personas conocedoras del tema para recabar información verbal.

### **7.6.2. FASE II: MONTAJE DEL PIE DE CRÍA O LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

Para la obtención de los individuos indispensables para el desarrollo del proyecto, se montará una línea de producción o pie de cría siguiendo el procedimiento usado por el bioterio de Piscilago, que consiste en un ciclo de 12 semanas. Para empezar se utilizaron cajas de plástico transparentes, las cuales fueron lavadas con agua y jabón y desinfectadas con Hipoclorito de sodio en concentración del

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

5.25% y posteriormente fueron secadas al sol, luego se adaptó la tapa de cada recipiente como se muestra en la figura 8, para asegurar la entrada de oxígeno y un control eficiente de las variables ambientales, además de que de esta forma se tiene una excelente visibilidad de lo que está sucediendo dentro de la caja y evita tener que manipularlas.



**Figura 8** Recipientes utilizados para la línea de producción y en el muestreo

Para la ubicación de los recipientes de la línea de producción se usaron dos estanterías metálicas con 6 repisas cada uno, con medidas de 91 cm de largo por 46 cm de ancho cada repisa y 80 cm de alto donde se ubicaron las 24 cajas de polipropileno transparentes con medidas de largo 38,5 cm, ancho 24,5 cm, alto 15,5 cm y una capacidad de 8 litros

Las condiciones ambientales de temperatura y humedad fueron constantemente monitoreadas con un termo higrómetro digital, al presentar un incremento de humedad y disminución en la temperatura se encendían dos lámparas reflectoras para mantener las condiciones óptimas para el desarrollo del pie de cría (temperatura ambiental de 24- 28°C y una humedad relativa de 57 – 67%)<sup>76</sup>, las herramientas usadas fueron un cuchillo, una tabla para picar la zanahoria, una báscula, dos bisturís, un rollo de malla de acero, un rollo de alambre dulce, dos alicates, una vela, un kg de zanahoria y dos coladores.

---

<sup>76</sup> ARGUETA REYES, L. y RAMOS MELÉNDEZ, G, Egg. Contenido de proteína, grasa, calcio, fósforo En larvas del escarabajo molinero, alimentadas con diferentes sustratos y fuentes de agua; para ser utilizados como alimentación de animales silvestres p. 13.

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Montaje del pie de cría**

Para la cría se utilizara como sustrato harina de trigo y para la obtención de agua zanahoria, sobre la harina se dispondrán cajas de huevos para ser aprovechado como refugio. El ciclo se inicia con una caja que contiene 300 g de harina de trigo como sustrato y 200 g de zanahoria como fuente de agua que debe ser reemplazada periódicamente, y un número total de 300 individuos de *tenebrio molitor* en estado adulto (escarabajos) durante una semana.

Transcurrida esta semana se hará el cernido para separar los escarabajos del sustrato que contiene los huevos, estos escarabajos serán puestos en una caja nueva, con nuevo sustrato para obtener una producción constante semana tras semana. La caja que contiene el sustrato con los huevos será nuestra caja llamada “caja cero” o “semana cero”.

El proceso de cernido se deberá hacer cada semana produciendo una caja cero nueva cada vez y la caja cero anterior pasara a ser la caja 1 y así sucesivamente hasta obtener en total 12 cajas y que dichos huevos se conviertan en escarabajos adultos y retornen nuevamente a la caja de reproductores cerrando así el ciclo.

**Caja cero o semana cero**

Una vez transcurrida la primera semana del montaje y posterior al cernido, nuestra caja cero contiene el sustrato con los huevos que van a ir eclosionando en el transcurso del tiempo. Y nuevamente se realiza el cernido del sustrato que contiene los escarabajos, obteniendo una nueva caja cero y convirtiendo esta en nuestra caja “semana 1”, el proceso debe hacerse semanal hasta completar el ciclo

**Semana 1**

En esta semana los huevos en su mayoría no han eclosionado y no pueden ser observados a simple vista

**Semana 2**

A partir de esta semana ya se pueden observar minúsculos individuos ya en estado larval que es la siguiente etapa del ciclo después del huevo, suele evidenciarse la presencia de las larvas por las marcas que dejan al desplazarse sobre el sustrato. En este momento del ciclo es hora de adicionar una fuente de agua, ya que en las semanas anteriores no era necesario puesto que aún no era notoria la presencia de larvas.

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Semana 3 a la semana 10**

Durante estas semanas permanecerá en estado larval y presentaran mudas de piel que son notadas a simple vista, en el trascurso de estas semanas no se hace ningún tipo de manejo excepto el monitoreo de la humedad y la temperatura y adicional el cambio de zanahoria que debe hacerse cada vez que sea necesario, hasta finales de la semana 9 y comienzos de la semana 10 que el momento en el que empiezan a pupar.

**Semana 10, 11 y 12**

Durante este periodo las larvas empiezas su transición al estado de pupa en el cual duran aproximadamente 20 días para al fin llegar a su estado adulto que es el escarabajo, los individuos que llegan a escarabajos son inmediatamente llevados a las cajas de reproducción para reemplazar a los individuos adultos muertos ya que una vez que son adultos no viven más de 20 días.

De esta manera se asegura una producción grande, un mejor y fácil manejo y se segura una producción constante semanal.

Los 1800 individuos necesarios para llevar a cabo esta investigación fueron tomados de la semana 6 puesto que el experimento duraba 30 días y es el tiempo preciso antes de que cambien de estado de larva a pupa con el fin de comprobar si de alguna manera las diferentes dietas a las que fueron sometidas influían en su ciclo de vida normal.

**7.6.3. FASE III: PRUEBAS DE ALIMENTACION**

Para realizar las pruebas se utilizaron 18 cajas idénticas a las usadas en la línea de producción, esta fase se llevó a cabo utilizando un diseño estadístico completamente al Azar con tres tratamientos en arreglo factorial de 3X2 con 3 réplicas o repeticiones, donde 2 factores de estudio son las fuentes de agua y 3 los sustratos<sup>77</sup>, para un total de 18 cajas con 100 individuos cada uno y 1,16 gramos a aproximados de poliestireno en cada uno de los tratamientos, modificando el protocolo usado en la investigación de Wei min Wu que tomaba 500 individuos y 5,8 g de material. En el presente trabajo solo se utilizara la quinta parte del número de individuos utilizados por Weimin Wu debido a que numero de

---

<sup>77</sup> ARGUETA REYES, L. y RAMOS MELÉNDEZ, G, Egg. Contenido de proteína, grasa, calcio, fosforo En larvas del escarabajo molinero, alimentadas con diferentes sustratos y fuentes de agua; para ser utilizados como alimentación de animales silvestres p. 20.

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

tratamientos a implementar requeriría una cantidad que supera la producción semanal de individuos si se usara el mismo número usado por Weimin Wu. Al usar solo la quinta parte de individuos, se implementara también la quinta parte del peso en material en el presente trabajo.

Las larvas fueron tomadas en la semana 6 y distribuida al azar en recipientes de vidrio de a 100 individuos. Los diferentes sustratos fueron dispuestos también al azar las 18 cajas que fueron numeradas del 1 al 18 previamente como se observa en la tabla 6<sup>78</sup>.

*Tabla 6 Modelo de ubicación de los 18 muestreos.*

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	8	9	10	11	12
<b>13</b>	14	15	16	17	18

La ubicación en el estante fue también completamente al azar para asegurar que los tratamientos y las diferentes repeticiones estén bajo las mismas condiciones de luz, temperatura y humedad, pues e podrían presentar variaciones que pueden afectar los resultados, lo que causaría que cualquier diferencia observada pueda ser atribuida a la posición de la caja y no realmente a las diferentes dietas y aun que la posición de la caja no es parte del tratamiento es muy importante tenerla en cuenta. De esta manera todas las larvas van a tener la misma probabilidad de recibir cualquier dieta y de estar en cualquier posición en el estante<sup>79</sup>.

Teniendo en cuenta lo anterior y Para evitar al máximo cualquier tipo de sesgo en el experimento se pusieron 18 pedazos de papel en una bolsa y en otra se pusieron papeles marcados así A<sub>1</sub>Z<sub>1</sub>, A<sub>1</sub>Z<sub>2</sub>, A<sub>2</sub>Z<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>Z<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>Z<sub>1</sub>, y A<sub>3</sub>Z<sub>2</sub>, repitiendo cada uno 3 veces. Luego se escogieron uno por uno los recipientes que contienen las larvas a la vez que se tomaban un número y un tratamiento de cada bolsa. Las larvas eran colocadas en la caja indicada por el número sacado y con la dieta indicada por las letras escogidas. Este proceso se repitió hasta lograr que todas las larvas y las dietas fueran asignadas respectivamente en las cajas en su totalidad<sup>80</sup>. Las diferentes dietas y las cajas quedaron distribuidas de la siguiente manera como se expresa en la tabla 7:

---

<sup>78</sup> Diseño completamente al azar. [http://www.dpye.iimas.unam.mx/patricia/indexer/completamente\\_al\\_azar.pdf](http://www.dpye.iimas.unam.mx/patricia/indexer/completamente_al_azar.pdf)

<sup>79</sup> *Ibid.*, p.11

<sup>80</sup> *Ibid.*, p.12

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Tabla 7 Ubicación de las cajas de muestreo.

<b>1</b> <b>A<sub>1</sub>Z<sub>2</sub></b>	<b>2</b> <b>A<sub>3</sub>Z<sub>1</sub></b>	<b>3</b> <b>A<sub>2</sub>Z<sub>2</sub></b>	<b>4</b> <b>A<sub>1</sub>Z<sub>1</sub></b>	<b>5</b> <b>A<sub>3</sub>Z<sub>2</sub></b>	<b>6</b> <b>A<sub>1</sub>Z<sub>1</sub></b>
<b>7</b> <b>A<sub>2</sub>Z<sub>1</sub></b>	<b>8</b> <b>A<sub>2</sub>Z<sub>2</sub></b>	<b>9</b> <b>A<sub>1</sub>Z<sub>2</sub></b>	<b>10</b> <b>A<sub>3</sub>Z<sub>2</sub></b>	<b>11</b> <b>A<sub>2</sub>Z<sub>1</sub></b>	<b>12</b> <b>A<sub>2</sub>Z<sub>2</sub></b>
<b>13</b> <b>A<sub>1</sub>Z<sub>1</sub></b>	<b>14</b> <b>A<sub>3</sub>Z<sub>1</sub></b>	<b>15</b> <b>A<sub>3</sub>Z<sub>2</sub></b>	<b>16</b> <b>A<sub>2</sub>Z<sub>1</sub></b>	<b>17</b> <b>A<sub>3</sub>Z<sub>1</sub></b>	<b>18</b> <b>A<sub>1</sub>Z<sub>2</sub></b>

A partir de ese momento durante los próximos 30 días se debe hacer monitoreo constante para registrar número de individuos muertos, individuos que pupen, cambios en humedad y temperatura.

Los tratamientos que se implementaran serán los siguientes:

- Factor sustrato (A)

A<sub>1</sub>= sin sustrato (100 larvas)

A<sub>2</sub>= salvado (100 larvas).

A<sub>3</sub>= Harina de trigo (100 larvas).

- Factor Fuente de Agua (Z)

Z<sub>1</sub>= con zanahoria.

Z<sub>2</sub>= sin zanahoria.

Tabla 8 Tratamientos del muestreo.

1. A <sub>1</sub> Z <sub>1</sub> = EPS, sin sustrato, con 100 g zanahoria	3. A <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> = EPS + 100 g salvado + 100 g zanahoria	5. A <sub>3</sub> Z <sub>1</sub> = EPS+ 100 g harina de Trigo + 100 g zanahoria
2. A <sub>1</sub> Z <sub>2</sub> = EPS sin sustrato, sin zanahoria	4. A <sub>2</sub> Z <sub>2</sub> = EPS + 100 g salvado, sin zanahoria	6. A <sub>3</sub> Z <sub>2</sub> = EPS + 100 g Harina de Trigo sin zanahoria

#### 7.6.4. FASE IV: CUANTIFICACION DE RESIDUOS DE POLIESTIRENO GENERADOS

Para la cuantificación de la cantidad (kg) de residuos de EPS en la sección de Educación y Recreación del PRZ Piscilago, se realizó el pesaje por semana de la cantidad de residuos de EPS generado durante un periodo de 4 meses comprendido entre diciembre del 2016 (temporada alta) y el mes de marzo del 2017 (temporada baja) como se observa en la figura 9, el resultado total se dividió en el número de meses (4) para obtener el promedio de generación mensual de residuos de este tipo<sup>81</sup>, teniendo en cuenta que la generación de residuos varía de acuerdo a la temporada del año, se tomaron periodos iguales de temporada alta y baja, lo anterior dado que no se contaba con una línea base en cuanto a la medición de este tipo de residuos como se expresa en la tabla 9. En vista de que en la revisión bibliográfica no se identificó ninguna metodología para dicha medición se tomó el método usado en el PGIRS del PRZ Piscilago del año 2015 y se adaptó a las necesidades del presente trabajo.

*Tabla 9 Mediciones EPS en el Área de Educación y Recreación del PRZ Piscilago*

MEDICIONES (Mes)	CANTIDADES/SEMANA (kg)	CANTIDAD/MES (kg)
Diciembre 2016	0,0+0,20+0,40+0,30	0,9
Enero 2017	8,44+0,20+0,20,+0,0	8,84
Febrero 2017	0,0+0,80+0,30+0,20	1,3
Marzo 2017	0,40+0,30+0,28+0,45	1,43
<b>TOTAL</b>		<b>12,47 Kg</b>
<b>TOTAL kg/Mes</b>		<b>3,12 kg/Mes</b>

<sup>81</sup> PRZ PISCILAGO, Egg. PLAN DE GESTION INTEGRAL DE GESTION DE RESIDUOS PARQUE RECREACIONAL Y ZOOLOGICO PISCILAGO. NILO, 2015.p.32-34.



