



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MEDIO AMBIENTE**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) Y MAÍZ (*Zea mays*) PARA LA ELABORACIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES, ESPAM MFL

AUTORES:

**MARÍA FERNANDA TOALA LOOR
VIANNEY VARINIA SARMIENTO GARCÍA**

TUTOR:

ING. CARLOS RICARDO DELGADO VILLAFUERTE, Mg. C.A.

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

MARÍA FERNANDA TOALA LOOR y VIANNEY VARINIA SARMIENTO GARCÍA, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

.....
MARÍA FERNANDA TOALA LOOR

.....
VIANNEY VARINIA SARMIENTO GARCÍA

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. CARLOS RICARDO VILLAFUERTE certifica haber tutelado proyecto **APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) Y MAÍZ (*Zea mays*) PARA LA ELABORACIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES, ESPAM MFL**, que ha sido desarrollada por **MARÍA FERNANDA TOALA LOOR Y VIANNEY VARINIA SARMIENTO GARCÍA** previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Carlos Delgado Villafuerte, Mg. C.A.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) Y MAÍZ (*Zea mays*) PARA LA ELABORACIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES, ESPAM MFL**, que ha sido propuesta, desarrollada por **MARÍA FERNANDA TOALA LOOR Y VIANNEY VARINIA SARMIENTO GARCÍA**, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Verónica Vera Villamil. Mg.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jonathan Chicaiza Intriago. Mg
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Blga. María Pincay Cantos Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y permitirme alcanzar un logro más.

A mis padres y hermanos, por confiar en mí y llenarme de apoyo y motivación en cada paso.

MARÍA FERNANDA TOALA LOOR

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el pilar fundamental en mi vida.

A mi familia y seres queridos, quienes han lidiado y me han ofrecido todo su soporte a lo largo de este camino, a ellos le debo todo.

VIANNEY VARINIA SARMIENTO GARCÍA

DEDICATORIA

A Dios por estar a mi lado en cada paso y permitirme alcanzar un logro más.

A mi madre Cecilia Loor por darme siempre lo mejor y apoyarme en cada momento de mi vida, por enseñarme a ser una persona de bien y sobre todo por su amor.

A mi padre Gilberto Toala (+), por ser ejemplo de perseverancia, por llenarme de amor, consejos y brindarme apoyo en cada etapa de mi vida, sé que ahora también lo hace desde el cielo.

A mi hermano Víctor Toala, aparte de ser mi hermano es mi amigo y me ha dado su apoyo y motivación en todos los procesos de la vida.

A Alexander Anzules mi compañero de vida, por su motivación, por brindarme cariño, paciencia, paz y ser incondicional.

MARÍA FERNANDA TOALA LOOR

DEDICATORIA

A Dios por todas sus bendiciones y por darme fuerzas cada día, porque sin él no fuera viable nada.

VIANNEY VARINIA SARMIENTO GARCÍA

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS.....	xii
RESUMEN	xii
PALABRAS CLAVES	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Justificación.	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Hipótesis.	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Contaminación ambiental.....	5
2.2. Problemas ambientales.....	5
2.3. Contaminantes ambientales.....	5
2.3.1. Contaminantes no degradables.	6
2.3.2. Contaminantes de degradación lenta o persistente.	6
2.3.3. Contaminantes degradables o no persistente.	6
2.3.4. Contaminantes biodegradables.	6
2.3.5. Residuos sólidos.	7
2.3.6. Plásticos.	7
2.4. Bioplásticos.....	8
2.4.1. Beneficios de los bioplásticos.....	8
2.4.2. Aplicaciones de los bioplásticos.....	8

2.4.3. Fabricación de bioplástico biodegradables.	9
2.5. Residuos agrícolas.....	9
2.5.1. Café (<i>Coffea arabica</i>)	9
2.5.2. Maíz (<i>Zea mays</i>).....	11
2.6. Elementos empleados en la manufactura de láminas biodegradables. ...	12
2.6.1. Glicerol	12
2.6.2. Ácido acético	12
2.6.3. Agua destilada.....	12
2.7. Procesos de la elaboración de láminas biodegradables.....	13
2.7.1. Gelatinización	13
2.7.2. Retrogradación.....	13
2.7.3. Desestructuración.....	13
2.8. Biodegradabilidad	14
2.8.1. Bolsas biodegradables.	14
2.9. Polímeros biodegradables a partir del almidón.....	15
2.10. Obtención de bioplásticos por medio de almidón residual derivado de la papa y evaluación de la biodegradabilidad a escala laboratorio.....	15
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	17
3.1 Ubicación	17
3.2. Duración.....	17
3.3. Variables de estudio.....	17
3.3.1. Variable independiente	17
3.3.2. Variable dependiente.....	18
3.4. Tipos de investigación.....	18
3.4.1. Investigación experimental	18
3.5. Métodos y técnicas de investigación.....	18
3.5.1. Método inductivo	18
3.5.2. Método bibliográfico.....	18
3.5.3. Método estadístico	19
3.6. Técnicas de la investigación.....	19
3.6.1. Entrevista	19
3.6.2. Prueba de lugol	19

3.7. Tratamientos.....	19
3.8. Diseño experimental.....	20
3.9. Unidad experimental.....	20
3.10. Análisis estadístico.....	21
3.11. Proceso de la investigación.....	21
3.11.1. Fase 1. Realizar una descripción física de los residuos del café (<i>Coffea arabica</i>) y maíz (<i>Zea mays</i>).....	21
3.11.2. Fase 2. Determinar el tratamiento que favorezca la obtención de láminas para la elaboración de bolsas biodegradables.....	22
3.11.3. Fase 3. Valoración económica del tratamiento que presenta mejores resultados en la elaboración de bolsas.....	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Descripción física de los residuos del café (<i>Coffea arabica</i>) y del maíz (<i>Zea mays</i>).....	33
4.2. Determinar el tratamiento que favorezca la obtención de láminas para la elaboración de bolsas biodegradables.....	34
4.2.1. Obtención de almidón.....	34
4.2.2. Caracterizar el almidón.....	35
4.2.3. Descripción del proceso de elaboración de láminas biodegradables.....	37
4.2.4. Evaluar el comportamiento de las láminas.....	38
4.2.5. Requisitos físicos de la norma nte inen 2290 para fundas plásticas	43
4.2.6. Elaboración de bolsas biodegradables.....	51
4.3. Valoración económica de la elaboración de bolsas biodegradables.....	52
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
5.1. Conclusiones.....	55
5.2. Recomendaciones.....	56
ANEXOS.....	65

CONTENIDO DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS

CUADROS

2.1. Contenido nutricional del Café	10
2.2. Contenido nutricional del Maíz	11
3.1. Composición de tratamientos	20
3.2. Unidades experimentales	20
3.3. Materiales y cantidades utilizados en la obtención de almidón	22
3.4. Requisitos físicos de la película plástica	30
4.1. Caracterización de almidón	35
4.2. pH del suelo	39
4.3. Temperatura del Suelo.....	40
4.4. Solubilidad de las películas SP (%)	41
4.5. Análisis de ANOVA.	41
4.6. Filtración de agua y rotura.....	43
4.7. Caracterización de bioplástico.....	43
4.8. Ensayo de tracción (DM).....	44
4.9. Análisis de ANOVA.....	44
4.10. Ensayo de Tracción (DT).....	45
4.11. Análisis de ANOVA.....	45
4.12. Ensayo de elongación (DM).....	47
4.13. Análisis de ANOVA.....	47
4.14. Ensayo de elongación (DT).....	48
4.15. Análisis de ANOVA.....	48
4.16. Resultado de propiedades físicas (NTE INEN 2290).....	50
4.17. Precio por la elaboración de una bolsa biodegradable.....	53
4.18. Precio de venta.....	54

FIGURAS

3.1. Laboratorio de la ESPAM MFL.....	17
3.2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de láminas biodegradables....	26
3.3. Diagrama de flujo del proceso de Método de Potenciometría.....	28
4.1. Procedimiento para la obtención de almidón.....	34

GRÁFICOS

2.1. Curva de biodegradación del bioplástico.....	16
4.1. Procedimiento para obtención de almidón.....	34
4.2. Porcentaje de biodegradación de láminas.....	38
4.3. pH del suelo.....	39
4.4. Temperatura del suelo.....	40
4.5. Solubilidad de las películas (%).....	42
4.6. Medias de tracción (DM).	45
4.7. Medias de tracción (DT).....	46
4.8. Medias de elongación (DM).....	48
4.9. Medias de elongación (DT).....	49

RESUMEN

La investigación se enfocó en la elaboración de bolsas biodegradables aprovechando los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*). En la elaboración de las láminas biodegradables se utilizó agua, glicerina y vinagre como plastificantes para la formación del bioplástico. Se empleó un diseño completamente aleatorizado DCA, con 4 tratamientos compuestos por residuos de café (grano, cáscara, mucílago y pergamino) y maíz (hojas, semillas, mazorcas y cáscaras), con diferentes dosis (85%) maíz y (15%) café; (70%) maíz y (30%) café; (30%) maíz y (70%) café; (85%) café y (15%) maíz; las cuales fueron sometidas a ensayos y análisis físicos como biodegradación, solubilidad, filtración, tracción y elongación; el T₁ con mayor concentración de residuo de maíz (85%) a comparación del café (15%) destacó en cuanto a los ensayos físicos, obteniendo menor porcentaje de solubilidad (16%), nula filtración de agua y mayor porcentaje de elongación (28%) con una tracción de 0,66MPa y su biodegradación fue mayor a 70% en 6 semanas de monitoreo. Este fue el tratamiento escogido para elaborar la bolsa biodegradable, cuya dimensión fue de 22x15 cm. El tratamiento con las características más bajas fue el T₄ (85% café y 15% maíz) con mayor cantidad de lípidos y sacarosa, lo cual afectó a la resistencia de la lámina. Con los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis planteada ya que no cumple los requisitos físicos (elongación y tracción) que estipula la norma NTE INEN 2290 2015-12 de fundas plásticas para residuos y desechos sólidos.

PALABRAS CLAVES

Residuos, café, maíz, bolsas biodegradables.

ABSTRACT

The research focus is on the development of biodegradable bags using coffee (*Coffea arabica*) and corn (*Zea mays*) waste. In the preparation of the biodegradable sheets, water, glycerol and vinegar were used as plasticizers for the bioplastic for the formation of the bioplastic. A completely randomized DCA design was used, with 4 treatments composed of coffee residues (grain, skin, mucilage and parchment) and corn (leaves, seeds, cobs and husks) with different doses (85% corn and (15%) coffee, (70%) corn and (30%) coffee, (30%) corn and (70%) coffee, (85%) coffee and (15%) corn; which were subjected to physical analysis such as biodegradation, solubility, filtration, traction and elongation; the T₁ with the higher concentration of corn residue (85%) compared to coffee (15%) stood out in terms of physical test, obtaining a lower percentage of solubility (16%), no water filtration and higher percentage of elongation (28%) with a traction of 0,66 MPa and its biodegradation was greater than 70% in 6 weeks of monitoring. This was the treatment chosen to prepare the biodegradable bag, whose dimension was 22x15 cm. The treatment with the lowest characteristic was T₄ (85% coffee and 15% corn) with a higher amount of lipids and sucrose, which affected the resistance of the sheet. Which the results obtained, the hypothesis raised is rejected because it does not meet the physical requirements (elongation and traction) stipulated in the NTE INEN 2290-2015-12 standard of plastic covers for residues and solid waste.