*Figura 9 Cantidad de EPS generado en el Área de Educación y Recreación.*

#### **7.6.5. FASE V: % SOBREVIVENCIA, BIOMASA Y PORCENTAJE DE BIODEGRADACION.**

En esta fase se analizó la supervivencia que fue del 100 %, al finalizar el experimento no hubieron individuos muertos, en cuanto a la biomasa el número total de larvas y los bloques de EPS usados en cada repetición fueron pesadas al inicio y al final del experimento, para de esa manera poder determinar las diferencias o cambios presentados, estos resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) en los datos de poblaciones que seguían una distribución normal con varianzas iguales entre los niveles de factores, por otro lado los datos cuya es distribución resulto no normal debido a su alto coeficiente de variación y sus varianzas bastante diferentes se analizaron mediante una prueba Kruskal–Wallis, adicional a eso se aplicaron pruebas de Fisher y coeficiente de correlación para determinar diferencias significativas en tratamientos que a simple vista parecían no tenerlas. Dichos análisis se realizaron por medio del programa Excel.

#### **7.6.6. FASE VI: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Para el análisis y discusión del proceso, una vez obtenidos los resultados de las pruebas estadísticas, se analizan las diferencias significativas entre los tratamientos teniendo en cuenta el porcentaje de degradación y la biomasa final

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

obtenida, a partir de estos análisis se determinó la influencia de los diferentes tratamientos usados y si la influencia del sustrato es positiva o negativa.

### **7.6.7. FASE VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En esta fase final del proceso se analizó si el sistema experimental es eficiente y viable, y dar las recomendaciones tomando como punto de partida los análisis de los resultados de las pruebas de alimentación con poliestireno.

## **7.7. RECURSOS**

### **7.7.1. HUMANOS**

El recurso humano consiste en los dos estudiantes investigadores que ejecutan el trabajo, un asesor interno asignado por la Universidad de Cundinamarca.

### **7.7.2. INSTITUCIONALES**

El proyecto de investigación se realiza en las instalaciones del PRZ Piscilago, con la colaboración de las instalaciones para realizar la cría de los individuos y además proporcionan los individuos para llevar adelante las pruebas.

### **7.7.3. FÍSICOS, LOGÍSTICOS Y/O TÉCNICOS**

Para el muestreo y la crianza de los individuos de *Tenebrio molitor*, se requiere 33 cajas plásticas medianas, un colador para realizar el cernido, la harina y salvado de trigo los cuales son utilizados como sustrato en los muestreos y las zanahorias que proporcionan el agua a los individuos.

### **7.7.4. RECURSOS ECONÓMICOS**

El PRZ Piscilago contribuyo con el aporte de un porcentaje de los insumos y materiales tales como recipientes de plástico, alicates, malla, alambre, entre otros.

## 7.8. PRESUPUESTO

Tabla 10 Presupuesto para el muestreo

<b>CONCEPTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V/UNITARIO</b>	<b>V/TOTAL</b>
<b>RECIPIENTES</b>	42 UND	\$ 15.000	\$ 630.000
<b>HARINA DE TRIGO</b>	50 kg	\$ 2000	\$ 100.000
<b>SALVADO DE TRIGO</b>	2 kg	\$ 1500	\$ 3.000
<b>ZANAHORIA</b>	30 kg	\$ 2000	\$ 60.000
<b>MALLA ACERO-INOX. 1.2MX30M MOSQUETERA</b>	1 Rollo x 30m	\$ 91,900	\$ 91,900
<b>ALAMBRE DULCE</b>	2 kg	\$ 6.900	\$13.800
<b>ALICATES CON CORTA FRIOS</b>	2	\$ 12.000	\$ 24.000
<b>BISTURI</b>	2	\$ 2.000	\$ 4.000
<b>COLADOR</b>	2	\$ 2.000	\$ 4.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 906.000</b>

## 7.9. FINANCIAMIENTO

Este proyecto no requiere de ningún financiamiento por parte externa por lo tanto el financiamiento de los recursos económicos mencionados anteriormente serán propios.

## 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las larvas utilizadas en los diferentes tratamientos fueron en total 1800, estas fueron producidas en pie de cría que se montó para adelantar la investigación, el material de poliestireno usado fue tomado de una lámina icopor de 1 x 1, con 5 cm de grosor, procedente de la bodega de insumos del área de educación del PRZ Piscilago, al cabo de las 24 horas siguientes se evidencio que las larvas comenzaron a alimentarse del icopor, lo que se observó a simple vista por la presencia de agujeros en el material (figura 10). Dichas observaciones se repitieron cada 12 horas con el fin de observar el comportamiento alimenticio de las larvas y mantener controladas todas las condiciones del experimento.

Al finalizar el tiempo del muestreo la alimentación se confirmó por la disminución de peso de los bloques de (EPS) aplicado en cada tratamiento, el porcentaje de supervivencia fue del 100% durante los 30 días del experimento, la diferencia fue que durante la última semana del muestreo algunas de las larvas de diferentes tratamientos cambiaron de estado larval a pupa, incluso en algunos casos hubo algunos individuos que alcanzaron su estado adulto (escarabajo), disminuyendo de esa manera la biomasa y por tanto la actividad metabólica. En algunos de los tratamientos usados que carecían de sustrato el gusano de la harina consumió el (EPS) por ser su única fuente de energía, lo que influye significativamente en la ganancia de biomasa, pero no hubo muertes por hambre, esto nos muestra de al suministrar (EPS) a la dieta de estos gusanos no presenta un impacto negativo significativo en cuanto a su capacidad de supervivencia. Dichos resultados fueron comparados con los obtenidos por los científicos de la universidad de Stanford.



*Figura 10 EPS consumido por las larvas.*

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Los porcentajes de pupado obtenidos en los diferentes tratamientos se consignaron en la tabla 11, esto refleja diferencias notorias en el tiempo de desarrollo del ciclo total de vida de las larvas en los diferentes tratamientos, el tratamiento A2Z1 (EPS+ 100 g salvado +200 g zanahoria) fue el que presento un mayor porcentaje de pupado con un 32% y presento el menor porcentaje de numero de larvas con un 18%, el 50% restante de los individuos se convirtieron en adultos al finalizar los días del muestreo, completando de esta manera el ciclo (Figura 11). Estos resultados corroboran que la variación de la duración del estado larval, puede ser causal del alimento o sustrato suministrado para el desarrollo de los individuos.

*Tabla 11 Porcentajes de estados del ciclo de vida de los individuos al finalizar el muestreo.*

<b>COMPOSICION SUSTRATO</b>	<b>Promedio de larvas final (%)</b>	<b>Promedio de pupas (%)</b>	<b>Promedio de escarabajos (%)</b>
1. A1Z1 = EPS, sin sustrato, + 100 g zanahoria	85	12	3
2. A1Z2 = EPS sin sustrato, sin zanahoria	62	32	6
3. A2Z1 = EPS + 100 g salvado + 100 g zanahoria	18	32	50
4. A2Z2 = EPS + 100 g salvado, sin zanahoria	50	27	23
5. A3Z1 = EPS + 100 g harina de Trigo + 100 g zanahoria	54	27	19
6. A3Z2 = EPS + 100 g Harina de Trigo sin zanahoria	71	23	6
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>57</b>	<b>26</b>	<b>18</b>

Facultad de Ciencias Agropecuarias

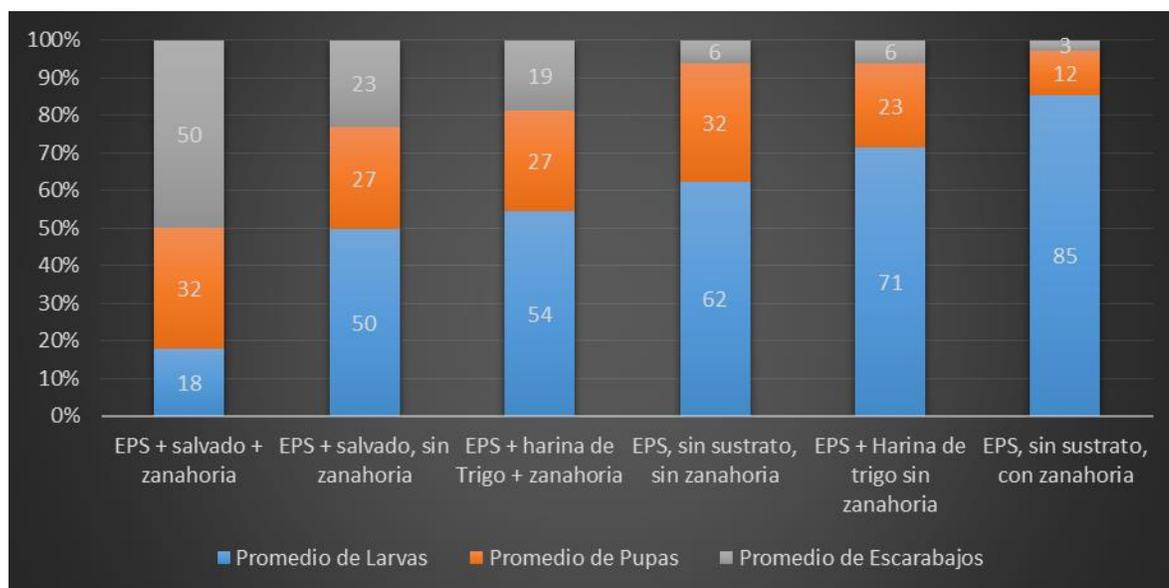


Figura 11 Estados de vida de los individuos de cada tratamiento al finalizar el muestreo.

En la tabla 12 se muestran los base de datos registrados al iniciar el muestreo, y en la tabla 13 las condiciones finales registradas a los 30 días de duración del experimento.

Tabla 12 Base de datos al iniciar el muestreo.

Sustrato	Rep.	Nº ind. inicial	Biomasa inicial (g)	Peso inicial EPS (g)
EPS, sin sustrato + zanahoria	1	100	4.5486	1.1622
	2	100	6.2574	1.1628
	3	100	5.581	1.1643
EPS, sin sustrato, sin zanahoria	1	100	5.0945	1.157
	2	100	4.1538	1.164
	3	100	4.3237	1.1638
EPS + salvado + zanahoria	1	100	5.5383	1.1628
	2	100	4.8735	1.1595
	3	100	6.184	1.1643

Facultad de Ciencias Agropecuarias

<b>EPS + salvado, sin zanahoria</b>	1	100	5.9281	1.1605
	2	100	5.2732	1.164
	3	100	4.5212	1.1639
<b>EPS + harina de Trigo + zanahoria</b>	1	100	4.7697	1.1643
	2	100	6.9828	1.1644
	3	100	5.9102	1.1632
<b>EPS + Harina de trigo sin zanahoria</b>	1	100	4.8968	1.1639
	2	100	5.4941	1.1644
	3	100	6.3071	1.1622

Tabla 13 Base de datos al finalizar el muestreo.

Sustrato	Replica		Sobrevivencia (%)	Nº larvas final	Biomasa final larvas	% Biomasa	Ganancia biomasa (%)	Nº Pupas	Nº Escarabajo	Peso final EPS (g)	Peso EPS biodegradado (g)	Biodegradación (%)
	1	Nº ind final										
<b>EPS, sin sustrato + zanahoria</b>	1	100	100	88	7.1070	156	56	11	1	0.5174	0.6448	55
	2	100	100	83	7.7293	124	24	14	3	0.3625	0.8003	69
	3	100	100	85	7.2673	130	30	11	4	0.4149	0.7494	64
<b>EPS, sin sustrato, sin zanahoria</b>	1	100	100	60	3.1691	62	-38	35	5	0.7934	0.3636	31
	2	100	100	67	3.1687	76	-24	26	7	0.8135	0.3505	30
	3	100	100	60	3.1691	73	-27	34	6	0.8265	0.3373	29
<b>EPS + salvado + zanahoria</b>	1	100	100	12	1.5737	28	-72	35	53	0.6191	0.5437	47
	2	100	100	16	2.3314	48	-52	30	54	0.6752	0.4843	42
	3	100	100	25	4.1617	67	-33	32	43	0.5324	0.6319	54
<b>EPS +</b>	1	100	100	44	4.8313	81	-19	25	31	0.6355	0.525	45

Facultad de Ciencias Agropecuarias

<b>salvado, sin zanahoria</b>	2	100	100	49	5.0343	95	-5	26	25	0.7764	0.3876	33
	3	100	100	56	5.7161	126	26	31	13	0.8433	0.3206	28
<b>EPS + harina de Trigo + zanahoria</b>	1	100	100	57	7.3663	154	54	27	16	0.8483	0.316	27
	2	100	100	46	6.2272	89	-11	26	28	0.7651	0.3993	34
	3	100	100	60	7.6615	130	30	28	12	0.8155	0.3477	30
<b>EPS + Harina de trigo sin zanahoria</b>	1	100	100	68	7.6728	157	57	27	5	1.1112	0.0527	5
	2	100	100	79	8.968	163	63	17	4	0.9293	0.2351	20
	3	100	100	67	8.5087	135	35	24	9	1.118	0.0442	4

### 8.1. ESTADISTICA DESCRIPTIVA

Como primera instancia se analiza toda la estadística descriptiva de la investigación, donde en primera instancia se evalúa las condiciones estadísticas generales, seguidamente se identifica uno a uno los tratamientos.

*Tabla 14 Estadística descriptiva de las condiciones iniciales en general*

<b>N° Larvas iniciales</b>		<b>Biomasa inicial (g)</b>		<b>Peso inicial EPS (g)</b>	
Media	100	Media	5.3688	Media	1.1629
Error típico	0	Error típico	0.1853	Error típico	0.0005
Desviación estándar	0	Desviación estándar	0.7861	Desviación estándar	0.0020
Varianza de la muestra	0	Varianza de la muestra	0.6180	Varianza de la muestra	0.0000

En la *tabla 14* se aprecia que para todos los tratamientos con sus respectivas replicas, la cantidad de individuos en su estadio larval es 100. Con una biomasa inicial promedio y un margen de error de  $5.38 \pm 0.18\%$  en todos los casos. El valor de las varianzas y la desviación estándar nos indica que las condiciones iniciales del experimento son homogéneas. En cuanto al peso inicial del Poliestireno Expandido EPS; teniendo en cuenta cada tratamiento con sus tres replicas es en promedio de 1.1629 g. modificando así la metodología de referencia, en donde se

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

utiliza 500 individuos y 5,8 g de EPS<sup>82</sup>, como se plasma en el diseño metodológico de esta investigación; la cantidad que se requeriría superaba la capacidad de la línea de producción, por ende se obtiene la quinta parte de esa muestra y del peso del EPS, para tener acceso a toda la cantidad de individuos necesarios la implementación de la investigación.

*Tabla 15 Estadística descriptiva de las condiciones finales de los individuos en general.*

<b>N° Individuos final</b>		<b>N° Larvas final</b>		<b>Biomasa final larvas</b>		<b>% Biomasa</b>	
<i>Media</i>	100	<i>Media</i>	56.7778	<i>Media</i>	5.6480	<i>Media</i>	105.3775
<i>Error típico</i>	0	<i>Error típico</i>	5.2197	<i>Error típico</i>	0.5394	<i>Error típico</i>	9.7649
<i>Desviación estándar</i>	0	<i>Desviación estándar</i>	22.1454	<i>Desviación estándar</i>	2.2884	<i>Desviación estándar</i>	41.4291
<i>Varianza de la muestra</i>	0	<i>Varianza de la muestra</i>	490.4183	<i>Varianza de la muestra</i>	5.2367	<i>Varianza de la muestra</i>	1716.3701

Según las pruebas estadísticas descriptivas reflejadas en la *tabla 15*, en cuanto a las condiciones finales dadas para los individuos después de los 30 días de muestreo; se obtuvieron en todos los tratamientos los 100 individuos que iniciaron en cada tratamiento; sin embargo, solo continuaron un promedio de 56.77 en su estadio larval ya que según su morfología cuando llegan a su estado adulto pasan por un periodo de transformación de larva a pupa y finalmente a escarabajo para lograr así su reproducción. Cabe aclarar que para el estudio se requiere en su estadio larval ya que en este es cuanta mayor cantidad de EPS consumen. Para la biomasa obtenida se evidencia que en promedio y con un error típico de  $5.64 \pm 0.53$  para los tratamientos. El porcentaje de biomasa para las 18 réplicas fue del 105.37 %. Los datos obtenidos para la varianza y la desviación estándar muestran resultados heterogéneos, lo que denota cambios relevantes de las condiciones finales respecto a las condiciones iniciales del experimento.

<sup>82</sup> YANG, Jun, Egg. Evidence of Polyethylene Biodegradation by Bacterial Strains from the Guts of Plastic-Eating Waxworms, 2014. p.13776.2015

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Tabla 16 Estadística descriptiva de los porcentajes de sobrevivencia y ganancia de biomasa para las condiciones finales de los tratamientos en general

% <b>Sobrevivencia</b>		% <b>Ganancia de biomasa</b>	
Media	100	Media	5.3775
Error típico	0	Error típico	9.7649
Mediana	100	Mediana	9.4960
Moda	100	Moda	#N/A
Desviación estándar	0	Desviación estándar	41.4291
Varianza de la muestra	0	Varianza de la muestra	1716.3701

En la *tabla 16* se observa que en cuanto al porcentaje de sobrevivencia, ya que no se registró mortalidades se encuentra en un 100% en todos los tratamientos con sus respectivas replicas, además los valores obtenidos para media, mediana y moda son exactamente iguales indicando que los datos siguen una distribución completamente normal, sin embargo para la ganancia de biomasa para media, mediana, moda, varianza y desviación indican que los datos siguen una distribución no normal, y se encuentra un promedio con un error típico de  $5.37 \pm 9.76\%$ , donde nos refleja que las condiciones son heterogéneas entre los tratamientos.

Tabla 17 Estadística descriptiva de las condiciones finales para el EPS en general

<b>Peso final EPS (g)</b>		<b>Peso EPS Biodegradado (g)</b>		<b>% Biodegradación</b>	
<b>Media</b>	0.7443	Media	0.4186	Media	35.9956
<b>Error típico</b>	0.0489	Error típico	0.0489	Error típico	4.2044
<b>Desviación estándar</b>	0.2076	Desviación estándar	0.2074	Desviación estándar	17.8379
<b>Varianza de la muestra</b>	0.0431	Varianza de la muestra	0.0430	Varianza de la muestra	318.1899

En la *tabla 17* las condiciones finales para el EPS en cada uno de los tratamientos con sus respectivas réplicas, como primera medida el peso final de EPS en promedio fue de 0.7443 g, en cuanto al peso del EPS Biodegradado en promedio fue de 0.4186 g y para el porcentaje de biodegradación se obtuvo un promedio con un error típico de  $35.99 \pm 4.2\%$ , este resultado al ser comparado con el

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

porcentaje de biodegradación del estudio de referencia  $31 \pm 1.7\%$ <sup>83</sup>, se supera este porcentaje lo que se evidencia que las condiciones a las cuales estaban expuestas las larvas (sustrato y fuente de agua) ejercen una reacción favorable en el proceso de biodegradación.

**8.1.1. ESTADISTICA DESCRIPTIVA DE LOS TRATAMIENTOS**

A continuación se detalla lo análisis estadísticos descriptivos para cada uno de los tratamientos, los cuales estuvieron durante un periodo de 30 días con condiciones controladas y especificadas para cada tratamiento

**8.1.1.1. CONDICIONES INICIALES**

*Tabla 18 Estadística descriptiva de los tratamientos para las larvas iniciales*

	A1Z1	A1Z2	A2Z1	A2Z2	A3Z1	A3Z2
<b>Media</b>	100	100	100	100	100	100
<b>Desviación</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Varianza</b>	0	0	0	0	0	0
<b>% CV</b>	0	0	0	0	0	0

En cada tratamiento se dispone 300 larvas en tres replicas (cada replica de 100 individuos), con condiciones específicas de muestreo (sustrato y/o fuente de agua) durante un periodo de 30 días, como se expresa en la tabla 18. Los resultados de una supervivencia varianza y desviación estándar nos muestran una distribución de los datos completamente normal, las condiciones iniciales para este parámetro son estadísticamente iguales.

*Tabla 19 Estadística descriptiva de los tratamientos para la biomasa inicial*

	A1Z1	A1Z2	A2Z1	A2Z2	A3Z1	A3Z2
<b>Media</b>	5.4623	4.524	5.5319	5.2408	5.8875	5.566
<b>Desviación</b>	0.8605	0.5013	0.6552	0.7040	1.1067	0.7078

<sup>83</sup> YANG, Jun, Egg. Evidence of Polyethylene Biodegradation by Bacterial Strains from the Guts of Plastic-Eating Waxworms, 2014. p.13776.

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

<b>Varianza</b>	0.7405	0.2513	0.4293	0.4956	1.2248	0.5011
<b>% CV</b>	15.7544	11.0812	11.8452	13.4331	18.7976	12.7181

Dado lo expresado en la tabla 19, se observa que respecto a la biomasa inicial teniendo en cuenta la varianza y el %CV, se tiene una distribución normal, ya que los datos son simétricos. Los valores iniciales de biomasa son estadísticamente iguales para todos los tratamientos

*Tabla 20 Estadística descriptiva de los tratamientos para el EPS inicial (g).*

	<b>A1Z1</b>	<b>A1Z2</b>	<b>A2Z1</b>	<b>A2Z2</b>	<b>A3Z1</b>	<b>A3Z2</b>
<b>Media</b>	1.1631	1.1616	1.1622	1.1628	1.1639	1.1635
<b>Desviación</b>	0.0010	0.0039	0.0024	0.0019	0.0006	0.0011
<b>Varianza</b>	1.17E-06	1.588E-05	6.03E-06	3.97E-06	4.433E-07	1.33E-06
<b>% CV</b>	0.0929	0.3430	0.2112	0.1713	0.0572	0.0991

En la tabla 20 se evidencia que en el muestreo se utiliza relativamente la misma cantidad de EPS en cada replica de los tratamiento, por ende los datos tienen una distribución homogénea. Los valores iniciales del peso inicial del EPS son estadísticamente iguales para todos los tratamientos

Al hacer una observación se infiere que todos los tratamientos inician en las mismas condiciones, que son estadísticamente iguales para todos los tratamientos, no se presentan diferencias que puedan llegar a sesgar los resultados del experimento.

### 8.1.1.2. CONDICIONES FINALES

*Tabla 21 Estadística descriptiva de los tratamientos para los individuos finales*

	A1Z1	A1Z2	A2Z1	A2Z2	A3Z1	A3Z2
<b>Media</b>	100	100	100	100	100	100
<b>Desviación</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Varianza</b>	0	0	0	0	0	0
<b>% CV</b>	0	0	0	0	0	0

Los datos estadísticos representados en la tabla 21, indican que al finalizar el muestreo; aunque los individuos no continuaron todos en estado larval, ya que por su morfología después de un tiempo prolongado continúan con su ciclo vital transformándose de larva a pupa y finalmente en escarabajo; para lograr así su reproducción, si se encontró que no se presentó ninguna mortalidad. Cabe connotar que el ejercicio se requiere son los individuos en estado larval. Los resultados muestran una distribución normal.

*Tabla 22 Estadística descriptiva de los tratamientos para las larvas finales*

	A1Z1	A1Z2	A2Z1	A2Z2	A3Z1	A3Z2
<b>Media</b>	85.3333	62.3333	17.6666	49.6666	54.3333	71.3333
<b>Desviación</b>	2.5166	4.0414	6.6583	6.0277	7.3711	6.6583
<b>Varianza</b>	6.3333	16.3333	44.3333	36.3333	54.3333	44.3333
<b>% CV</b>	2.9491	6.4836	37.6886	12.1363	13.5664	9.3341

Dado lo señalado en la tabla 22 se observa que haciendo referencia a las larvas que continuaron en este estado al finalizar el muestreo, no fue homogéneo para esta variable, ya que según la varianza entre cada tratamiento se registró variaciones significativas.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

*Tabla 23 Estadística descriptiva de los tratamientos para la biomasa final.*

	A1Z1	A1Z2	A2Z1	A2Z2	A3Z1	A3Z2
<b>Media</b>	7.3678	3.1689	2.6889	5.1939	7.0850	8.383
<b>Desviación</b>	0.3231	0.0002	1.3305	0.4634	0.7573	0.6566
<b>Varianza</b>	0.1043	5.333E-08	1.7703	0.2148	0.5736	0.4312
<b>% CV</b>	4.3853	0.0072	49.4816	8.9237	10.6901	7.8330

En la tabla 23, donde se refleja los datos estadísticos relevantes para la biomasa en condiciones finales, nos indica que los datos se distribuyen de manera no normal ya que como se aprecia en la varianza y %CV refleja una variación significativa entre los tratamientos.

*Tabla 24 Estadística descriptiva de los tratamientos para el porcentaje de biomasa*

	A1Z1	A1Z2	A2Z1	A2Z2	A3Z1	A3Z2
<b>Media</b>	136.661	70.5955	47.8503	101.1322	124.4168	151.6088
<b>Desviación</b>	17.2878	7.4173	19.4415	22.9942	32.9412	14.8294
<b>Varianza</b>	298.8685	55.0173	377.9722	528.7376	1085.1258	219.9119
<b>% CV</b>	12.6501	10.5068	40.6298	22.7368	26.4765	9.7813

Dado la varianza y el %CV, de la tabla 24, se analiza que los datos arrojados no son homogéneos por ende requieren de un método de estudio con una análisis de varianza para datos no paramétricos.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Tabla 25 Estadística descriptiva de los tratamientos para el porcentaje de sobrevivencia

	A1Z1	A1Z2	A2Z1	A2Z2	A3Z1	A3Z2
<b>Media</b>	100	100	100	100	100	100
<b>Desviación</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Varianza</b>	0	0	0	0	0	0
<b>% CV</b>	0	0	0	0	0	0

Al no tener la pérdida de ningún individuo, el porcentaje de sobrevivencia es 100% como se expresa en la tabla 25, ya que la varianza y el % CV es 0. La distribución es completamente normal.

Tabla 26 Estadística descriptiva de los tratamientos para el porcentaje de ganancia de biomasa

	A1Z1	A1Z2	A2Z1	A2Z2	A3Z1	A3Z2
<b>Media</b>	36.6611	-29.4044	-52.1496	1.1322	24.4168	51.6088
<b>Desviación</b>	17.2878	7.4173	19.4415	22.9942	32.9412	14.8294
<b>Varianza</b>	298.8685	55.0173	377.9722	528.7376	1085.1258	219.9119
<b>% CV</b>	47.1556	-25.2253	-37.2802	2030.9059	134.9121	28.7342

Según se aprecia en la tabla 26, entre los diferentes tratamientos hubo diferencias en lo referente a la ganancia de biomasa, dado que en algunos tratamientos no aumento sino disminuyo, los cual se refleja en la varianza y % CV, cuyos valores son asimétricos y varían entre cada tratamiento.