KEY WORDS

Residues, coffee, corn, biodegradable bags.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El desarrollo de la sociedad ha impulsado el progreso industrial y agrícola, generando un permanente aumento en la cantidad de desechos, lo que ha dificultado su gestión año tras año, debido a la difícil asimilación natural y calidad de los mismos (Porrás, 2016).

La actividad agraria genera gran cantidad de biomasa que a menudo no se reutiliza, estos residuos que en un principio se descomponían en áreas de depuración natural, actualmente se acumulan sin descomponerse, originando cada vez más problemas ambientales como contaminación de acuíferos subterráneos, producción de focos de infección derivado de acúmulos de materia orgánica e incremento de plagas, insectos y roedores (Cuadros, 2008).

Cifras del Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE] (2013), revelan que diariamente se generan alrededor de 11,341 Tn de residuo, es decir, un aproximado de 4'139,512 Tn/año, de los cuales 61,4% son de tipo orgánico y un 11% son plásticos, de acuerdo a cifras del Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2010), el 23% de los hogares eliminan estos residuos de diversas formas: arrojándolos en terrenos baldíos o quebradas, quemándolos, enterrándolos, y depositándolos en ríos acequias o canales, entre otras.

De acuerdo a la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua realizado por el INEC (2017), la superficie destinada a la actividad agropecuaria en el Ecuador durante dicho año fue de 5,46 millones de Ha, siendo Manabí una de las provincias de considerable producción agrícola, contribuyendo con 1'163,428 Ha, representando el 24,74% de maíz duro seco y el café con el 11% (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [SINAGAP], 2016).

Bermúdez (2015), manifiesta que el problema de los residuos de cultivos en el Ecuador y Manabí ha evolucionado en complejidad paralelamente con la urbanización. El procedimiento más barato y sencillo para eliminar o aminorar el volumen de materiales, es la quema y desecho de los residuos agrícolas de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*) causando así diferentes impactos a la atmósfera, suelo y agua. Esto refleja la importancia de la búsqueda de nuevas alternativas para lograr un manejo ambiental adecuado, organizado y sostenible.

Una gran problemática existente en la actualidad es la utilización irracional de los materiales plásticos, ya que estos ocasionan efectos nocivos al medio ambiente, a causa de esto anualmente se producen millones de toneladas de plástico a nivel mundial, degradándose lentamente y generando partículas más pequeñas, que a pesar de ya no ser evidentes, se acumulan en los ecosistemas. Uno de los productos plásticos que causa más daño al ecosistema son las fundas, estas no solo atentan contra el medio, también incrementan la cantidad de basura lo cual provoca a su vez la muerte de muchas especies (Ecoplas, 2011).

Con lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente interrogante: ¿Mediante las distintas proporciones de residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*), se podrán elaborar bolsas biodegradables?

1.2. JUSTIFICACIÓN.

El aprovechamiento de los residuos del café y del maíz para la elaboración de láminas biodegradables pretende dar un valor agregado a los restantes de cultivos que son orgánicos, minimizando el uso de bolsas plásticas, permitiendo así contribuir de manera sostenible con el entorno.

A medida que la población se incrementa y la tecnología se desarrolla, ésta trae consigo graves problemas dados por el inadecuado tratamiento, aprovechamiento de los recursos, y/o disposición final de los residuos resultantes, así también la generación de desechos, lo que hace indispensable el cambio de estilo implementando un modelo de economía circular como una estrategia rentable y sostenible a largo plazo, el cual permite establecer un equilibrio entre el crecimiento económico, el bienestar social y el aprovechamiento de los recursos (Maldonado, 2015).

La elaboración de bolsas a partir de residuos de maíz y café posee relevancia social, ya que aportaría al medio ambiente, evitando la contaminación, además del aprovechamiento de residuos, contribuye al Plan Nacional de Desarrollo, particularmente en el Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones. Así también en el Objetivo 5: Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Aprovechar los residuos del café (*Coffea arabica*) y del maíz (*Zea mays*), para la elaboración de bolsas biodegradables.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar una descripción física de los residuos del café (*Coffea arabica*) y del maíz (*Zea mays*).
- Determinar el tratamiento que favorezca la obtención de láminas para la elaboración de bolsas biodegradables.
- Realizar una evaluación económica del tratamiento eficaz en la elaboración de bolsas.

1.4. HIPÓTESIS.

La combinación entre los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*), favorece la obtención de bolsas biodegradables de acuerdo a la Norma INEN 2290 2015-12 (Fundas plásticas para residuos y desechos sólidos).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.

La contaminación es la introducción de un factor externo dentro de un ambiente natural que provoca inestabilidad, desorden, deterioro o molestia en un entorno, en el medio físico o en un ser vivo; el elemento contaminante es continuamente una variación negativa de la trayectoria natural del medio y, además, surge como resultado de la gestión humana, este podría ser una sustancia química o energética, como sonidos, calor, o luz (Conde, 2013).

De acuerdo a Correa y Mejía (2015) en el ambiente existen diferentes tipos de contaminación, siendo los más conocidos y considerablemente analizados, a aquellos producidos a los grandes recursos: agua, aire y suelo.

2.2. PROBLEMAS AMBIENTALES.

Castellanos (2013) menciona que “los problemas ambientales son fondo complejo que coexisten colectivamente al propio desarrollo de las sociedades, como consecuencia de un mundo sumergido en el consumo de recursos naturales que se extraen y se añaden a la vida diaria” (p.2).

Los problemas ambientales necesitan ser entendidos como un conflicto social, esto involucra que la intervención ciudadana debería de ser el eje primordial para plantear nuevas políticas y programas ambientales, sin embargo, resulta imposible suprimir actitudes y dogmas ambientales de contextos sociales, estacionales y culturales en los que se procura intervenir (Castellanos, 2013).

2.3. CONTAMINANTES AMBIENTALES.

Encinas (2011) afirma que son sustancias o formas de energía no anhelados en concentraciones tales que puedan perturbar al confort, salud y bienestar de los individuos, y al uso y disfrute de lo que ha sido contaminado. Esto significa que el

aire, agua o suelo, quedarán contaminados si posee algo (componentes materiales, energía en modo de ruido, calor) que incita a resultados negativos en él. Una vez expuestos al medio biótico, los contaminantes experimentan una cadena de desarrollo, no solo transporte y esparcimiento, sino además reacciones químicas, transformándose en los contaminantes secundarios.

2.3.1. CONTAMINANTES NO DEGRADABLES.

Se conocen como los contaminantes que no se descomponen a través de causas naturales, como en el caso del estaño, bismuto y el acero. La manera más sencilla de manejar los contaminantes no degradables es impedir que se desechen al medio ambiente, y poder reciclarlos, dando paso a la economía circular (Conde, 2013).

2.3.2. CONTAMINANTES DE DEGRADACIÓN LENTA O PERSISTENTE.

De acuerdo a Cabrera (2015) estos contaminantes están intoxicando el agua, el aire o el suelo, por esto se considera necesario darles un respectivo tratamiento o eliminarlos, sin embargo ejecutarlo requiere de inversión económica y ciertas veces es imposible eliminarlo, por ejemplo el DDT y sobretodo parte de los plásticos.

2.3.3. CONTAMINANTES DEGRADABLES O NO PERSISTENTE.

Se denomina a los contaminantes degradables o no persistentes como aquellos que se descomponen totalmente y además se disminuyen a condiciones aceptables a través de métodos naturales (Conde, 2013, p.228).

2.3.4. CONTAMINANTES BIODEGRADABLES.

Vera (2018) menciona que los contaminantes biodegradables tienen acción de los contaminantes químicos ya que éstos degradan o metabolizan por medio de individuos vivos como las bacterias en compuesto químicos más simples. Una clara muestra de esta forma de ello se nota en la contaminación de un río, al verter aguas residuales humanas, estas se degradan fácilmente por acción de las bacterias.

2.3.5. RESIDUOS SÓLIDOS.

De acuerdo con Montoya, Lozada, Holguín, y Rebellón (2013) los residuos sólidos (RS) son la consecuencia de todas las gestiones humanas, los RS se presentan en forma sólida; algunos consideran que no es posible usarlo más, sin embargo los RS pueden ser reutilizados de forma que logren ser recursos útiles para la producción industrial y obtención de energía si se gestionan apropiadamente por medio de la gestión integral de residuos sólidos (GIRS).

De acuerdo a Vázquez, Espinosa, Beltrán y Velasco (2013) “los desafíos considerables que afrontan las sociedades presentes para garantizar su viabilidad y sustentabilidad son la disminución de residuos y su manejo adecuado” (p.1).

2.3.5.1. RESIDUOS BIODEGRADABLES.

Álvarez (2006) afirma que “los residuos biodegradables se descomponen de manera natural en un espacio de tiempo corto, como sucede con los desechos orgánicos proveniente de los alimentos, demoran escaso tiempo en descomponerse” (p.15).

2.3.5.2. RESIDUOS NO BIODEGRADABLES.

Estos desechos no logran descomponerse sencillamente, tardan prolongados períodos para hacerlo. En los siguientes casos, el vidrio lo realiza cerca de 4000 años, el plástico de 100 a 1000 años aproximadamente, una lata de aluminio demora alrededor de 10 años y una goma masticable unos 5 años (Álvarez, 2006).

2.3.6. PLÁSTICOS.

El plástico es un material flexible, resistente, ligero, aislante de la electricidad y también del calor, posee diversidad de colores ya que accede a toda clase de tintes, inclusive puede mezclarse con varios elementos con el objetivo de optimizar sus características. El uso de varios elementos plásticos, tales como bolsas, envases, envolturas, mangueras, entre otras, se incrementa continuamente en la sociedad, y su tratamiento impropio se convierte en la contaminación ambiental percibida (Zenner y Peña 2013).

2.4. BIOPLÁSTICOS.

El bioplástico se obtiene a través de recursos renovables que son medios naturales, tal como el almidón y también celulosa (arroz, maíz, tubérculos, yuca, caña de azúcar, papa, etc.). Para realizar un bioplástico óptimo, se investigan estructuras químicas que accedan la degradación de un componente por microorganismos como hongos y bacterias, a diferencia del polipropileno y polietileno expandido cuya producción se basa de los derivados del petróleo (García, 2015).