Tabla 27 Estadística descriptiva de los tratamientos para el peso final del EPS

	A1Z1	A1Z2	A2Z1	A2Z2	A3Z1	A3Z2
<b>Media</b>	0.4316	0.8111	0.6089	0.7517	0.8096	1.0528
<b>Desviación</b>	0.0787	0.0166	0.0719	0.1060	0.0419	0.1070
<b>Varianza</b>	0.0062	0.0002	0.0051	0.0112	0.0017	0.0114

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

<b>% CV</b>	18.2550	2.0559	11.8154	14.1104	5.1763	10.1665
-------------	---------	--------	---------	---------	--------	---------

Aunque el consumo de poliestireno no fue igual en todos los tratamientos no hubo grandes diferencias como se nota en la tabla 27 donde se observa una varianza y un % CV relativamente parecido en cada tratamiento siendo esto homogéneo para el muestreo con este parámetro analizado.

*Tabla 28 Estadística descriptiva de los tratamientos para el peso del EPS Biodegradado*

	<b>A1Z1</b>	<b>A1Z2</b>	<b>A2Z1</b>	<b>A2Z2</b>	<b>A3Z1</b>	<b>A3Z2</b>
<b>Media</b>	0.7315	0.3504	0.5533	0.4110	0.3543	0.1106
<b>Desviación</b>	0.0792	0.0131	0.0742	0.1042	0.0420	0.1078
<b>Varianza</b>	0.0062	0.0001	0.0055	0.0108	0.0017	0.0116
<b>% CV</b>	10.8380	3.7521	13.4225	25.3489	11.8657	97.4513

*Tabla 29 Estadística descriptiva de los tratamientos para el porcentaje de biodegradación*

	<b>A1Z1</b>	<b>A1Z2</b>	<b>A2Z1</b>	<b>A2Z2</b>	<b>A3Z1</b>	<b>A3Z2</b>
<b>Media</b>	62.8903	30.1734	47.5995	35.3611	30.4415	9.5072
<b>Desviación</b>	6.7932	1.2229	6.2948	9.0253	3.6073	9.2592
<b>Varianza</b>	46.1479	1.4954	39.6248	81.4570	13.0130	85.7331
<b>% CV</b>	10.8016	4.0529	13.2245	25.5233	11.8500	97.3914

En la tabla 28 y 29 se obtienen varianzas muy diferentes entre los tratamientos, se muestra el % CV > 70%, indica que los datos son heterogéneos como se ve en el tratamiento A3Z2, no son simétricos por ende no tienen una distribución normal y se aplica un método estadístico de análisis de varianza para datos no paramétricos.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

## 8.2. ANALISIS DE VARIANZAS

Al culminar el experimento los datos obtenidos son analizados mediante diferentes pruebas estadísticas por medio del programa EXCEL de la siguiente manera:

Se realizó el análisis de los datos a través de un análisis de la varianza (Anova), para establecer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Este análisis se aplicó para los datos que seguían una distribución normal y sus varianzas no diferían mucho y para aquellos que presentaron heterogeneidad se realizó una prueba Kruskal-wallis.. Mediante una prueba Fisher se analizó si había diferencias significativas entre los tratamientos que a simple vista parecían arrojar los mismos resultados.

Se determinó el coeficiente de correlación para constatar si existía alguna relación lineal entre las variables respuesta, porcentaje de biodegradación y biomasa final, Los resultados de estas pruebas se muestran y se analizan a continuación:

### 8.2.1. BIOMASA INICIAL

Como se demuestra en la tabla 30 las varianzas obtenidas para la biomasa en condiciones iniciales para los tratamientos, tienen una distribución normal mostrando un carácter homogéneo.

*Tabla 30 Análisis de varianza de un factor para la Biomasa Inicial*

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>	<b>Desviación</b>	<b>% CV</b>
<b>Tratamiento A1Z1</b>	3	16.3870	5.4623	0.7405	0.8605	16%
<b>Tratamiento A1Z2</b>	3	13.5720	4.5240	0.2513	0.5013	11%
<b>Tratamiento A2Z1</b>	3	16.5958	5.5319	0.4293	0.6552	12%
<b>Tratamiento A2Z2</b>	3	15.7225	5.2408	0.4956	0.7040	13%
<b>Tratamiento A3Z1</b>	3	17.6627	5.8875	1.2248	1.1067	19%
<b>Tratamiento A3Z2</b>	3	16.6980	5.5660	0.5011	0.7078	13%

*Tabla 31 Análisis de varianza Biomasa inicial*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
<b>Entre grupos</b>	3.2202	5	0.6440	1.06080	0.4280	3.1058
<b>Dentro de</b>	7.2856	12	0.6071			

Facultad de Ciencias Agropecuarias

los grupos						
<b>Total</b>	10.5059	17				

Los resultados del análisis de varianza demostrados en la tabla 31, referentes a la biomasa con la que se inició el experimento para los 6 tratamientos, dan como resultado que no hay diferencias significativas entre los diferentes tratamientos P ( $0.429 > 0.05$ ), lo que indica que estadísticamente todos los tratamientos al iniciar el experimento tenían las mismas condiciones respecto a la biomasa de los individuos.

### 8.2.2. BIOMASA FINAL

Según lo expresado en la tabla 32 para la biomasa de las larvas que finalizaron en ese estadio el muestreo, no cuentan con una distribución normal ya que la varianza del tratamiento A<sub>1</sub>Z<sub>2</sub> difiere notablemente de los demás tratamiento al igual que el % CV.

Tabla 32 Análisis de varianza de un factor Biomasa final larvas

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación	% CV
Tratamiento A1Z1 (g)	3	22.1036	7.3678	0.1043	0.3231	4%
Tratamiento A1Z2 (g)	3	9.5069	3.1689	5.333E-08	0.0002	0%
Tratamiento A2Z1 (g)	3	8.0668	2.6889	1.7703	1.3305	49%
Tratamiento A2Z2 (g)	3	15.5817	5.1939	0.2148	0.4635	9%
Tratamiento A3Z1 (g)	3	21.2550	7.0850	0.5736	0.7574	11%
Tratamiento A3Z2 (g)	3	25.1495	8.3831	0.4312	0.6567	8%

Tabla 33 Análisis de varianza Kruskal Wallis para la Biomasa final de las larvas.

H calculado	15.4094
H teórico	11.0705
Probabilidad	0.0087

Hc<Ht existe igualdad

Hc>Ht hay diferencias

Aplicando la fórmula para el análisis de varianza no paramétrico Kruskal Wallis hay diferencias, analizando la biomasa final de las larvas en los 6 tratamientos Hc > Ht y dado que P (0.0087<0.05) (tabla 33), lo que nos dice que hay diferencias significativas entre la biomasa final de las larvas en los diferentes tratamientos. El tratamiento con el valor promedio de biomasa más alto fue el tratamiento 6 con un promedio de 8.3831 g. y el valor más bajo lo presentó el tratamiento con un peso promedio de biomasa de 2.6889 g.

### 8.2.3. GANANCIA DE BIOMASA

Según la tabla 34; donde se realiza el análisis para la ganancia de biomasa durante el muestreo, indica que no tiene una distribución normal ya que las varianzas de los tratamientos difieren notablemente entre sí, al igual que el % CV.

Tabla 34 Análisis de varianza de un factor para la ganancia de biomasa

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación	% CV
Tratamiento A1Z1	3	109.9834	36.6611	298.8685	17.2878	47%
Tratamiento A1Z2	3	-88.2133	-29.4044	55.0173	7.4174	-25%
Tratamiento A2Z1	3	-156.4488	-52.1496	377.9722	19.4415	-37%
Tratamiento A2Z2	3	3.3966	1.1322	528.7376	22.9943	2031%
Tratamiento A3Z1	3	73.2504	24.4168	1085.1258	32.9412	135%
Tratamiento A3Z2	3	154.8264	51.6088	219.9119	14.8294	29%

Tabla 35 Análisis de varianza Kruskal Wallis para la ganancia de biomasa.

H calculado	14.5906
H teórico	11.0705
Probabilidad	0.01226

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Hc<Ht existe igualdad  
Hc>Ht hay diferencias

Aplicando la fórmula para el análisis de varianza no paramétrico Kruskal Wallis, los resultados de esta prueba aplicada referente al porcentaje de ganancia de biomasa para los 6 tratamientos se expresan en la tabla 34 donde Hc>Ht y ( $P=0.01226<0.05$ ), lo que nos dice que hay diferencias significativas entre los diferentes porcentajes de ganancia de biomasa de los tratamientos. El tratamiento con el porcentaje de ganancia de biomasa más alto fue el tratamiento A<sub>3</sub>Z<sub>2</sub> con un (%51.61) y el valor más bajo lo presentó el tratamiento A<sub>2</sub>Z<sub>1</sub> con un porcentaje de biomasa del (%-52.1).

Se puede determinar que en la investigación; el tratamiento A<sub>3</sub>Z<sub>2</sub> tiene valores más elevados en porcentajes de ganancia de biomasa, En comparación con el estudio realizado por Weimin Wu (2015) quien obtuvo una disminución del 24,9% después de tan solo un período de 16 días, a diferencia del tratamiento A<sub>2</sub>Z<sub>1</sub> que si presentó una disminución de porcentaje de biomasa bastante notable.

**8.2.4. PESO INICIAL EPS**

En la tabla 36 se expresa las varianzas obtenidas para el peso del poliestireno (EPS) en condiciones iniciales para diferentes los tratamientos, las cuales tienen una distribución normal mostrando un carácter homogéneo.

*Tabla 36 Análisis de un factor para el peso inicial del EPS*

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>	<b>desviación</b>	<b>% CV</b>
<b>Tratamiento A1Z1 (g)</b>	3	3.4893	1.1631	1.17E-06	0.0011	0.0930
<b>Tratamiento A1Z2 (g)</b>	3	3.4848	1.1616	1.59E-05	0.0040	0.3431
<b>Tratamiento A2Z1 (g)</b>	3	3.4866	1.1622	6.03E-06	0.0025	0.2113
<b>Tratamiento A2Z2 (g)</b>	3	3.4884	1.1628	3.97E-06	0.0020	0.1714
<b>Tratamiento A3Z1 (g)</b>	3	3.4919	1.1640	4.43E-07	0.0007	0.0572
<b>Tratamiento A3Z2 (g)</b>	3	3.4905	1.1635	1.33E-06	0.0012	0.0991

*Tabla 37 Análisis de varianza para el peso inicial del EPS*

Facultad de Ciencias Agropecuarias

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1.11561E-05	5	2.23122E-06	0.4644	0.7955	3.1058
Dentro de los grupos	5.76467E-05	12	4.80389E-06			
<b>Total</b>	6.88028E-05	17				

Los resultados del análisis de varianza demostrados en la tabla 37, referentes a la peso del poliestireno con la que se inició el experimento para los 6 tratamientos, dan como resultado que no hay diferencias significativas entre los diferentes tratamientos P ( $0.7955 > 0.05$ ), lo que indica que estadísticamente todos los tratamientos al iniciar el experimento tenían las mismas condiciones respecto al peso del poliestireno con el que inicio el muestreo.

### 8.2.5. PESO FINAL EPS

Según lo expresado en la tabla 38; donde se realiza el análisis para el peso final del poliestireno al terminar el muestreo, indica que no tiene una distribución normal ya que las varianzas de los tratamientos difieren notablemente entre sí, al igual que el % CV.

Tabla 38 Análisis de un factor para el peso final EPS

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>	<i>Desviación</i>	<i>% CV</i>
Tratamiento A1Z1 (g)	3	1.2948	0.4316	0.0062	0.0788	18.2550
Tratamiento A1Z2 (g)	3	2.4334	0.8111	0.0002	0.0167	2.0559
Tratamiento A2Z1 (g)	3	1.8267	0.6089	0.0051	0.0719	11.8155
Tratamiento A2Z2 (g)	3	2.2552	0.7517	0.0112	0.1061	14.1105
Tratamiento A3Z1 (g)	3	2.4289	0.8096	0.0017	0.0419	5.1763
Tratamiento A3Z2 (g)	3	3.1585	1.0528	0.0114	0.1070	10.1666

Tabla 39 Análisis de varianza para el peso final EPS

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.6602	5	0.1320	21.9326	1.1826E-05	3.1058
Dentro de los grupos	0.0722	12	0.0060			
<b>Total</b>	0.7325	17				

Los resultados de esta prueba aplicada en la tabla 39, referente al peso final del EPS para los 6 tratamientos dan como resultado que  $P (1.1826E-05 < 0.05)$  lo que nos dice que hay diferencias altamente significativas entre el peso final del EPS de los diferentes tratamientos. El tratamiento con el valor promedio de peso final del EPS más alto fue el tratamiento  $A_3Z_2$  con un promedio de 1.052 g. y el valor más bajo lo presentó el tratamiento  $A_1Z_1$  con un peso final de EPS 0.4316 g lo que no da indicios de una mayor actividad metabólica en el tratamiento  $A_1Z_1$  y una menor actividad en el tratamiento  $A_3Z_2$ .

### 8.2.6. PESO EPS BIODEGRADADO

En la tabla 40; donde se realiza el análisis para el peso poliestireno biodegradado al finalizar el muestreo, indica que no tiene una distribución normal ya que aunque las varianzas de los tratamientos no difieren notablemente entre sí, según la teoría si el valor de % CV es mayor al 70% los datos son asimétricos por ende heterogéneos como sucede en el tratamiento  $A_3Z_2$ .