2.4.1. BENEFICIOS DE LOS BIOPLÁSTICOS.

De acuerdo con Porras y Arana (2014) las investigaciones en plásticos biodegradables han logrado mayor importancia desde hace algunos años, estos se elaboran a través de fuentes sostenibles y su degradación natural es elevada. Bioplásticos como PHA (PolihidroxiAlcanoato) o el PLA (Ácido poliláctico) cumplen estas características y son el fruto de los desarrollos en biotecnología. Es decir, son 100% degradables, resistentes y variables, además se emplean en diversas partes como agricultura, manufactura, medicina y generalmente para embalajes y envases.

Entre las ventajas del bioplástico según Porras y Arana (2014) se encuentran:

- Disminuye la huella de carbono.
- Atribuye ahorro energético.
- No agotan recursos renovables.
- Reducen los residuos no biodegradables.
- No se manejan con aditivos perjudiciales para la salud.
- No alteran el sabor y el aroma de los víveres adjuntos.

2.4.2. APLICACIONES DE LOS BIOPLÁSTICOS.

Estos mismos autores mencionan que los plásticos biodegradables constituyen un medio oportuno para diversas aplicaciones ideales o de escasa subsistencia, a la

fecha el almidón y el ácido poliláctico, son considerados las materias primas principales para la obtención y comercialización de bioplásticos para empaques y demás usos industriales como:

- Uso y manejo de residuos orgánicos.
- Parte agrícola y hortícola (como láminas para cobertores de suelo, o recipientes).
- Envasado de víveres.
- Bolsas (Porras y Arana, 2014)

2.4.3. FABRICACIÓN DE BIOPLÁSTICO BIODEGRADABLES.

Enríquez, Velasco y Ortiz (2012) afirman que los polímeros de fuentes renovables que consiguen formas ventajosas para elaborar materiales biodegradables, puede poseer como primordial elemento el almidón y mezclas de polímeros, de éste último con otros polímeros degradables. Además, reportan que las composiciones de polímeros biodegradables rentables para la preparación de películas, coberturas y otros materiales de empaque son preparadas con al menos un polímero biodegradable “rígido” y un polímero biodegradable “suave”.

2.5. RESIDUOS AGRÍCOLAS.

2.5.1. CAFÉ (*Coffea arabica*)

De acuerdo a Ríos y Puerta (2011) el café arábigo es un arbusto de la familia de las rubiáceas oriundo de Etiopía; en la productividad de café, es la mayor especie plantada, derivada a través de las semillas tostadas y la más antigua en siembra, data su práctica desde la terminación del primer milenio en la península arábiga; obtiene una altura 12 metros en medios naturales, con hojas inversas, ovales u oblongas con un color verde oscuro.

2.5.1.1. COMPOSICIÓN FÍSICA Y BIOQUÍMICA

La composición física del café hace referencia al fruto, el cual es similar a una cereza pequeña y cuenta en su interior con dos semillas rodeadas de una pulpa amarillenta, que son los granos de café, en donde al comienzo es de color verde, después se transforma en amarillento, consecutivamente a rojo y en último lugar se vuelve carmesí alcanzando la madurez (Muñoz y Noguera, 2016).

La composición bioquímica del café (*Coffea arabica*) abarca una menor cantidad de ácidos grasos libres que el café Robusta y en los granos acumulados existen más ácidos grasos libres que en los granos frescos (Puerta, 2011), en el cuadro 2.1 se describe el contenido nutricional de café:

Cuadro 2.1. Contenido nutricional del Café.

Componente Químico	Arábica (%)	Robusta (%)
Polisacáridos	50,8	56,40
Sacarosa	8,00	4,00
Azúcares reductores	0,10	0,40
Proteínas	9,80	9,50
Aminoácidos	0,50	0,80
Cafeína	1,20	2,20
Trigonelina	1,00	0,70
Lípidos	16,20	10,00
Ácidos alifáticos	1,10	1,20
Ácidos clorogénicos	6,90	10,40
Minerales	4,20	4,40
Compuestos aromáticos	trazas	trazas

Fuente: Puerta (2011).

2.5.1.2. ALMIDÓN DE CAFÉ

El almidón es importante como constituyente de los alimentos en los que está presente, ya que es considerado como el principal polisacárido de almacenamiento en cereales, leguminosas, semillas, tubérculos y frutos verdes. Se halla organizado en entidades pequeñas llamadas gránulos, los gránulos de almidón son extraídos para posteriormente ser manipulados en diversas industrias, incluyendo la alimentaria (Ríos y Puerta, 2011).

2.5.2. MAÍZ (*Zea mays*)

Deras (2015) manifiesta que el punto de principal atracción para el sector agrícola es el que todas las partes de la planta del maíz son utilizadas para diversos fines, pues este producto puede ser consumido en diferentes etapas del desarrollo de la planta, además puede ser cultivado en una gran diversidad de ambientes y su cultivo es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. En el cuadro 2.2 se describe la composición nutricional del maíz:

Cuadro 2.2. Contenido nutricional de Maíz.

Componente Químico	Pericarpio (%)	Endospermo (%)	Germen (%)
Proteínas	3,7	8,0	18,4
Extracto etéreo	1,0	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Fuente: Deras (2015).

2.5.2.1. COMPOSICIÓN FÍSICA Y BIOQUÍMICA

Las semillas del maíz pueden ser redondas o planas y variar en tamaño, desde pequeñas hasta extra grandes. La composición química de este producto difiere principalmente del grano de maíz. El pericarpio está representado por un elevado contenido de fibra cruda, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa 67%, celulosa 23%, y lignina 0,1%. Por consiguiente el endospermo posee alto contenido de almidón con un 87%, proteínas alrededor del 8% y finalmente tiene un valor reducido de grasas crudas (González, Silos, Estrada, Archivaldo y Tejero, 2016).

2.5.2.2. ALMIDÓN DE MAÍZ

De acuerdo Ramos (2013) aparte de ser uno de los cereales más consumidos por tener el mayor contenido de almidón, el maíz es uno de los almidones más importante en el sector industrial ya que es muy nutritivo, y especialmente rico en fibra, vitaminas y minerales como el ácido fólico, el fósforo y el potasio.

El almidón de maíz se emplea principalmente como agente estabilizante, espesante, aglutinante y gelificante, en confitería se utiliza como formador de gel y para recubrimientos, la industria cervecera la maneja como fuente de carbono para procesos de fermentación por su elevado extracto fermentable (Ramos, 2013).

2.6. ELEMENTOS EMPLEADOS EN LA MANUFACTURA DE LÁMINAS BIODEGRADABLES.

2.6.1. GLICEROL

Lafuente (2017) manifiesta que el Glicerol o glicerina ($C_3H_8O_3$) llamado además como 1, 2, 3-trihidroxipropano, es un polialcohol, es decir que ostenta tres grupos hidroxilos (-OH), esta molécula es muy flexible y además es considerada como apta para consumo humano.

Es un compuesto viscoso, incoloro, inodoro y tenuemente dulce, además es soluble en agua y alcoholes de forma sencilla, en disolventes orgánicos como cetonas, éter etílico, tolueno es levemente soluble y en hidrocarburos es insoluble (Lafuente, 2017).

2.6.2. ÁCIDO ACÉTICO

El ácido acético es un líquido incoloro, pero con olor fuerte similar al vinagre. También puede ser un sólido similar al hielo a temperaturas inferiores a 62°F (17°C). Se utiliza en la producción de fármacos, tintes, plásticos, aditivos alimentarios e insecticidas (New Jersey Department of Health, 2018).

2.6.3. AGUA DESTILADA

Thermolyne (2011) señala que la composición del agua destilada se basa en la unidad de moléculas H_2O , solo que se le han eliminado las impurezas e iones mediante la destilación. La destilación es un método de fabricación de agua que

consiste básicamente en apartar los componentes líquidos de una mezcla. (Thermolyne, 2011).

2.7. PROCESOS DE LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIODEGRADABLES.

2.7.1. GELATINIZACIÓN

De acuerdo a Guerrero (2014), los gránulos de almidón son insolubles en agua fría debido a que su estructura está altamente organizada ya que muestra una gran estabilidad debido a las múltiples interacciones que concurren con sus dos polisacáridos; no obstante, cuando se calientan inicia un proceso de absorción de agua paulatino a partes intermicelares amorfas (debido a su accesibilidad), ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas. A medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el gránulo empieza a hincharse y a extender su volumen.

2.7.2. RETROGRADACIÓN.

De acuerdo a Singh et al. (2003) generalmente la retrogradación necesita de factores como temperatura y concentración, el acrecentamiento y solidez del gel, se beneficia en bajas temperaturas, producto de la agrupación de cadenas de amilopectina en el almidón. Este fenómeno se detalla como la insolubilización y la precipitación natural, en especial de las moléculas de amilosa, ya que sus cadenas lineales se sitúan de forma paralela y operan entre sí por puentes de hidrógeno a través de varios hidroxilos (Guerrero, 2014).

2.7.3. DESESTRUCTURACIÓN.

De acuerdo a Ruíz (2006) es la conversión de partículas de almidón semicristalino en una matriz uniforme de polímero amorfo y el rompimiento de los puentes de hidrógeno entre las moléculas de almidón de un lado y la despolimerización parcial de las moléculas del otro. Existen elementos fisicoquímicos que contribuyen en este

proceso como: temperatura, esfuerzo tajante, aceleración de cizalladura, tiempo de residencia, contenido de agua, y cantidad total de energía aplicada. La amilopectina se despolimeriza inicialmente y luego la amilosa, con la aplicación de mayor energía.

2.8. BIODEGRADABILIDAD

La biodegradabilidad es la capacidad que adquiere un material para descomponerse naturalmente en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos o biomasa, en el cual el mecanismo predominante es la acción enzimática de microorganismos. Generalmente un polímero es biodegradable cuando la degradación es producto de intervención de microorganismos como bacterias, mohos y algas (Meneses, Corrales, y Valencia, 2007).

2.8.1. BOLSAS BIODEGRADABLES.

Son materiales que consiguen descomponerse en elementos químicos que lo conforman por acción de agentes naturales como lo son el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales. El plástico biodegradable o bioplástico es un elemento que expuesto a condiciones como humedad, microorganismos, oxígeno y luego de unos cuantos meses o incluso años, puede ser convertido por los microorganismos presentes básicamente en los suelos, en agua, dióxido de carbono y biomasa (Guevara, 2009).

2.8.2. PRUEBAS DE CALIDAD.

Moreno (2015), describe las siguientes pruebas para determinar la calidad del bioplástico:

- **Resistencia al agua y solubilidad:** Se necesita que las láminas no absorban grandes cantidades de agua, puesto que podría modificar notablemente su permeabilidad.

- **Tracción y elongación:** Para garantizar una protección, se debe poseer un cierto grado de resistencia mecánica, en particular al estirarse. Las láminas flexibles no deben sufrir fisuras al contraerse; con relación a esto, puede resultar interesante la adición de algunos agentes plastificantes.

2.9. POLÍMEROS BIODEGRADABLES A PARTIR DEL ALMIDÓN.

El biopástico ha tomado mayor relevancia en la última década como una solución de reemplazo al plástico convencional, para realizarlo se necesitan de productos plastificantes (almidón, glicerina, ácido acético y agua).

Muchos autores han probado la extracción del almidón con residuos de productos agrícolas para aportar en la economía circular. Meneses, Corrales y Valencia, (2007) elaboraron almidón de yuca con sus residuos, dicho producto se mezcló de acuerdo al diseño propuesto, con elementos que desarrollan su elaboración como plastificantes. Además se llevó a cabo un proceso experimental donde se midieron sus propiedades físico-químicas, mecánicas y de biodegradabilidad.

Un estudio similar realizado por Castillo et al. (2015) logró obtener un bioplástico a partir de almidón de la cáscara (residuo) de plátano, el proceso comenzó con la extracción del almidón de las cáscaras de plátano y el rayado del endocarpio, eliminando el exocarpio.

2.10. OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS POR MEDIO DE ALMIDÓN RESIDUAL DERIVADO DE LA PAPA Y EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD A ESCALA LABORATORIO.

En la investigación realizada por Meza (2016), se utilizó el método por decantación con algunas variantes, de esta misma manera se usó una metodología basada en la hidrólisis química del almidón para lograr polimerizar el almidón, adicionalmente se evaluó las características físicas y mecánicas de los bioplásticos hechos con distintas cantidades de aditivos, una vez definido el bioplástico más invulnerable se

manejaron procedimientos metodológicos para fabricarlo, la tracción reveló una fuerza de 1,47 MPa y una elongación máxima de 19,99%, el examen infrarrojo, demostró diferencia en los picos que expresan la formación de enlaces característicos del bioplástico.

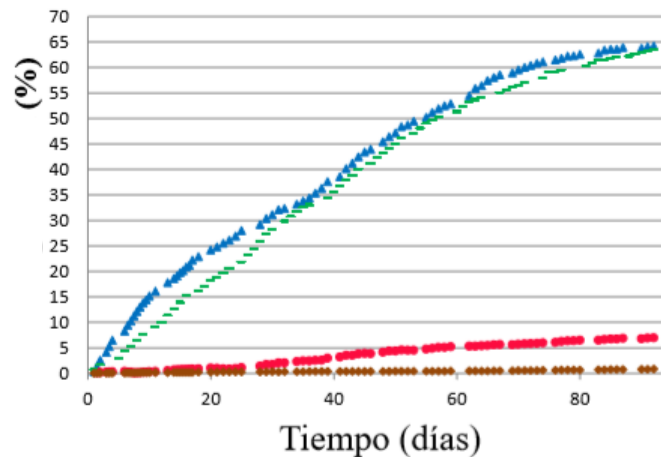


Gráfico 2.1. Curva de biodegradación del bioplástico. Fuente: Meza (2016).

El gráfico 2.1 de la investigación de Meza (2016) revela que el tiempo de biodegradación del bioplástico a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa fue mayor a 80%, en donde se tomó como relación el peso de las películas en un lapso de 80 días; demostrando una mayor pérdida de peso, equivalente a un mayor porcentaje de biodegradación, por lo que la relación entre estas variables es directa, concluyendo que el peso perdido del bioplástico es más del doble de su peso inicial.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN.

El desarrollo de la investigación se llevó cabo en el laboratorio de química ambiental del área agroindustrial de la ESPAM MFL, ubicada en la ciudad de Calceta, cantón Bolívar de la provincia de Manabí con 590543 de longitud y 9908645 de latitud.

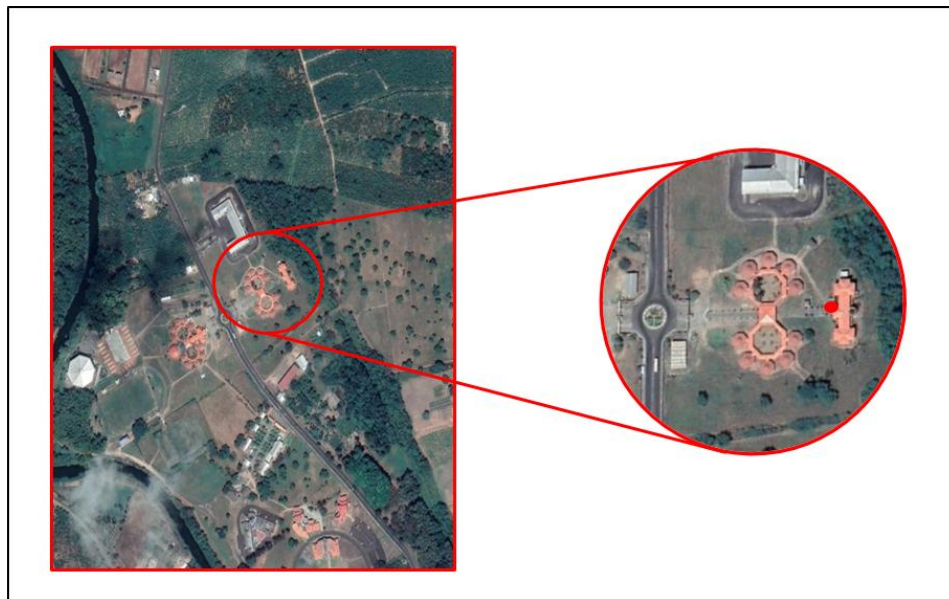


Figura 3.1. Laboratorio de la ESPAM MFL. Fuente: Google Maps.

3.2. DURACIÓN.

La investigación se realizó dentro de un período de 10 meses, que incluyeron los meses de diciembre del 2018 hasta octubre del 2019.

3.3. VARIABLES DE ESTUDIO.

La investigación consta de las siguientes variables de estudio:

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Proporción de residuos de café y maíz.

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Tiempo de biodegradabilidad.

3.4. TIPOS DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación que se empleó en la ejecución del proyecto se detalla a continuación.

3.4.1. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

De acuerdo a Bernal, (2018) se ejecuta con una orientación científica, que aplica una variable experimental, la cual no está comprobada y busca demostrar cómo influye un suceso específico; este tipo de investigación pretende mostrar la efectividad del uso de los residuos de maíz (*Zea mays*) y café (*Coffe arabica*) en el proceso de elaboración de bolsas y su tiempo de biodegradabilidad.

3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.

El método a utilizar en la investigación es el siguiente:

3.5.1. MÉTODO INDUCTIVO

De acuerdo a Carrilo (2015), este método se basa en la observación y la comprobación de hechos y acciones específicas para así obtener una resolución o conclusión general sobre estos; es decir mediante la realización de tratamientos, se pudo detectar cual cumple las mejores condiciones para elaborar de bolsas biodegradables.

3.5.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

La revisión bibliográfica se instaura debido a la necesidad de facilitar a individuo fuentes de información, las cuales han ido incrementando (Corona, 2016). Por lo tanto, esta revisión permitió obtener la información requerida para llevar a cabo una investigación.

3.5.3. MÉTODO ESTADÍSTICO

Es una herramienta de obtención, representación, análisis e interpretación de las variables o valores numéricos de un estudio para una mejor visión de la realidad y una optimización en la toma de decisiones (Charur, 2015). Mediante la Estadística Descriptiva se pudo realizar la recopilación y tabulación de datos, y a continuación por medio de la Estadística Inferencial se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos y mediante la prueba de media Tukey al 5% de probabilidades de error se recomendó el tratamiento más efectivo.

3.6. TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN.

3.6.1. ENTREVISTA

De acuerdo a Quispe y Sánchez (2011), es la comunicación interpersonal concreta por el investigador y el individuo de estudio con el propósito de adquirir contestaciones verbalmente a cuestiones planteadas sobre el problema presentado. Se utilizó este instrumento de investigación, al dueño del Comercial “Vera” don Néstor Vera, con el fin de conocer la situación actual de los residuos en su establecimiento.

3.6.2. PRUEBA DE LUGOL

Se utiliza como indicador en la prueba del yodo para reconocer la presencia de almidón, puesto que esta sustancia adsorbe el yodo provocando una coloración azul (Sánchez y Pinto 2013).

3.7. TRATAMIENTOS.

Dentro de la investigación se utilizó un Diseño Completamente al azar (DCA) con 3 réplicas por tratamiento.

Cuadro 3.1. Composición de tratamientos.

Tratamientos	Réplicas	Residuo de almidón de maíz y café (%)	Agua (%)	Ácido Acético (%)	Glicerina (%)
T ₁	R ₁	20	40	20	20
	R ₂	20	40	20	20
	R ₃	20	40	20	20
T ₂	R ₁	20	40	20	20
	R ₂	20	40	20	20
	R ₃	20	40	20	20
T ₃	R ₁	20	40	20	20
	R ₂	20	40	20	20
	R ₃	20	40	20	20
T ₄	R ₁	20	40	20	20
	R ₂	20	40	20	20
	R ₃	20	40	20	20

Fuente. Autores.

3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado DCA, con el motivo de conocer si provocan efectos en la variable respuesta, la investigación utilizó 4 tratamientos con dosis de residuos de café (grano, cáscara, mucílago y pergamino) y maíz (hojas, semillas, mazorcas y cáscaras), siendo la variable de respuesta el tiempo de biodegradación.

3.9. UNIDAD EXPERIMENTAL.

Cada unidad experimental se conformó por diferentes porcentajes de residuos de café (grano, cáscara, mucílago y pergamino) y maíz (hojas, semillas, mazorcas y cáscaras), como se muestran en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Unidades experimentales.

Tratamientos	Proporción (%)	
	Maíz	Café
T ₁	85%	15%
T ₂	70%	30%
T ₃	30%	70%
T ₄	15%	85%

Fuente. Autores.

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se llevó a cabo utilizando el software Microsoft Excel (2013) para determinar el porcentaje de biodegradación de las láminas biodegradables donde se generó la recopilación y tabulación y mediante el software Statgraphics (versión 15.2.14) se realizó el análisis de varianza unifactorial (ANOVA) para cada una de las variables en estudio y pruebas de medias de los tratamientos – Tukey al 5% de probabilidad de error, con el propósito de poder determinar diferencias estadísticas para la recomendación del tratamiento más efectivo.

3.11. PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.11.1. FASE 1. REALIZAR UNA DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) Y MAÍZ (*Zea mays*).

3.11.1.1. ACTIVIDAD 1. BÚSQUEDA DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Para llevar a cabo esta fase, se procedió a realizar una exploración bibliográfica, cuyo propósito fue conocer los materiales adecuados para la obtención de láminas biodegradables (Orellana y Sánchez, 2006).