Tabla 40 Análisis de un factor peso EPS biodegradado

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desvi.	% CV
Tratamiento A1Z1 (g)	3	2.1945	0.7315	0.0063	0.0793	10.8380
Tratamiento A1Z2 (g)	3	1.0514	0.3505	0.0002	0.0132	3.7521
Tratamiento A2Z1 (g)	3	1.6599	0.5533	0.0055	0.0743	13.4225
Tratamiento A2Z2	3	1.2332	0.4111	0.0109	0.1042	25.3489

Facultad de Ciencias Agropecuarias

(g)						
Tratamiento A3Z1 (g)	3	1.0630	0.3543	0.0018	0.0420	11.8657
Tratamiento A3Z2 (g)	3	0.3320	0.1107	0.0116	0.1078	97.4514

Tabla 41 Análisis de varianza Kruskal Wallis para el EPS biodegradado

<b>H calculado</b>	<b>14.5205</b>
<b>H teórico</b>	11.0705
<b>Probabilidad</b>	0.0126

Hc<Ht existe igualdad  
Hc>Ht hay diferencias

Aplicando la fórmula para el análisis de varianza no paramétrico; en este caso Kruskal Wallis, aplicada referente a la peso biodegradado del EPS para los 6 tratamientos dan como resultado que  $H_c > H_t$  y ( $P=0.0126 < 0.05$ ) (tabla 41), indica que hay diferencias significativas entre el peso biodegradado del EPS de todos los tratamientos. El tratamiento con el valor de peso biodegradado del EPS más alto fue el tratamiento A<sub>1</sub>Z<sub>1</sub> con un promedio de 0.7315 g. y el valor más bajo lo presento el tratamiento A<sub>3</sub>Z<sub>2</sub> con un peso biodegradado de EPS de 0.1107 g.

### 8.2.7. PORCENTAJE DE BIODEGRADACIÓN

En la tabla 42; donde se realiza el análisis para el porcentaje de biodegradación al finalizar el muestreo, indica que no tiene una distribución normal ya que aunque las varianzas de los tratamientos difieren notablemente entre sí, según la teoría si el valor de % CV es mayor al 70% los datos son asimétricos por ende heterogéneos como sucede en el tratamiento A<sub>3</sub>Z<sub>2</sub>.

Tabla 42 Análisis de un factor para el porcentaje de biodegradación

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación	% CV
Tratamiento A1Z1	3	188.6711	62.8904	46.1479	6.7932	10.8017
Tratamiento A1Z2	3	90.5204	30.1735	1.4955	1.2229	4.0529
Tratamiento A2Z1	3	142.7988	47.5996	39.6249	6.2948	13.2245

Facultad de Ciencias Agropecuarias

<b>Tratamiento A2Z2</b>	3	106.0834	35.3611	81.4570	9.0254	25.5234
<b>Tratamiento A3Z1</b>	3	91.3248	30.4416	13.0130	3.6074	11.8501
<b>Tratamiento A3Z2</b>	3	28.5217	9.5072	85.7331	9.2592	97.3914

Tabla 43 Análisis de varianza Kruskal Wallis para el porcentaje de biodegradación

<b>H calculado</b>	<b>14.5205</b>
<b>H teórico</b>	11.0705
<b>Probabilidad</b>	0.0126

Hc<Ht existe igualdad  
Hc>Ht hay diferencias

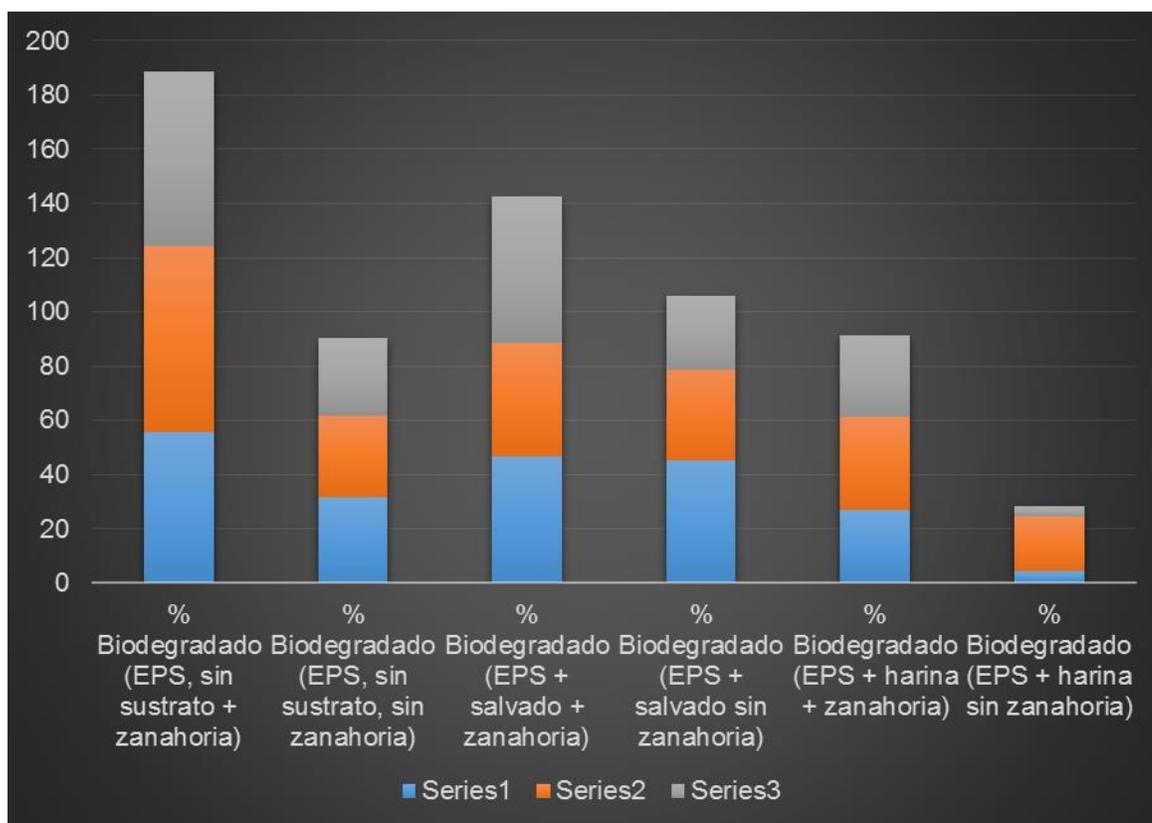


Figura 12 Porcentaje de Biodegradación por tratamiento

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Aplicando la fórmula para el análisis de varianza no paramétrico; en este caso Kruskal Wallis. los resultados de esta prueba aplicada referente al porcentaje de EPS biodegradado para los 6 tratamientos dan como resultado que  $H_c > H_t$  ( $P=0.0126 < 0.05$ ) (tabla 43), lo que nos dice que hay diferencias significativas entre los diferentes porcentajes EPS biodegradado de los tratamientos. El tratamiento con el porcentaje de biodegradación más alto fue el tratamiento  $A_1Z_1$  con un  $(62.9 \pm 3,9\%)$  de la masa inicial 1,1631 g y el porcentaje más bajo lo presento el tratamiento  $A_3Z_2$  con un porcentaje del  $(9.51 \pm 5,4\%)$  de la masa inicial 1,1635 g.

Se puede determinar con esta investigación que el tratamiento  $A_1Z_1$  tiene valores más elevados en porcentajes biodegradación del material, en comparación con el estudio realizado por Weimin Wu (2015) quien obtuvo una disminución del  $31,0 \pm 1,7\%$  de la masa inicial (5,8 g) dentro de los 30 días, a diferencia del tratamiento  $A_3Z_2$  que presento un porcentaje de biodegradación mucho más bajo. Estos resultados nos corroboran que en el tratamiento  $A_1Z_1$  hubo una mayor actividad metabólica y una menor actividad en el tratamiento  $A_3Z_2$ .

**8.2.8. PRUEBAS FISHER.**

A continuación se comparan en forma particular el tratamiento  $A_1Z_1$  y  $A_1Z_2$  para corroborar si presentan diferencias significativas

*Tabla 44 Análisis de un factor para el porcentaje de biodegradación del tratamiento  $A_1Z_1$  y tratamiento  $A_1Z_2$*

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>	<b>Desv</b>	<b>% CV</b>
<b>Tratamiento A1Z1</b>	3	188.6710	62.8903	46.1479	6.7932	10.8016
<b>Tratamiento A1Z2</b>	3	90.5204	30.1734	1.4954	1.2229	4.0529

*Tabla 45 Análisis de varianza para el porcentaje de biodegradación del tratamiento  $A_1Z_1$  y tratamiento  $A_1Z_2$*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
<b>Entre</b>	1605.5919	1	1605.5919	67.4003	0.0011	7.7086

Facultad de Ciencias Agropecuarias

grupos						
Dentro de los grupos	95.2868	4	23.8217			
Total	1700.8788	5				

Los resultados de esta prueba aplicada referente al porcentaje de EPS biodegradado para los tratamientos  $A_1Z_1$  y  $A_1Z_2$  dan como resultado que  $P = (0.0011 < 0.05)$ , lo que nos dice que hay diferencias altamente significativas entre los porcentajes EPS biodegradado entre los tratamientos (tabla 44). El tratamiento con el porcentaje de biodegradación más alto fue el tratamiento  $A_1Z_1$  con un  $(62.9 \pm 3,9\%)$  de la masa inicial 1,1631 g y el porcentaje más bajo lo presentó el tratamiento  $A_1Z_2$  con un porcentaje del  $(30.2 \pm 0,71 \%)$  de la masa inicial 1,1616 g (tabla 45).

A continuación se comparan en forma particular el tratamiento  $A1Z1$  y  $A2Z1$  para corroborar si presentan diferencias significativas entre los dos tratamientos.

Tabla 46 Análisis de un factor para el porcentaje de biodegradación del tratamiento  $A1Z1$  y tratamiento  $A2Z1$

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desv.	% CV
Tratamiento $A1Z1$	3	188.6710	62.8903	46.1479	6.7932	10.8017
Tratamiento $A2Z1$	3	142.7987	47.5995	39.6248	6.2948	13.2245

Tabla 47 Análisis de varianza para el porcentaje de biodegradación del tratamiento  $A1Z1$  y tratamiento  $A2Z1$

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	350.7113	1	350.7113	8.1776	0.0459	7.7086
Dentro de los grupos	171.5456	4	42.8864			
Total	522.2570	5				

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Los resultados de esta prueba aplicada referente al porcentaje de EPS biodegradado para los tratamientos A<sub>1</sub>Z<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>Z<sub>1</sub> dan como resultado que  $P=(0.0459<0.05)$ , lo que indica que hay diferencias significativas entre los porcentajes EPS biodegradado entre los tratamientos (tabla 46). El tratamiento con el porcentaje de biodegradación más alto fue el tratamiento A<sub>1</sub>Z<sub>1</sub> con un  $(62.9 \pm 3,9\%)$  de la masa inicial 1,1631 g y el porcentaje más bajo lo presentó el tratamiento A<sub>2</sub>Z<sub>1</sub> con un porcentaje del  $(47.599 \pm 3,63 \%)$  de la masa inicial 1,1622 g (tabla 47).

A continuación se comparan en forma particular el tratamiento A<sub>1</sub>Z<sub>2</sub> y A<sub>3</sub>Z<sub>1</sub> para corroborar si presentan diferencias significativas entre los dos tratamientos ya que presentan medias bastante similares.

*Tabla 48 Análisis de un factor para el porcentaje de biodegradación del tratamiento A1Z2 y tratamiento A3Z1*

<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>	<b>Desv.</b>	<b>% CV</b>
<b>Tratamiento A1Z2</b>	3	90.5204	30.1734	1.4954	1.2229	4.0529
<b>Tratamiento A3Z1</b>	3	91.3247	30.4415	13.0130	3.6074	11.8501

*Tabla 49 Análisis de varianza para el porcentaje de biodegradación del tratamiento A1Z2 y tratamiento A3Z1*

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
<b>Entre grupos</b>	0.1078	1	0.1078	0.0148	0.9088	7.7086
<b>Dentro de los grupos</b>	29.0170	4	7.2542			
<b>Total</b>	29.1248	5				

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Los resultados de esta prueba aplicada referente al porcentaje de EPS biodegradado para los tratamientos A<sub>1</sub>Z<sub>2</sub> y A<sub>3</sub>Z<sub>1</sub> dan como resultado que  $P=(0.9088>0.05)$ , lo que nos dice que no hay diferencias significativas entre los porcentajes EPS biodegradado entre los tratamientos. Como se mencionó ambos tratamiento presentan medias bastante similares y al hacer la prueba no se dan diferencias significativas, lo que quiere decir que estadísticamente las condiciones finales del porcentaje de EPS en ambos tratamientos son iguales.

**8.2.9. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN**

Esta prueba se hizo con el fin de determinar la posible relación que puede existir entre la ganancia de biomasa y el porcentaje de material biodegradado.

*Tabla 50 Coeficiente de correlaciones entre los tratamientos*

<b>TRATAMIENTO A1Z1</b>		
<i>EPS, sin sustrato, con zanahoria</i>	<i>Ganancia de biomasa (%)</i>	<i>Biodegradado (%)</i>
<b>Ganancia de biomasa (%)</b>	1	
<b>Biodegradado (%)</b>	-0.9902	1
<b>TRATAMIENTO A1Z2</b>		
<i>EPS, sin sustrato, sin zanahoria</i>	<i>Ganancia de biomasa (%)</i>	<i>Biodegradado (%)</i>
<b>Ganancia de biomasa (%)</b>	1	
<b>Biodegradado (%)</b>	-0.7759	1
<b>TRATAMIENTO A2Z1</b>		
<i>EPS + salvado + zanahoria</i>	<i>Ganancia de biomasa (%)</i>	<i>Biodegradado (%)</i>
<b>Ganancia de biomasa (%)</b>	1	
<b>Biodegradado (%)</b>	0.5973	1
<b>TRATAMIENTO A2Z2</b>		
<i>EPS + salvado, sin zanahoria</i>	<i>Ganancia de biomasa (%)</i>	<i>Biodegradado (%)</i>
<b>Ganancia de biomasa (%)</b>	1	
<b>Biodegradado (%)</b>	-0.9154	1
<b>TRATAMIENTO A3Z1</b>		
<i>EPS + harina de Trigo + zanahoria</i>	<i>Ganancia de biomasa (%)</i>	<i>Biodegradado (%)</i>

Facultad de Ciencias Agropecuarias

<b>Ganancia de biomasa (%)</b>	1	
<b>Biodegradado (%)</b>	-0.9999	1
<b>TRATAMIENTO A3Z2</b>		
<i>PE + Harina de trigo sin zanahoria</i>	<i>Ganancia de biomasa (%)</i>	<i>Biodegradado (%)</i>
<b>Ganancia de biomasa (%)</b>	1	
<b>Biodegradado (%)</b>	0.7068	1

Los resultados organizados en la tabla 50 muestran que evidentemente existe correlación entre la ganancia de biomasa y el porcentaje de biodegradación del material. Para los tratamientos A<sub>1</sub>Z<sub>1</sub>, A<sub>1</sub>Z<sub>2</sub>, A<sub>2</sub>Z<sub>2</sub> y A<sub>3</sub>Z<sub>1</sub> la relación es inversamente proporcional, es decir que mientras existe un aumento de biodegradación decrece la biomasa y viceversa; para los demás tratamientos la relación es directamente proporcional es decir si aumenta la biodegradación también lo hace la biomasa, sin embargo los tratamientos que tienden a tener una relación inversamente proporcional son los que más se encuentran relacionados entre sí.

### 8.2.10. CURVAS DE CORRELACION

Tabla 51 Coeficiente de correlación del tratamiento A1Z1

PE, sin sustrato, con zanahoria	Ganancia de biomasa (%)	Biodegradado (%)
<b>Ganancia de biomasa (%)</b>	1	
<b>Biodegradado (%)</b>	-0.9902	1

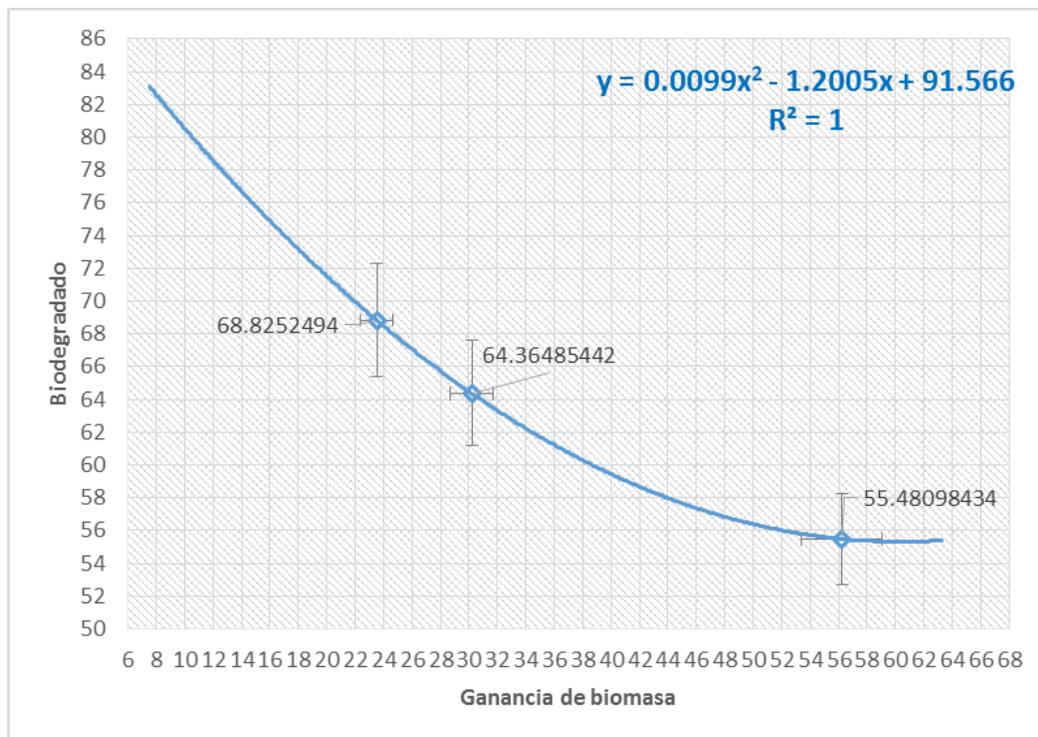


Figura 13 curva de correlación tratamiento A1Z1

En la figura 13 y en la tabla 51 se expresa la correlación entre la ganancia de biomasa y el porcentaje de biodegradación del tratamiento A1Z1 cuyo valor (-0.9902) nos indica que es una relación inversamente proporcional puesto que a medida que disminuye la biomasa aumenta el porcentaje de biodegradación y que tiene una proximidad entre las variables del 99%, con un Coeficiente de correlación ( $R=1$ ), una  $P=0.05$  y su respectiva ecuación de regresión la cual describe el 100% de los datos.

Tabla 52 Coeficiente de correlación del tratamiento A1Z2

PE, sin sustrato, sin zanahoria	Ganancia de biomasa (%)	Biodegrado (%)
Ganancia de biomasa (%)	1	
Biodegrado (%)	-0.7759	1

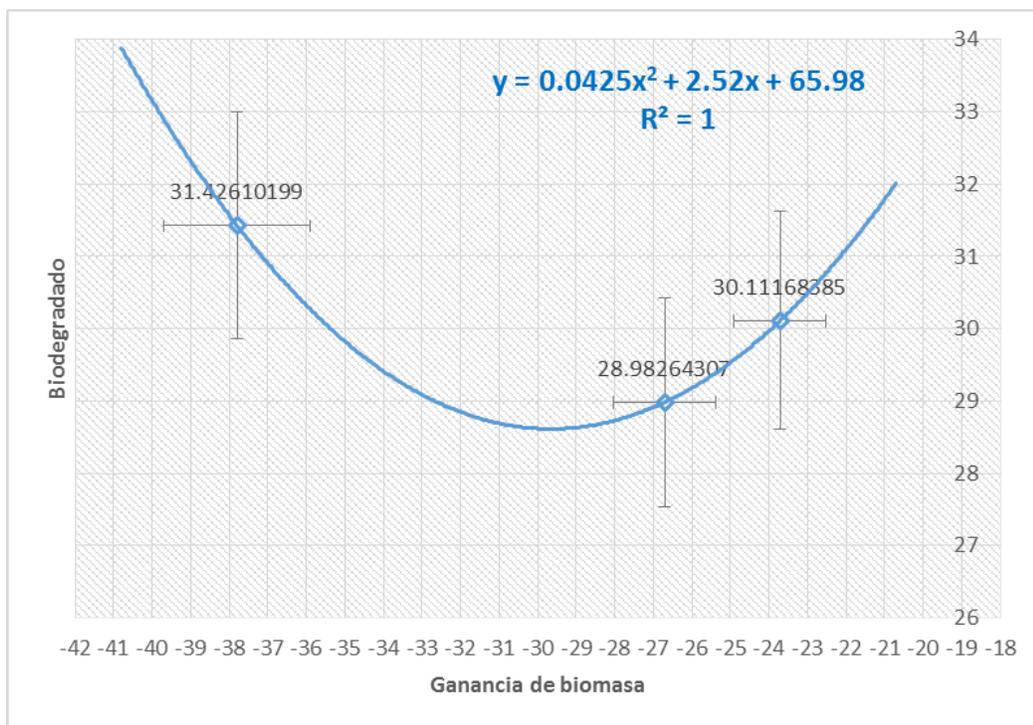


Figura 14 Curva de correlación tratamiento A1Z2

Según lo expresado en la figura 14 y en la tabla 52 se expresa la correlación entre la ganancia de biomasa y el porcentaje de biodegradación del tratamiento A1Z2 cuyo valor (-0.7759) nos indica que es una relación inversamente proporcional y que tiene una proximidad entre las variables del 77%, con un Coeficiente de correlación ( $R=1$ ), una  $P=0.05$  y su respectiva ecuación de regresión la cual describe el 100% de los datos. Esta curva muestra un comportamiento particular ya que empieza con una disminución de biomasa y del porcentaje de biodegradación, hasta que llega a cierto punto y la biomasa continua decreciendo pero aumenta el porcentaje de biodegrado.

Tabla 53 Coeficiente de correlación tratamiento A2Z1

PE + salvado + zanahoria	Ganancia de biomasa (%)	Biodegrado (%)
Ganancia de biomasa (%)	1	
Biodegrado (%)	0.5973	1

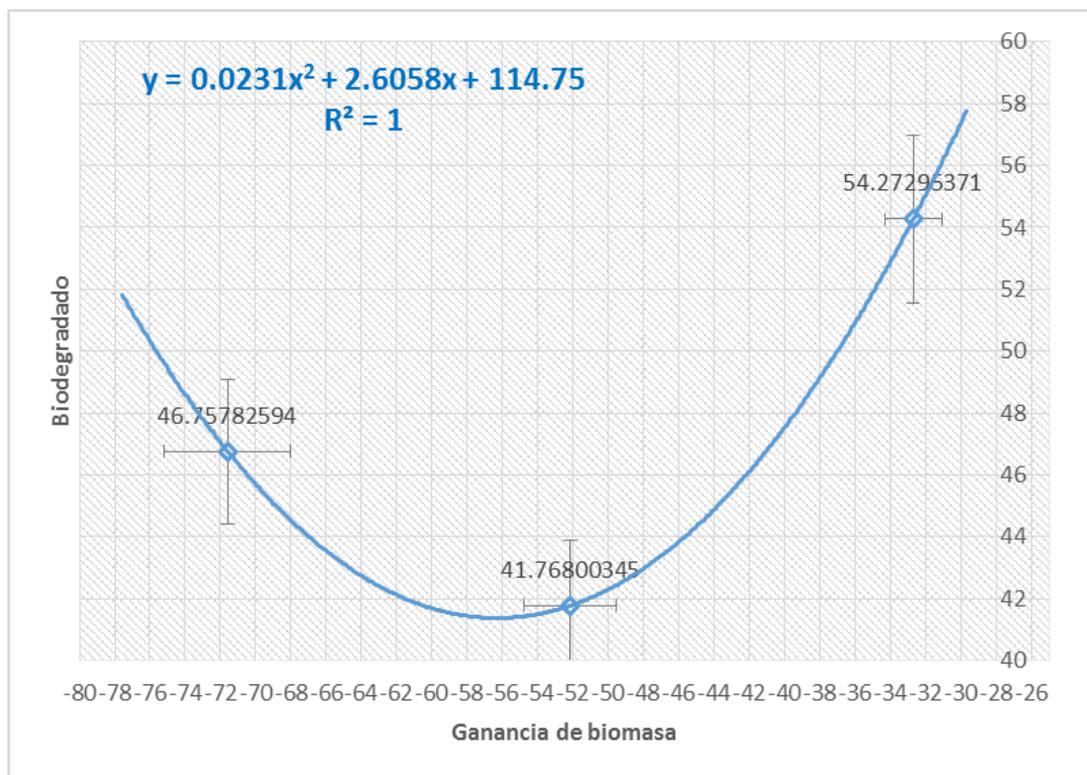


Figura 15 Curva de correlación tratamiento A2Z1

Analizando la figura 15 y la tabla 53 se evidencia la correlación entre la ganancia de biomasa y el porcentaje de biodegradación del tratamiento A2Z1 cuyo valor (0.5973) nos indica que es una relación directamente proporcional y que tiene una proximidad entre las variables del 60%, con un Coeficiente de correlación ( $R=1$ ), una  $P=0.05$  y su respectiva ecuación de regresión la cual describe el 100% de los datos. Esta curva muestra un comportamiento muy similar a la anterior ya que empieza con una disminución de biomasa y del porcentaje de biodegradación, hasta que llega a cierto punto y la biomasa continúa decreciendo pero aumenta el porcentaje de biodegradado.