3.11.1.2. ACTIVIDAD 2. VISITA DE CAMPO

Se realizaron visitas in situ al centro de acopio “Comercial Vera”, se realizó una entrevista (anexo 1) al dueño de la misma, para conocer y describir la situación actual acerca del manejo de los residuos, además se recolectaron los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*), para la elaboración de las láminas biodegradables (anexo 1.1 y 1.2). De acuerdo a Oberti y Bacci (2016) otorga a la investigación profundizar en los elementos que la componen.

3.11.2. FASE 2. DETERMINAR EL TRATAMIENTO QUE FAVOREZCA LA OBTENCIÓN DE LÁMINAS PARA LA ELABORACIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES.

3.11.2.1. ACTIVIDAD 3. OBTENCIÓN DE MATERIALES Y ALMIDÓN

Se procedió a adquirir los materiales necesarios para la elaboración de bolsas biodegradables, tomando en cuenta las cantidades mencionadas en los tratamientos. Se elaboró almidón con los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*), se utilizaron diferentes materiales, los cuales se detallan en el cuadro 3.3:

Cuadro 3.3. Materiales y cantidades utilizados en la obtención de almidón.

MATERIAL	CANTIDAD
Cáscaras de café y maíz	15 Kg
Jugo de Naranja Agria	2 L
Horno o estufa	1
Unidad manual de molienda	1
Parrilla	1
Herramienta de corte	1
Termómetro	1
Tamiz	1

Fuente: (Castillo et al., 2015).

A continuación, se describe el proceso para obtener almidón necesario para elaborar láminas biodegradables de acuerdo a Castillo et al. (2015):

- a. **Solución antipardeamiento:** Se preparó esta solución para evitar la oxidación enzimática del almidón. Esta solución se extrajo del jugo de la naranja agria; ya que la Vitamina C ayuda a prevenir dicha oxidación.
- b. **Lavado de los residuos:** Se realizó con agua de bidón, y se efectuó con la intención de eliminar cualquier tipo de suciedad externa que pudiese presentarse en las cáscaras (anexo 2).
- c. **Inmersión de residuos:** Seguidamente se realizó la inmersión de los residuos, en la solución antipardeamiento impidiendo la oxidación mencionada.

- d. **Deshidratación:** A medida que se obtuvieron las tiras de almidón de los residuos, se fueron colocando en moldes con papel aluminio, para ser deshidratadas fueron colocadas en la estufa con una temperatura que oscile entre los 50°C y 60°C (anexo 2.1).
- e. **Molienda, triturado y tamizado:** Una vez deshidratados los residuos, se trituraron y molieron, para obtener una especie de polvillo. Finalmente el polvillo se tamizó se obtuvo una granulometría homogénea. Para verificar si en efecto se está obtuvo almidón se agregaron gotas de yodo encima de las muestras tamizadas (anexos 2.2 y 2.3). La aparición de algún tipo de coloración oscura, como resultado de este procedimiento, fue indicativo de la presencia de almidón.

3.11.2.2. ACTIVIDAD 4. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL ALMIDÓN.

La caracterización de la materia prima es muy importante para saber o justificar el comportamiento durante los procesos a los cuales serán sometidos (Alves, 2013). El desarrollo de la caracterización del almidón se llevó cabo en el laboratorio de química ambiental del área agroindustrial de la ESPAM MFL siguiendo los métodos constituyentes de cada análisis.

- **PRUEBA DE PRESENCIA ALMIDÓN (PRUEBA DE LUGOL)**

El ensayo de yodo es una reacción física utilizada en establecer la existencia o ausencia de almidón; a través de una solución de yodo-di yodo, esta reacciona con el almidón provocando un tono púrpura (Aguilar, Carrillo, Díaz, Parreño y Vallejo, 2014). Esta clase de prueba puede ser ejecutada con distintos productos que posean almidón como, por ejemplo: las papas, el pan o ciertos frutos (Aguilar et al., 2014).

Para conocer la presencia de almidón, se colocaron las muestras provenientes de almidón café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*) en cajas petri, luego se le

agregaron 2 gotas de yodo (lugol), y finalmente se observó las reacciones del elemento en el almidón (anexo 2.4).

- **DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**

Equipos y materiales:

- Cápsulas de porcelana.
- Balanza analítica.
- Horno.
- Desecador.

Fase experimental:

- a. Se lavaron las cápsulas de porcelana y se llevaron a peso constante.
- b. Luego se pesó 1 g de muestra en las cápsulas (Pi).
- c. Se llevaron las muestras al horno a temperatura 105°C durante 24 horas.
- d. Se dejó enfriar las cápsulas en el desecador.
- e. Se pesó las cápsulas que contenían las muestras (Pf) y se usó la fórmula 3.1 para determinar la humedad.

$$H = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad [3.1]$$

Donde:

Pi: Peso inicial.

Pf: Peso final.

- **DETERMINACIÓN DE CENIZAS**

Equipos y materiales:

- Crisoles de cerámica.
- Mufla.
- Balanza analítica.

Procedimiento Experimental:

- a. Se lavaron los crisoles y se llevaron a peso constante.
- b. Se pesó 2 g de la muestra de almidón (P_i), en los crisoles antes lavados.
- c. Se introdujeron los crisoles que contenían las muestras a la mufla calentándolas lentamente hasta 100°C , se aumentó la temperatura paulatinamente hasta 575°C para carbonizar toda la muestra (anexo 2.5).
- d. Cuando el residuo cesó de carbonizarse, se dejó que se calcinara durante 3 horas más, hasta que no hubo partícula negra en el residuo.
- e. Se dejó enfriar los crisoles a temperatura ambiente en un desecador.
- f. Se pesó los crisoles y anotamos el peso final (P_f) y se usó la fórmula 3.2 para determinar el porcentaje de cenizas.

$$\%Cenizas = \frac{P_f}{P_i} \times 100 \quad [3.2]$$

Donde:

P_i: Peso inicial.

P_f: Peso final.

• DETERMINACIÓN DE pH

Equipos y materiales:

- Potenciómetro.
- Balanza analítica.
- Agitador magnético.
- Vaso de precipitación (50ml).
- Tamiz #2.

Fase experimental:

- a. Se pesó 10 g de muestra, tamizada.
- b. Se agregó 60 ml de agua.
- c. Se agitó durante 30 minutos en un agitador magnético.

- d. Finalmente se introdujo el potenciómetro en la solución de la muestra de residuos.
- e. Registrar las unidades (anexo 2.6).

3.11.2.3. ACTIVIDAD 5. ELABORACIÓN DE LAS LÁMINAS.

Para la elaboración de láminas biodegradables se depositaron los residuos de almidón de maíz y café en un vaso de precipitación junto con el ácido acético, con la glicerina y el agua destilada, los cuales añaden propiedades importantes a las láminas como resistencia, flexibilidad e impermeabilidad, y se agitó hasta obtener una mezcla homogénea (Avilés, 2006) (anexo 2.7).

Se siguió el diagrama de flujo detallado en la figura 3.2.

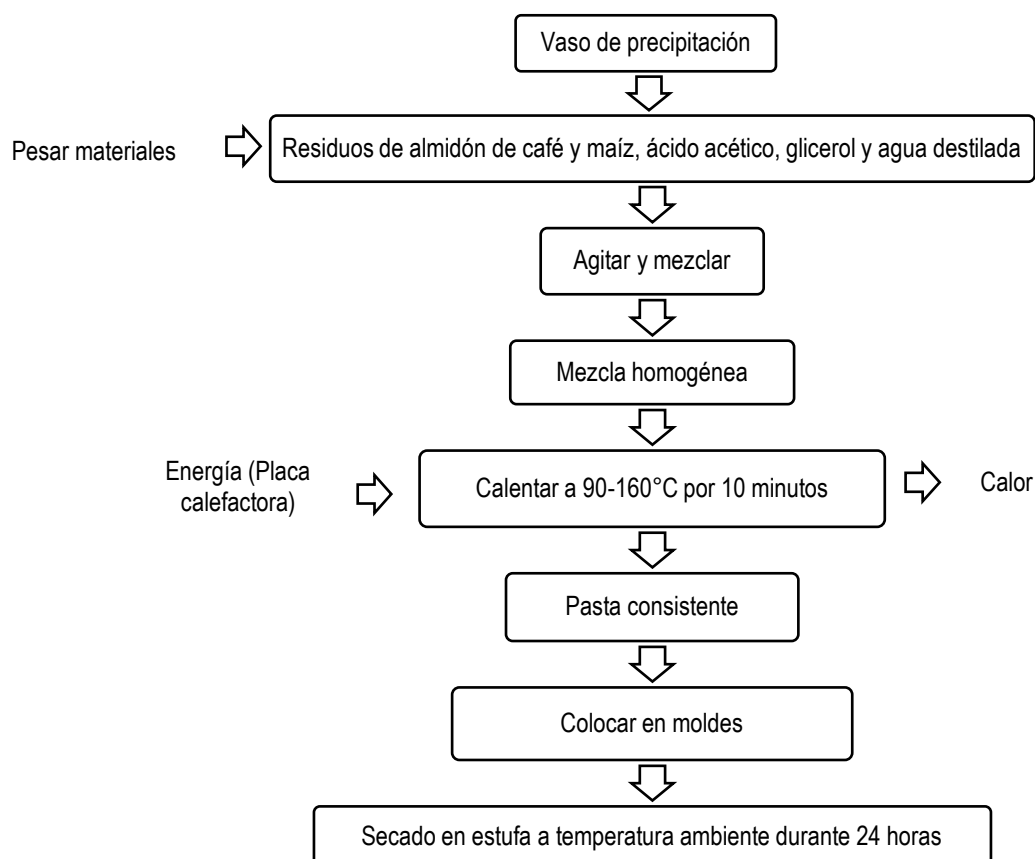


Figura 3.2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de láminas biodegradables. **Fuente:** Autores.

3.11.2.4. ACTIVIDAD 6. EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS LÁMINAS.

La película bioplástica, fue expuesta a pruebas físicas para descubrir su tiempo de biodegradación, resistencia, calidad y además conocer si esta puede tener un uso comercial de acuerdo con la norma NTE INEN 2290 2015-12.

- **REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL PROCESO DE BIODEGRADACIÓN**

Para el análisis de la biodegradabilidad de las láminas, se determinó como parámetro principal el tiempo de biodegradación en condiciones ambientales, se elaboraron láminas con dimensiones de 4 cm², basándose en la metodología descrita por Castellón, Tejeda, y Tejeda (2016).

Las láminas se ubicaron en el área del bosque de la ESPAM MFL, en donde se cubrieron con una capa fina de suelo las 12 unidades experimentales, debidamente rotuladas (anexo 2.8).

Para conocer porcentaje de degradación de la muestra de las láminas, se tomó en cuenta las dimensiones iniciales y finales de las láminas expuestas durante el tiempo del proyecto (anexo 2.8), y se utilizó la ecuación 3.3 para conocer el resultado de esta variable (Castellón, Tejeda, y Tejeda, 2016).

$$\% = \left[\frac{(A_1 - A_2)}{A_1} \right] X 100 \quad [3.3]$$

Donde:

A₁: Dimensión inicial de la película.

A₂: Dimensión final de la lámina (luego de 6 semanas).

La ventaja que tienen las materias primas naturales es que son considerados biodegradables, una vez utilizados, se descomponen bajo ciertas condiciones en un período de tiempo relativamente breve.

- **ANÁLISIS DE pH.**

El análisis de pH se realizó semanalmente ex situ mediante el método de potenciometría:

Equipos y materiales.

- Potenciómetro.
- Balanza analítica.
- Agitador magnético.
- Vaso de precipitación (50 g).
- Tamiz.

La fase experimental se muestra en la Figura 3.3 a continuación:

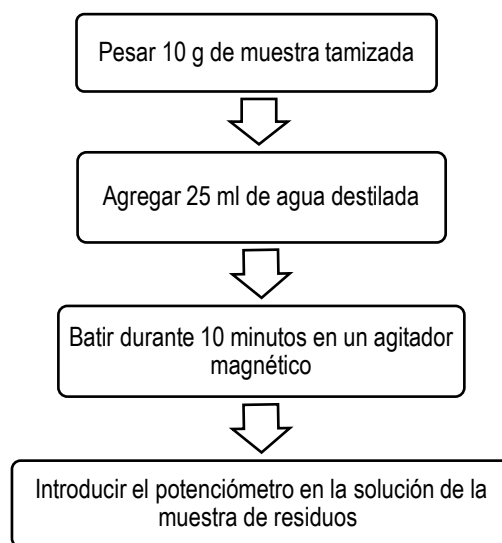


Figura 3.3. Diagrama de flujo del proceso de Método de Potenciometría. **Fuente:** Autores.

Es importante conocer análisis, ya que si el suelo cuenta con un pH normal, esto facilitará la digestión, asimilación y metabolización las cuales serán realizadas por los organismos existentes en el suelo.

- **CONTROL DE TEMPERATURA**

La temperatura del suelo cumple un papel importante en la descomposición de materiales encontrados en el mismo. Elevadas temperaturas pueden perjudicar al espacio más atractivo para el incremento del número y actividad de los organismos del suelo, como las bacterias, hongos, protozoarios, nematodos y virus, ya que estos se desarrollan en estado de humedad, por la riqueza de nutrientes existentes en el suelo. Este proceso se lo realizó semanalmente para poder observar las variaciones de temperatura del suelo y conocer así las condiciones a las que las láminas estarían expuestas (Crespo, 2013).

Se procedió a realizar la medición de la temperatura del suelo con un medidor de temperatura de suelo y sustrato, de acuerdo a la metodología de GLOBE (2005). Inicialmente se midieron 12 cm en la punta del termómetro y se plasmó una marca, se introdujo el termómetro distancia de suelo hasta la marca de 12 cm, se dejó reposar unos segundos, hasta que refleje los datos el artefacto (anexo 2.9).

- **RESISTENCIA AL AGUA (FILTRACIÓN)**

La resistencia al agua se determinó siguiendo el método descrito por Moreno (2015). Las películas con un área de 8 cm² se fijaron en la superficie de un vaso de precipitación y sobre estas se vertieron 5 ml agua destilada. Se registró de forma cualitativa la deformación de la película (causado por efecto del agua), el tiempo en que el agua comenzó a infiltrar a través del bioplástico y el tiempo que tardó en romperse (anexo 2.10).

- **SOLUBILIDAD DE LAS PELÍCULAS (SP)**

Se llevó a cabo según el método descrito por Moreno (2015); las láminas fueron seccionadas a modo de un cuadrado con un área (4 cm²) y posteriormente situadas en recipientes con 50 ml de agua destilada a 22°C durante 24 horas (anexo 2.11). La solución entonces se filtró a través de papel filtro Whatman N° 41 y

posteriormente las muestras adquirieron un secado a 105°C por 24 horas La solubilidad de la película (SP) se calculó mediante la ecuación 3.4:

$$\text{Solubilidad de Películas (SP)} = \left[\frac{(W_0 - W_f)}{W_0} \right] \times 100 \quad [3.4]$$

Donde:

W₀: Peso inicial de la película expresada como materia seca.

W_f: Peso del residuo desecado sin disolver la película.

- **RESISTENCIA A LA TRACCIÓN**

Es la medida de la capacidad de un polímero a resistir a los esfuerzos de estiramiento, normalmente se mide aplicando un esfuerzo a una probeta (láminas) (Espinosa, 2015) (anexo 2.12 y 2.13).

- **ELONGACIÓN**

Mide el aumento de longitud de la lámina cuando se le somete a un esfuerzo de tracción antes de producirse su rotura (anexo 2.12 y 2.13). El alargamiento se expresa en un tanto por ciento (%) con respecto a la longitud inicial (Espinosa, 2015).

La película bioplástica, será comparada con norma NTE INEN 2290 2015-12, para conocer si esta puede tener un uso comercial (funda para residuos y desechos sólidos) como lo indica los requisitos físicos (elongación y tracción) de la norma mencionada en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Requisitos físicos de la película plástica

Clasificación	Características	Unidades	Métodos de Ensayo	Dirección	Rango	
Domésticas	Resistencia a la Tracción	MPa	ASSTM D 882	DM	≥ 22	≤ 25
				DT	≥ 17	≤ 20
	Elongación a la Rotura	%		DM	≥ 300	≤ 400
				DT	≥ 250	≤ 300

Fuente: (INEN 2015).

3.11.2.5. ACTIVIDAD 7. ELABORACIÓN DE BOLSAS

Para elaborar las bolsas se realizaron láminas con dimensiones de 22 x15 cm (funda de tamaño promedio), las cuales debieron someterse a un proceso de calor para fijarse en una máquina selladora, mediante la técnica de pulso (154°C durante 1,84 segundos), considerablemente manejada en el cierre de películas sintéticas flexibles (Brody y Marsh, 1997). Una vez realizado este proceso se obtuvieron las bolsas (anexo 2.14 y 2.15).

3.11.3. FASE 3. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL TRATAMIENTO QUE PRESENTA MEJORES RESULTADOS EN LA ELABORACIÓN DE BOLSAS.

3.11.3.1. ACTIVIDAD 8. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS BOLSAS BIODEGRADABLES

Monferrer (2013) considera que el precio es la suma de dinero que se cobra por una utilidad, servicio o el complemento. Una vez que se definió el mejor tratamiento se procedió a realizar un análisis económico del precio de elaboración de una bolsa biodegradable por medio de una matriz la cual estableció los recursos y elementos que fueron necesarios para la elaboración de dicho producto, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- a) Membrete** (Reconocimiento del nombre del proyecto a elaborar, detalle del rubro a presentar y unidad de medida).
- b) Costo Directo:** Equipos (se especificaron los equipos que se manejaron para la producción una bolsa biodegradable). Costo de mano de obra (este valor fue asignado de acuerdo a la ley que fija remuneraciones básicas, para salarios mínimos que corresponden a una jornada diaria de 8 horas, establecidos por la Contraloría General del Estado 2019) y materiales (en el cual se valoraron los costos de materiales utilizados en la fabricación de una bolsa biodegradable).

c) Costo indirecto: Se tomó en cuenta los costos adicionales que afectan indirectamente al proceso productivo de la elaboración de bolsas biodegradables.

d) Costo total: Suma del Costo Directo más el Costo Indirecto.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) Y DEL MAÍZ (*Zea mays*).

Los residuos manejados fueron los del café (*Coffea arabica*) de la variedad arábigo y maíz (*Zea mays*) de la variedad de híbrido trueno, en los cuales se encontraban el grano, la cáscara, el mucílago y pergamino, pues de acuerdo a Puerta (2011) poseen menos ácidos grasos libres que el café Robusta y en los granos acumulados existen más ácidos grasos libres que en los granos frescos.

Por otro lado, también se utilizaron los residuos de maíz, como hojas, semillas y mazorcas, debido a que se cuentan comprendido con gran cantidad de fibra cruda, la que a su vez está compuesto por un nivel elevado de almidón de 87%, aproximadamente 8% de proteínas y el restante está compuesto con un contenido de grasas relativamente bajo (Gonzáles et al., 2016).

El manejo de estos residuos como materia prima en la fabricación de materiales alternativos muestra una gestión apropiada en la producción de artículos ecológicos. Se eligió trabajar con los residuos mencionados, ya que Manabí es una de las provincias de mayor producción agrícola, contribuyendo con 1'163,428 Ha, representando el 24,74% de maíz duro seco y el café con el 11% (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [SINAGAP, 2016]).

En la visita realizada al centro de acopio “Comercial Vera” en la ciudad de Calceta, se pudo constatar la situación y manejo actual de los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*), a través de una entrevista realizada al propietario de la misma, en donde se pudo conocer que ingresan 10 quintales de estos productos semanalmente, los cuales no reciben un manejo adecuado en su disposición final, desechando una cantidad de 5 quintales de residuos (anexo 1).

4.2. DETERMINAR EL TRATAMIENTO QUE FAVOREZCA LA OBTENCIÓN DE LÁMINAS PARA LA ELABORACIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES.

4.2.1. OBTENCIÓN DE ALMIDÓN

Los residuos de café (grano, cáscara, mucílago y pergamino) y maíz (hojas, semillas y mazorcas) para elaborar almidón fueron obtenidos en el centro de acopio “Comercial Vera” (anexo 1.1 y 1.2). El proceso de extracción de almidón se llevó a cabo en condiciones controladas en el laboratorio de química ambiental de la ESPAM MFL, para lo cual se siguió el siguiente diagrama de flujo:

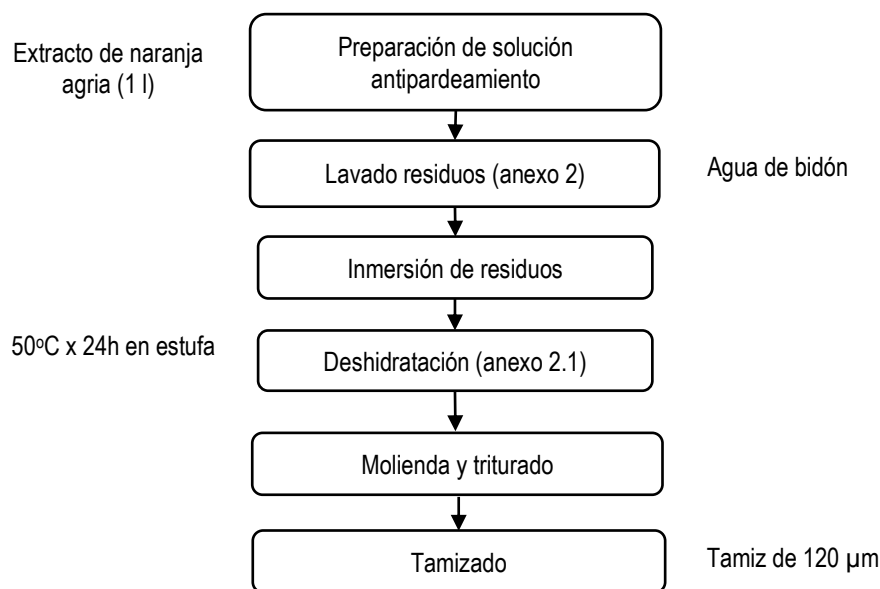


Gráfico 4.1. Procedimiento para obtención de almidón **Fuente.** Autores.