Tabla 54 Coeficiente de correlación tratamiento A2Z2

PE + salvado, sin zanahoria	Ganancia de biomasa (%)	Biodegradado (%)
Ganancia de biomasa (%)	1	
Biodegradado (%)	-0.9154	1

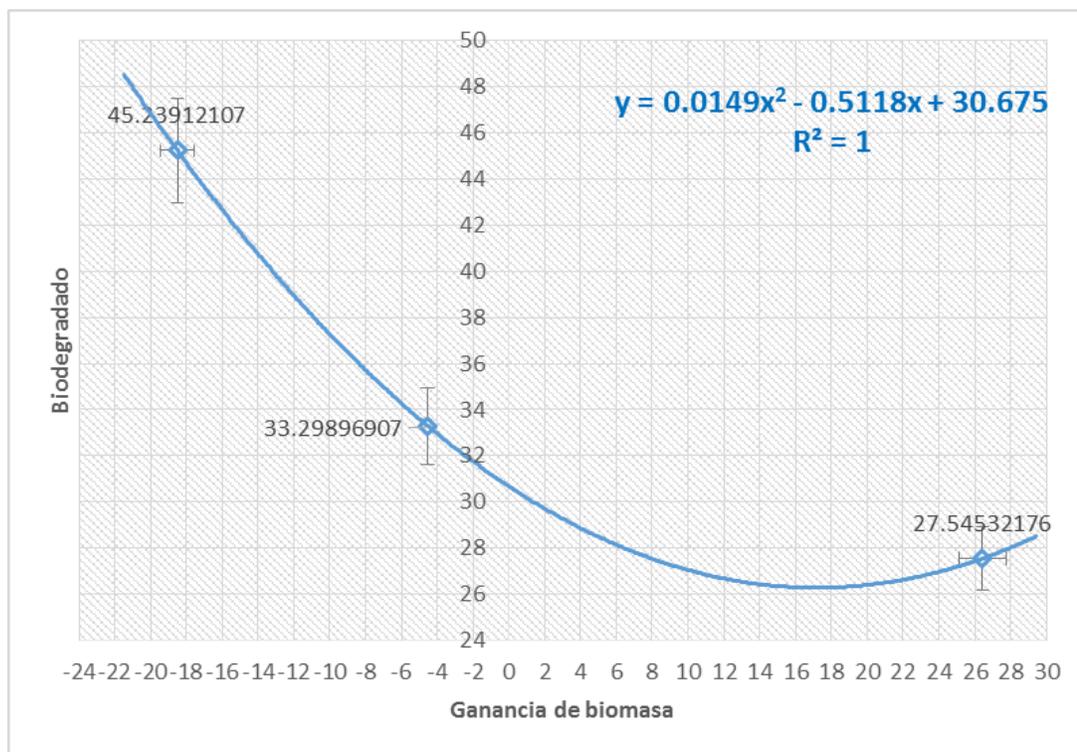


Figura 16 Curva de correlación tratamiento A2Z2

En la figura 16 y en la tabla 54 se expresa la correlación entre la ganancia de biomasa y el porcentaje de biodegradación del tratamiento A2Z2 cuyo valor (-0.9154) nos indica que es una relación inversamente proporcional y que tiene una proximidad entre las variables del 77%, con un Coeficiente de correlación (R=1), una P=0.05 y su respectiva ecuación de regresión la cual describe el 100% de los datos. Esta curva presenta

Tabla 55 Coeficiente de correlación tratamiento A3Z1

PE + harina de Trigo + zanahoria	Ganancia de biomasa (%)	Biodegrado (%)
Ganancia de biomasa (%)	1	
Biodegrado (%)	-0.9999	1

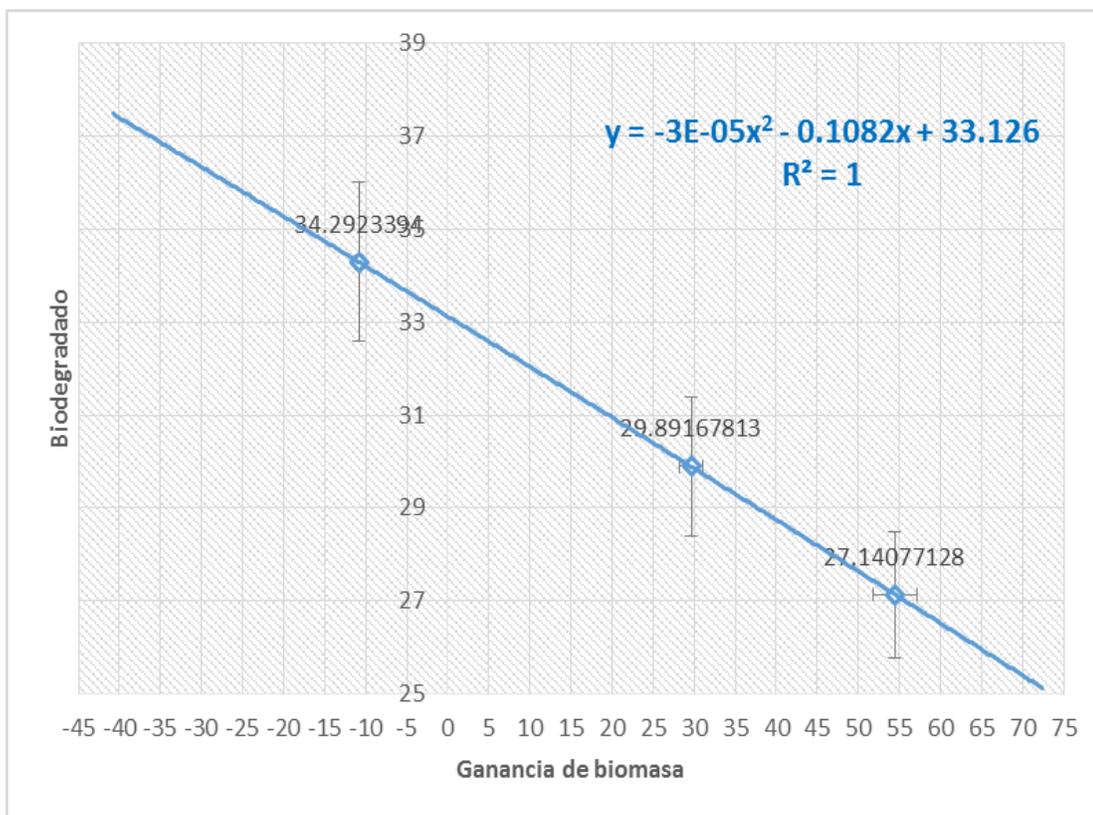


Figura 17 Curva de correlación tratamiento A3Z1

Se observa en la figura 17 y en la tabla 55 que la correlación entre la ganancia de biomasa y el porcentaje de biodegradación del tratamiento A3Z1 cuyo valor (-0.9999) nos indica que es una relación inversamente proporcional y que tiene una proximidad entre las variables del 99%, con un Coeficiente de correlación ( $R=1$ ), una  $P=0.05$  y su respectiva ecuación de regresión la cual describe el 100% de los datos. Esta curva muestra que a medida que la biomasa disminuye aumenta el biodegradado.

Tabla 56 Coeficiente de correlación tratamiento A3Z2

PE + Harina de trigo sin zanahoria	Ganancia de biomasa (%)	Biodegradado (%)
Ganancia de biomasa (%)	1	
Biodegradado (%)	0.7068	1

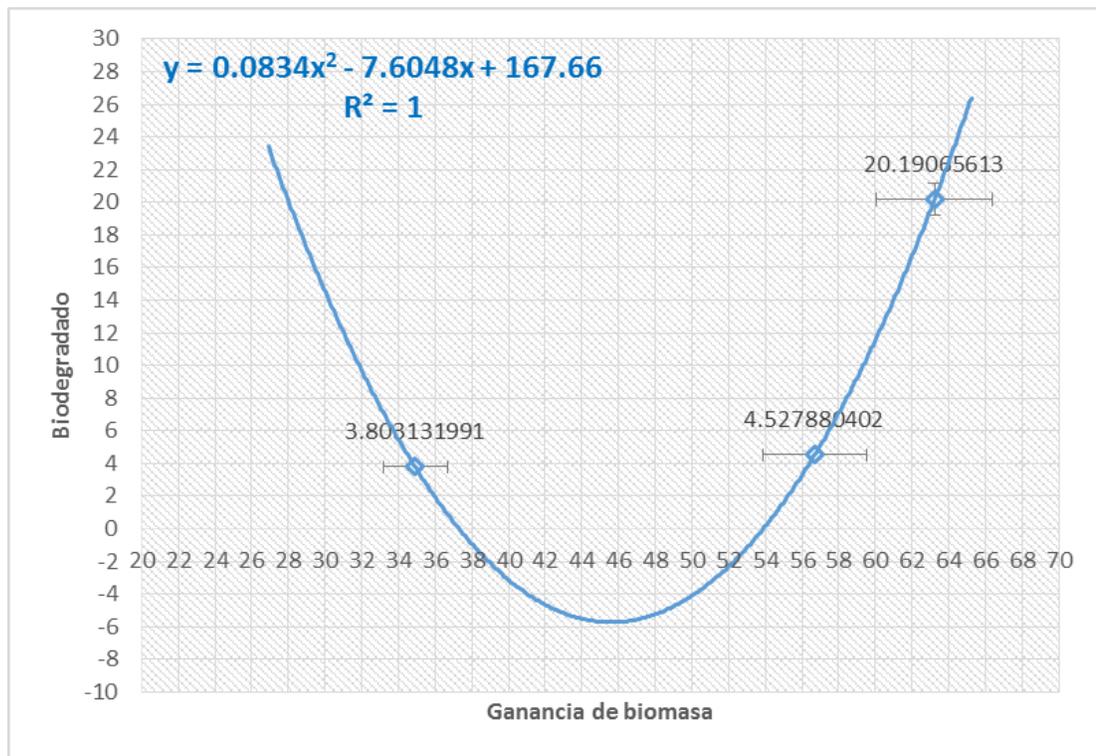


Figura 18 Curva de correlación tratamiento A3Z2

Basado la figura 18 y la tabla 56 se observa la correlación entre la ganancia de biomasa y el porcentaje de biodegradación del tratamiento A3Z1 cuyo valor (0.7068) nos indica que es una relación directamente proporcional y que tiene una proximidad entre las variables del 60%, con un Coeficiente de correlación ( $R=1$ ), una  $P=0.05$  y su respectiva ecuación de regresión la cual describe el 100% de los datos. Esta curva muestra un aumento de biomasa y disminución del porcentaje de biodegradación.

## 9. CONCLUSIONES

Los residuos de EPS que están generando la problemática a solucionar en el parque son generados en su mayoría en el área de educación y recreación, de los cuales se están produciendo en promedio 3,12 kg/mes de estos residuos según las mediciones realizadas en este trabajo.

El método usado para el montaje de la línea de producción y el sustrato elegido favoreció en gran parte la obtención de las larvas necesarias para el experimento, ya que permitió un desarrollo favorable, una prolífica producción de larvas y además facilitó el manejo del pie de cría.

El tratamiento  $A_1Z_1$  (EPS, sin sustrato, + 100 g zanahoria) fue el tratamiento más efectivo a la hora de biodegradar el material, biodegradando en promedio de 0.7315 g, un 62% del peso inicial del material y el valor más bajo lo presentó el tratamiento  $A_3Z_2$  con un peso biodegradado de EPS de 0.1107 g, un porcentaje del 9.51 % de la masa inicial.

En el tratamiento  $A_1Z_2$  el cual presentaba condiciones muy similares a los del estudio de referencia de la Universidad de Stanford que fueron del 31%, presentó resultados más bajos que dicho estudio en cuanto a porcentaje de biodegradación con un 30,2%, seguido del tratamiento  $A_3Z_1$  con 30,4% y el tratamiento  $A_3Z_2$  tuvo datos supremamente inferiores 9,5% y los más bajos de este trabajo. Los tratamientos  $A_2Z_1$  con un 47,6 % y  $A_2Z_2$  con 35,4% se ubican en segundo y tercer lugar respectivamente y el tratamiento  $A_1Z_1$  en primer lugar tuvo el doble de rendimiento un 62,9% en cuanto a porcentaje de material biodegradado.

El tratamiento con el valor porcentaje de ganancia de biomasa más alto fue el tratamiento  $A_3Z_2$ . y con un (51.61%). En segundo lugar está el tratamiento  $A_1Z_1$  con un 36,7 %, seguido de los tratamientos  $A_3Z_1$ ,  $A_2Z_2$ , y  $A_1Z_1$  con valores del 24,4%, 1,13% y -29,4% respectivamente, y el valor más bajo lo presentó el tratamiento  $A_2Z_1$  con un porcentaje de biomasa del -52.1%.

En el tratamiento  $A_1Z_2$  el cual presentaba condiciones muy similares a los del estudio de referencia de la Universidad de Stanford que fueron del 31%, presentó resultados más bajos que dicho estudio en cuanto a porcentaje de biodegradación con un 30,2%, seguido del tratamiento  $A_3Z_1$  con 30,4% y el tratamiento  $A_3Z_2$  tuvo datos supremamente inferiores 9,5% y los más bajos de este trabajo. Los tratamientos  $A_2Z_1$  con un 47,6 % y  $A_2Z_2$  con 35,4% se ubican en segundo y tercer lugar respectivamente y el tratamiento  $A_1Z_1$  en primer lugar tuvo el doble de rendimiento un 62,9% en cuanto a porcentaje de material biodegradado.

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Al observar los resultados sobresale que en los tratamientos en los que se aportó la fuente de agua (zanahoria) hubo mayor efectividad de biodegradación con respecto de los otros tratamientos y a los que se les adicione harina presentaron mayor biomasa.

Estas observaciones evidencian que el consumo de EPS no genera un impacto negativo en la supervivencia del insecto, pero si supone una afectación en el aumento de la biomasa, ya que el material escasamente aporta a la larva la energía para sobrevivir. Por tal motivo en los tratamientos en los que se ha suministrado algún tipo de sustrato alternativo el consumo de material en reducido, pues el insecto prefiere alimentarse del sustrato convencional y ve como una última opción de alimento el EPS

El material de EPS no nutre a la larva; lo cual retrasa el ciclo biológico normal de los individuos, factor que es determinante en el consumo del material puesto que al retrasarse el ciclo biológico el número de larvas va a ser mayor en el tiempo, es decir hay más larvas en cada tratamiento consumiendo EPS, pero cuando el ciclo biológico es normal las larvas van a pupar incluso antes de tiempo quedando es un estado de latencia donde no generan ningún tipo de actividad metabólica disminuyendo así el porcentaje de biodegradado del material.

Se muestra una relación muy estrecha entre la biomasa y número de larvas final con el porcentaje de biodegradado, pues en los tratamientos en los que el estadio larval perduro por más tiempo todos los factores presentaron valores más altos.

## 10.RECOMENDACIONES

Se sugiere la implementación de larvas de *tenebrio molitor* para la disposición final de los residuos de EPS, por su bajo costo, su magnífica proliferación y además porque son una alternativa ambientalmente saludable.

Se recomienda al parque y zoológico Piscilago hacer un estudio adicional para conocer a fondo los efectos negativos o positivos de alimentar las larvas de tenebrio con EPS y si de alguna manera la larva acumula en su cuerpo algún componente toxico que pueda biomagnificarse y perjudicar a los animales que se alimenten de ellos.