Se utilizaron 15 kg de residuos de café (grano, cáscara, mucílago y pergamino) y maíz (hojas, semillas y mazorcas), para la extracción de almidón, de las cuales se obtuvieron 11 kg de este componente, en un estudio realizado por Palacio y Mendoza (2012) por cada 100 kg de residuo se obtuvieron 60 kg de almidón.

La molienda resultante de residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*) no fue suficiente para obtener almidón, por consiguiente fueron tamizadas las partículas pasando por una malla (tamiz) de 120 μm (anexo 2.2 y 2.3). Resultados semejantes se hallaron en la investigación realizada por Alves (2013) quien obtuvo 106 a 300 μm ; así mismo en el estudio de Chariguamán y Jimmy (2015), donde las partículas obtenidas fueron de 75 a 250 μm . Munive (2009) expresa que el almidón de maíz puede llegar a poseer un tamaño de partícula de 300 μm .

Una de las propiedades más significativas del almidón natural es que dicho elemento contiene dos estructuras poliméricas que son: la amilosa y la amilopectina. Las cualidades comercialmente conocidas del almidón, son resistencia mecánica y flexibilidad, dichas dependen de la resistencia y de carácter de la región cristalina, la cual proviene de la relación de este componente (Quiñonez, 2015).

4.2.2. CARACTERIZAR EL ALMIDÓN.

La caracterización de la materia prima fue un proceso importante para conocer o justificar el comportamiento del almidón durante los procesos a los cuales fueron sometidos. En el cuadro 4.1 se detalla la caracterización del almidón de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*), que se realizó en el laboratorio de química ambiental del área agroindustrial de la ESPAM MFL.

Cuadro 4.1. Caracterización de almidón.

Almidón	Composición			
	Humedad (%)	pH	Ceniza (%)	Presencia de almidón
Café	6	6	0,10	Positivo
Maíz	9	6,5	0,08	Positivo

Fuente. Autores.

a. PRUEBA DE PRESENCIA DE ALMIDÓN (PRUEBA DE LUGOL)

En las muestras compuestas por almidón de maíz (*Zea mays*) y de café (*Coffea arabica*) al agregarle dos gotas de yodo (lugol) resultó una coloración azul negruzco, esto se debe a que en esta reacción el yodo entra a la estructura helicoidal del almidón, comprobando su presencia (anexo 2.4). Esto hace referencia a que los átomos de yodo se implantan entre las espirales induciendo la absorción o

adherencia de yodo en las moléculas del almidón (amilosa- amilopectina) (Aguilar, et al. 2014).

b. pH

Los valores del pH en un almidón nativo deben estar entre 6,0-6,5 de acuerdo a los rangos establecidos de la Guía Técnica para análisis de almidón por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

El almidón de maíz (*Zea mays*) se encuentra entre los rangos establecidos (anexo 2.6), mientras que el almidón de café (*Coffea arabica*) posee un pH inferior. De acuerdo a Sánchez y Aristizábal (2007), las condiciones desfavorables para el desarrollo de hongos y levaduras es el pH bajo, alto contenido de sales y azúcares, bajo contenido de humedad y baja temperatura de almacenamiento. Estos tienen algunas características similares a las bacterias cuando contaminan los alimentos, tales como la capacidad de alteración y la producción de metabolitos tóxicos.

c. CENIZAS

Los porcentajes de cenizas en el almidón de los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*), se obtuvieron utilizando crisoles que contenían las muestras a la mufla calentándolas lentamente hasta 100°C, se aumentó la temperatura paulatinamente hasta 575°C para carbonizar toda la muestra, cuando el residuo cesó de carbonizarse, se dejó que se calcinara durante 3 horas más (anexo 2.5).

De acuerdo a la Guía Técnica para análisis de almidón por la FAO, el contenido de cenizas en el almidón, no debe exceder de 0,12%. El contenido resultante del análisis se encontró dentro de lo permitido. De acuerdo a Sánchez y Aristizábal (2007) el valor de ceniza puede proveer una estimación de la calidad del almidón: elevados niveles de cenizas demuestran contaminación de la muestra.

d. HUMEDAD

De acuerdo a los rangos establecidos de la Guía Técnica para análisis de almidón por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el porcentaje de humedad en el almidón no puede sobrepasar el 13%, puesto que la calidad del almidón puede ser afectada.

Cuando dicho elemento es almacenado por encima de 13% de humedad se beneficia la formación de hongos y levaduras y a la vez su susceptibilidad a formar reacciones de fermentación las cuales aumentarán la acidez titulable y disminuirán el pH del almidón (Aguilar et al., 2014); sin embargo las muestras analizadas se encontraron con una humedad inferior al 13%.

4.2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIODEGRADABLES.

Para la preparación de las unidades experimentales se necesitó:

- a. Agua destilada.
- b. Glicerol.
- c. Ácido acético.
- d. Almidón de café y maíz

El proceso fue llevado a cabo en los laboratorios del área agroindustrial de la ESPAM MFL, luego de obtener la mezcla se la llevó a la estufa por 24 horas para el proceso de calentamiento entre 90-160°C (anexo 2.7). Se elaboraron 3 unidades experimentales por cada tratamiento, utilizando las cantidades de materia prima detalladas en el cuadro 3.1, obteniendo un total de 12 muestras.

4.2.4. EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS LÁMINAS

A. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE BIODEGRADACIÓN.

Se elaboraron láminas con dimensiones de 4 cm², basándose en la metodología descrita por Castellón, Tejeda, y Tejeda (2016). Estas fueron expuestas en el suelo del vivero de la ESPAM MFL.

El seguimiento fotográfico se lo realizó semanalmente y tuvo una duración de 6 semanas, en este se logra observar la transformación del aspecto de las láminas, así mismo como van reduciendo las medidas de dichas láminas, como resultado de la exposición de estas en el suelo, a temperaturas un poco variantes y con acción de varios microorganismos existentes en el ambiente, donde se tomó en cuenta la dimensión inicial y final de la película (anexo 2.8), luego de 6 semanas expuestas.

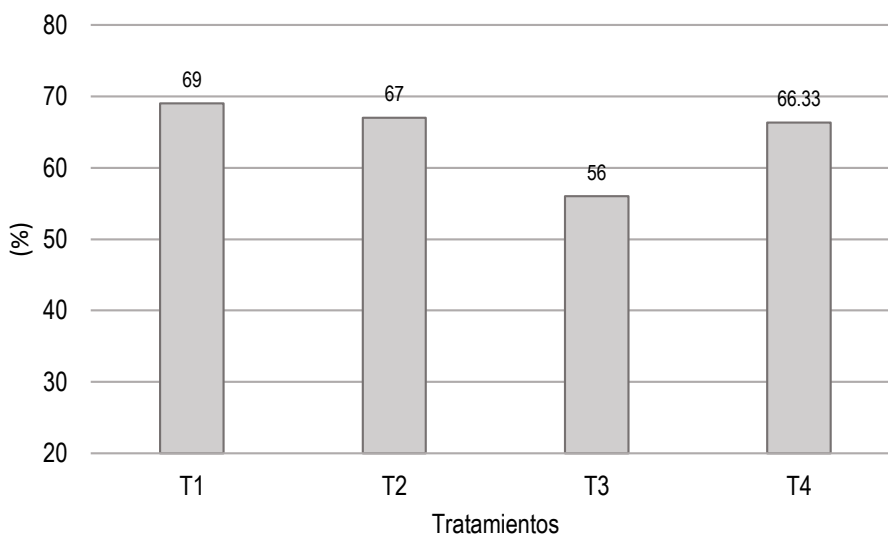


Gráfico 4.2. Porcentaje de biodegradación de láminas.

Se introdujeron datos de dimensiones inicial y final de las láminas (anexo 2.8), obteniendo como resultado que todas las muestras superaron el 60% de biodegradación en un periodo 6 semanas. Datos similares se obtuvieron de la investigación realizada por Meza (2016), en donde el tiempo de biodegradación del bioplástico partir de almidón residual papa fue mayor al 80% en un lapso de 10 semanas, tomando como relación el peso de las películas; demostrando mayor

pérdida de peso lo que equivale a un mayor porcentaje de biodegradación, concluyendo que el peso perdido del bioplástico es menor que su peso inicial.

B. ANÁLISIS DE pH

No se registraron variaciones violentas en el pH del suelo (pH básico), los datos que se lograron obtener no variaron en gran medida. Es de mucha importancia que el suelo cuente con un pH normal, ya que de esta manera facilitará la digestión, asimilación y metabolización que se llevará a cabo por las bacterias (basófilas), hongos, protozoos y demás organismos encontrados en el suelo.

Cuadro 4.2. pH del Suelo.

Semana	pH del Suelo
1	7,85
2	7,89
3	7,83
4	7,84
5	7,85
6	7,84

Fuente: Autores.

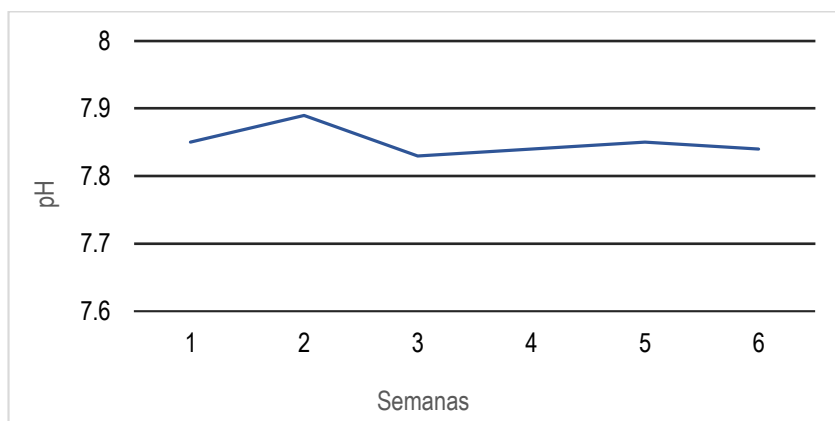


Gráfico 4.3. pH del suelo.