Se recomienda que se realicen nuevos estudios con estos insectos con el fin de establecer si pueden biodegradar otro tipo de materiales plásticos

## 11. BIBLIOGRAFIA

ABRAIRA, Víctor., PÉREZ DE VARGAS, Alberto. Métodos Multivariantes en Bioestadística. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces. [En línea], p. 7. 1996. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/31759483\\_Metodos\\_multivariantes\\_en\\_bioestadistica\\_V\\_Abraira\\_Santos\\_A\\_Perez\\_de\\_Vargas\\_Luque](https://www.researchgate.net/publication/31759483_Metodos_multivariantes_en_bioestadistica_V_Abraira_Santos_A_Perez_de_Vargas_Luque)

ALCALDIA DE NILO, Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019, “Compromiso con responsabilidad” (2016). Consultado en el mes de Junio de 2016. Disponible en: <http://es.calameo.com/read/00484939384eb2dee0707>

ATHIÉ, I. y De Paula, D. (2002). Insectos de granos almacenados: aspectos biológicos e identificación. Varela editora e livraria Ltda. São Paulo (Brasil). p. 244  
Bastidas, R. y Zavala, Y. (1995). Principios de Entomología Agrícola. Ediciones Sol de Barro. Falcón (Venezuela) p. 397

COSTA, Ramón. Ecoavant.com. Plástico para comer. 2015. Consultado en el mes de Mayo del 2016. Disponible en: <http://www.ecoavant.com/es/notices/2015/09/plastico-para-comer-2430.php>

DAMBORSKY, Miryam P. SANDRIGO-YBRAN, Tatiana. BAR, María E. OSCHEROV, Elena. Ciclo de Vida de Tenebrio molitor (Coleoptera, Tenebrionidae) en Condiciones Experimentales. (1449). Consultado en el mes de Enero del 2016. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/biologia/b-011.pdf>

ENTIDAD TÉCNICA PROFESIONAL ESPECIALIZADA EN PLÁSTICOS Y MEDIO AMBIENTE, Degradación de los Materiales Plásticos (2007). Consultado en el mes de Junio del 2016. Disponible en: <http://ecoplas.org.ar/pdf/21.pdf>

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA. INDUSTRIAL. (2007). Consultado en el mes de Abril del 2016. Disponible en: [http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734\\_plimeros.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734_plimeros.pdf)

GALLARDO, Luciana Irene; FRANCESCHINI, María Celeste; POI DE NEIFF, Alicia Susana Guadalupe y DE WYSIECKI, María Laura. Biomasa de *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) en humedales del nordeste de Argentina., p. 127. 2014. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v63n1/a10v63n1.pdf>

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

RAMOS, Elorduy, J. M. PINO M.1, Sergio Ángeles C.2 y A. García P “utilización potencial de la excreta del gusano amarillo de las harinas como abono organico” (en línea) (2 de agosto de 2016) disponible en:

<http://www.entomologia.socmexent.org/revista/entomologia/2008/BHN/301-307.pdf>

LEVIN, Morris. GEALT, Michael. Biotratamiento de residuos toxicos y peligrosos: SELECCIÓN, ESTIMACION, modificación de microorganismos y aplicaciones. madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA1997,129 p.

LOPEZ DE LA BANDA, Raquel. El poliestireno expandido y su impacto medioambiental. (2012). Consultado en el mes de Enero del 2016. Disponible en: <http://www.ambientum.com/revista/2012/septiembre/poliestireno-expandido-impacto-medioambiental.asp>

MALDONADO., Helber, ZENNER DE POLANÍA, Ingreborg., EVALUACIÓN DE DIETAS MERÍDICAS PARA LA CRÍA EN LABORATORIO DE Spodoptera frugiperda (J.E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). En: Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 12 (1): 79-90. Vol I (2009); p.81

MÁRQUEZ GULLOSO, Elin, ROSADO VEGA, Jairo “Clasificación e impacto ambiental de los residuos sólidos generados en las playas de Riohacha, La Guajira, Colombia”. {En línea}. {9 de mayo del 2017} disponible en: (<http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n60/n60a12.pdf>).

MINISTERIO DE AMBIENTE, Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo (2004). Consultado en el mes de Diciembre del 2015. Disponible en:

[http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Guias%20ambientales%20sector%20pl%C3%A1sticos.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Guias%20ambientales%20sector%20pl%C3%A1sticos.pdf)

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Relleno Sanitario Guía Ambiental. Colombia. [En línea]., p. 17. 2002. Disponible en:

<https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/cartillas/rellenossanitarios/Rellenos%20sanitarios%201.pdf>

MONDRAGÓN, Irene. Uso de los insectos *Tenebrio molitor*, *Tribolium castaneum* y *Palembus dermestoides* (Coleoptera, Tenebrionidae) como recurso didáctico en la enseñanza de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela. 2015

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

MORALES DELGADO, Adriana. SARMIENTO PARRA, Diana. Árboles del Bosque Seco Tropical en el área del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago - Nilo Cundinamarca. Primer edición, Bogota, 2008, 115 p.

MUÑOZ, Héctor. Líneas de producción. (2004). Consultado en el mes de Junio del 2016. Disponible en: <http://productionlines.blogspot.com.co/2008/06/lineas-de-produccion.html>

OCHO MIRANDA, Maribell. Legislación Ambiental Colombiana. (2006). Consultado en el mes de Abril de 2016. Disponible en: [http://www.javeriana.edu.co/ier/recursos\\_user/IER/ETB\\_diplo\\_2006/LEGISLACION%20EN%20MATERIA%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20-COLOMBIA-Ochoa.pdf](http://www.javeriana.edu.co/ier/recursos_user/IER/ETB_diplo_2006/LEGISLACION%20EN%20MATERIA%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20-COLOMBIA-Ochoa.pdf)

PASCUAL, Esther, Erenovable.com. Bolsas de plástico biodegradables. 2015. Consultado en el mes de marzo de 2016. Disponible en: <http://erenovable.com/bolsas-de-plastico-biodegradables/>

PEREIRA, B.J. (2007). Manual de identificación de plagas en granos almacenados. Agroisleña. Venezuela, p. 24

PLASTIVIDA, Entidad técnica profesional especializada en plásticos y medio ambiente. La Relación entre la Biodegradación y los Residuos Plásticos, [en línea] p. 5 (1998), Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4012/8.pdf>

POSADA BUSTAMANTE, Beatriz. La degradación de los plásticos. (2012). Consultado en el mes de Abril del 2016. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:d9rtYXblY84J:publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/download/1408/1280+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>

SABO, Jhon; BASTOW, Justin y POWER, Mary. Lengthmass relationships for adult aquatic and terrestrial invertebrates in a California watershed. Journal of the North American Benthological Society, 21, p. 336-343. 2002. Disponible en: [http://angelo.berkeley.edu/wp-content/uploads/Sabo\\_2002\\_JNABS.pdf](http://angelo.berkeley.edu/wp-content/uploads/Sabo_2002_JNABS.pdf)

SANCHEZ ROMERO, Alvaro. Elaboración, caracterización y comparación de abonos orgánicos a base de equinaza y bobinaza. Bucaramanga. 2008. 97p. Tesis de grado como requisito para optar al título de químico Escuela de química. Facultad de ciencias. Santander.

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

SEDESOL. Ingeniería para el control de residuos municipales. Manual de Rehabilitación y Clausura de Tiraderos a Cielo Abierto. 1996. Consultado en el mes de abril del 2016. Disponible en:  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd61/tecnadmvo/cap2.pdf>

SEGURA, Daniel, NOGUEZ, Raúl y ESPÍN, Guadalupe. Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. 2007. Consultado en el mes de mayo del 2016. Disponible en:  
[http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro\\_25\\_aniv/capitulo\\_31.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_31.pdf)

SHOJAADDINI, Mohammad. LÓPEZ, María José. MOHARRAMIPOUR, Saeid. KHODABANDEH, Mahvash. TALEBI, Ali Asghar. VILANOVA, Cristina. LATORRE, Amparo y PORCAR, Manuel. A *Bacillus thuringiensis* strain producing epizootics on *Plodia interpunctella*: A case study (2012). Consultado en el mes de Abril del 2016. Disponible en:  
<http://pubag.nal.usda.gov/pubag/article.xhtml?id=426065&searchText=author%3A%22Manuel+Porcar%22&searchField>

SOTO. Hugo. Gusanos de la harina (Larvas de *Tenebrio molitor*). (2005). Consultado en el mes de Julio en el 2016. Disponible en:  
[http://www.ornitouy.com/Gusanos\\_del\\_harina.pdf](http://www.ornitouy.com/Gusanos_del_harina.pdf)

TÉLLEZ MALDONADO, Alejandra. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá (2012). Consultado en el mes de Abril del 2016. Disponible en:  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/7080/1/905077.2012.pdf>

TREJOS VÉLEZ, mariana. AGUDELO CARDONA, Natalia. Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa “comestibles la rosa” como alternativa para la generación de biosólidos. Pereira, 2012, 104. Proyecto de Grado para optar al título de Administrador Ambiental. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ciencias ambientales. Risaralda.

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA, *Escuela de Ingeniería Química*. (2007). Consultado en el mes de Junio del 2016. Disponible en:  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0639\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf)

Universidad de Valencia, *Departamento de Química Física*, (2012). Consultado en el mes de Febrero del 2016. Disponible en:  
[http://www.uv.es/tunon/QFIII/tema\\_1.pdf](http://www.uv.es/tunon/QFIII/tema_1.pdf)

---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

VIDAL, Carmen. BIODEGRADABILIDAD Y CONTAMINACIÓN: ¿CUÁNTO TARDA EN DEGRADARSE...?. (2012). Consultado en el mes de Abril. Disponible en: <http://www.ecoclimatico.com/archives/biodegradabilidad-y-contaminacion-%C2%BFcuanto-tarda-en-degradarse-303>

YU Yang, JUN Yang, WEI-MIN Wu, JIAO Zhao, YILING Song, LONGCHENG Gao, RUIFU Yang, LEI Jiang, Environmental science and technology. Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms. 2015. Consultado en el mes de octubre del 2015. Disponible en: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b02661>



Facultad de Ciencias Agropecuarias

REGISTRO DE MORTALIDAD Y EMPUPADO DIARIO TRATAMIENTO $A_1Z_1$							
DIA	$A_1Z_1(a)$		$A_1Z_1(b)$		$A_1Z_1(c)$		OBSEVACIONES
	# IND. VIVOS	# IND. MUERTOS	# IND. VIVOS	# IND. MUERTOS	# IND. VIVOS	# IND. MUERTOS	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

FORMATO DE CONTROL DIARIO DE LA MORTALIDAD Y EMPUPADO DE CADA TRATAMIENTO

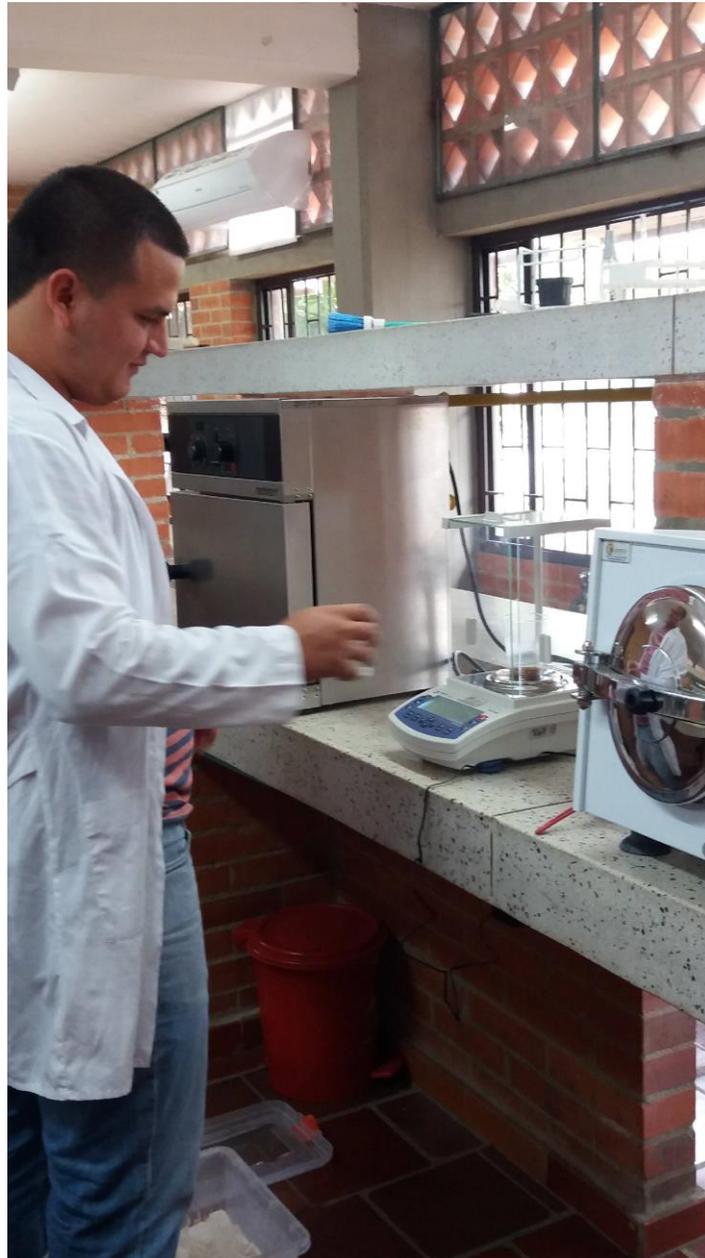
Facultad de Ciencias Agropecuarias



ALISTAMIENTO DE RECIPIENTES PARA INICIO DE LINEA DE PRODUCCION Y MUESTREO



CERNIDO PARA PESAJE DE INDIVIDUOS



PESAJE DE INDIVIDUOS