C. CONTROL DE TEMPERATURA

Se realizó este proceso semanalmente para poder observar las variaciones de temperatura del suelo y conocer así las condiciones a las que las láminas estuvieron expuestas (anexo 2.9).

No se registraron cambios de temperatura bruscos, solo variaciones leves, las cuales ayudaron en el proceso natural realizado por los organismos del suelo como bacterias mesófilas que actúan de 15 a 40 °C en el suelo, ayudando a degradar las láminas.

Cuadro 4.3. Temperatura del Suelo.

Semana	°C
1	32,5
2	32,9
3	31,4
4	31,5
5	32,5
6	31,5

Fuente: Autores.

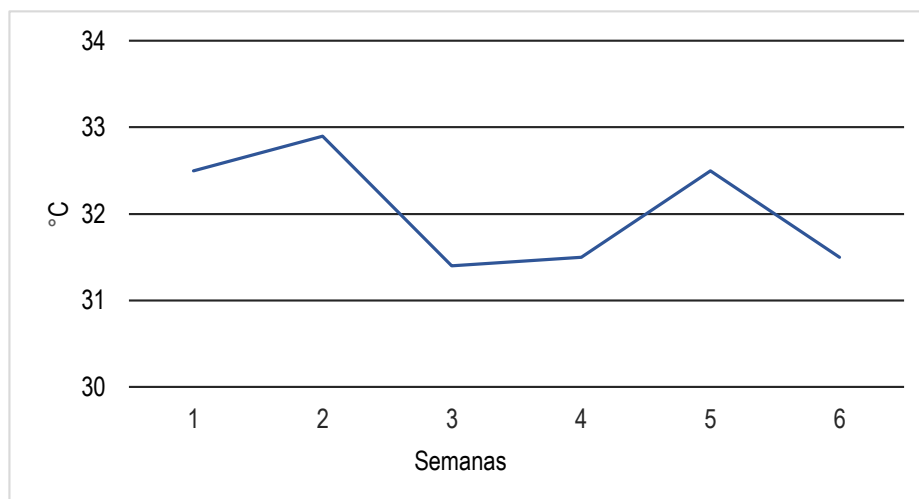


Gráfico 4.4. Temperatura del suelo.

D. SOLUBILIDAD DE LÁMINAS

En el cuadro 4.4 se detalla el porcentaje de solubilidad al agua (%) de los tratamientos (anexo 2.10).

Cuadro 4.4. Solubilidad de las películas SP (%).

Tratamientos	Réplicas	Wo(g)	Wf(g)	Solubilidad de las películas (%)
T ₁	R ₁	0,23	0,195	15
	R ₂	0,22	0,190	13
	R ₃	0,24	0,190	20
T ₂	R ₁	0,23	0,173	24
	R ₂	0,23	0,179	22
	R ₃	0,24	0,180	25
T ₃	R ₁	0,24	0,170	29
	R ₂	0,23	0,160	30
	R ₃	0,23	0,156	32
T ₄	R ₁	0,23	0,146	36
	R ₂	0,22	0,135	38
	R ₃	0,22	0,129	41

Fuente: Autores.

Cuadro 4.5. Análisis de ANOVA.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos (tratamientos)	814,917	3	271,639	45,27	0,0000
Intra grupos (error)	48,0	8	6,0		
Total (Corr.)	862,917	11			

Fuente: Autores.

El valor-P de la prueba-F es menor que 0,05 con un nivel del 95,0% de confianza, es decir que los tratamientos con porcentajes de residuos de café y maíz aplicados son diferentes en relación a la solubilidad de las láminas biodegradables elaboradas. Para ello se determinó cuáles medias son significativamente diferentes de otras mediante la prueba múltiple de medias Tukey.

En el gráfico 4.5 se identificaron 4 grupos homogéneos según la alineación, T₁ pertenece a la primera alineación, T₂ a la segunda alineación, T₃ a la tercera alineación y T₄ a la última alineación; por lo tanto el 1 (grupo A), es el que obtuvo mejor resultado dado a que obtuvo menor porcentaje de solubilidad.

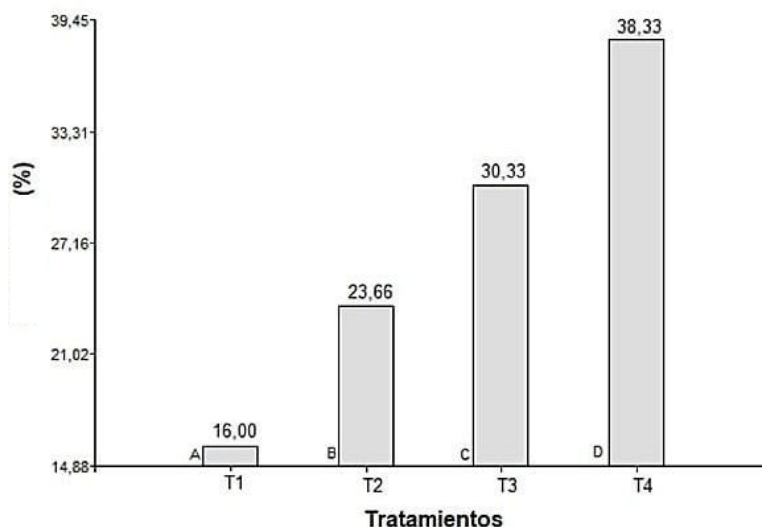


Gráfico 4.5. Solubilidad de las películas (%).

El T₁ obtuvo menor porcentaje de solubilidad con 16%, seguido de T₂ con 23%, T₃ y T₄ sobrepasan el 30% de solubilidad. Moreno (2015) establece que no se necesita que las láminas no absorban demasiada agua, lo que podría modificar notablemente su permeabilidad, ya que una de las propiedades que se le atribuyen tradicionalmente al plástico es de "rechazar" el agua, es decir, la de ser impermeables e insolubles. En un estudio realizado por Paspuel y Adela (2016) de un bioplástico con almidón de maíz y yuca se obtuvo entre 9% a 35% solubilidad, además Farías (2012) consiguió un valor mínimo de 18 % de solubilidad de una lámina a base de almidón de yuca con adición de pulpa de acerola.

E. RESISTENCIA AL AGUA (FILTRACIÓN)

La resistencia al agua evita que la película tenga inconvenientes con el transferencia de la humedad al bioplástico, los datos se registraron de manera cualitativa, en el cuadro 4.7 se puede observar los resultados obtenidos para filtración de agua (ml) y tiempo de rotura (h) para cada película biodegradable durante 72h, momento en el que se detuvo el experimento. Hubieron replicas que se quebrantaron antes del ensayo como son: T₄R₁ y la T₄R₃ (-) (anexo 2.11).

Cuadro 4.6. Filtración de agua y rotura.

Tratamientos	Réplicas	Filtración de agua (ml)	Tiempo de rotura (h)
T ₁	R ₁	Nulo	Irrompible
	R ₂	Nulo	Irrompible
	R ₃	Nulo	Irrompible
T ₂	R ₁	Nulo	Irrompible
	R ₂	Nulo	Irrompible
	R ₃	0,5	2
T ₃	R ₁	Nulo	Irrompible
	R ₂	Nulo	Irrompible
	R ₃	1,5	2
T ₄	R ₁	-	-
	R ₂	Nulo	Irrompible
	R ₃	-	-

Fuente: Autores.

En el cuadro 4.7 se muestra resultados generales de la caracterización de las láminas de los ensayos de solubilidad y filtración de agua.

Cuadro 4.7. Caracterización de las láminas.

Variable	Unidad	Tratamientos			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Solubilidad	(%)	16	23,66	30,33	38,33
Filtración de agua	ml	Nulo	0,5	1,5	-
Tiempo de rotura	h	Irrompible	2	2	-

Fuente: Autores.

El T₁ fue considerado el más resistente, sus muestras demostraron menor solubilidad y filtración de agua, T₂ le sigue con filtración de 0,5 en 2 horas, T₃ tuvo una filtración de 1,5 ml en 2 horas y el tratamiento más débil a la resistencia de agua fue el T₄ ya que sus réplicas T₄R₁ y la T₄R₃ se quebrantaron antes del ensayo. En el trabajo realizado se busca una menor solubilidad y filtración de agua, ya que esta medida es significativa en la elaboración de una bolsa; de acuerdo a Gutiérrez, Tapia, Pérez y Famá (2015) esto le permite al bioplástico prever y disminuir el traspaso de la humedad que se encuentre en el entorno al producto.

4.2.5. REQUISITOS FÍSICOS DE LA NORMA NTE INEN 2290 PARA FUNDAS PLÁSTICAS

ENSAYO TRACCIÓN Y ELONGACIÓN

Las pruebas de tracción y elongación fueron realizadas por el laboratorio de INCABLE S.A (anexo 2.12 y 2.13) se realizaron los ensayos en base a 2 direcciones,

dirección de máquina (DM) y dirección trasversal (DT). Se enviaron las réplicas por cada tratamiento, con medidas de 3x13 cm (requerimiento del laboratorio para efectuarse el ensayo), de las cuales solo se realizó el ensayo a los T₁, T₂ y T₃ ya que el T₄ no cumplía con los estándares establecidos para ejecutarse en un ensayo, por tender a quebrantarse.

TRACCIÓN TENSIL (DIRECCIÓN DE MÁQUINA)

Cuadro 4.8. Ensayo de tracción (DM).

Tratamientos	Réplicas	Dirección de máquina	Tracción (MPa)
T ₁	R ₁	DM	0,45
	R ₂	DM	0,54
	R ₃	DM	0,66
T ₂	R ₁	DM	0,64
	R ₂	DM	0,44
	R ₃	DM	0,33
T ₃	R ₁	DM	0,34
	R ₂	DM	0,30
	R ₃	DM	0,33
T ₄	R ₁	DM	0
	R ₂	DM	0
	R ₃	DM	0

Fuente: Autores.

Cuadro 4.9 Análisis de ANOVA.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos (tratamientos)	0,530425	3	0,176808	19,52	0,0005
Intra grupos (error)	0,0724667	8	0,00905833		
Total (Corr.)	0,602892	11			

Fuente: Autores.

La tabla ANOVA indica existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Tracción por DM (dirección de la máquina) dado que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05 con un nivel del 95,0% de confianza. Es decir que los tratamientos de porcentajes de residuos de café y maíz aplicados son diferentes en relación a la tracción de las láminas biodegradables elaboradas. Para ello se determinó cuáles medias son significativamente diferentes de otras mediante la prueba múltiple de medias Tukey.

En el gráfico 4.3 se han identificado 2 grupos homogéneos, donde T₁-T₂; T₁-T₃ y T₂-T₃ pertenecen a la primera alineación (grupo A), y T₄ pertenece a la segunda

alineación (grupo B). El tratamiento que resistió a una mayor fuerza de tracción fue la del T₁ (0,55 MPa) el cual contenía 85% de maíz y 15% de café.

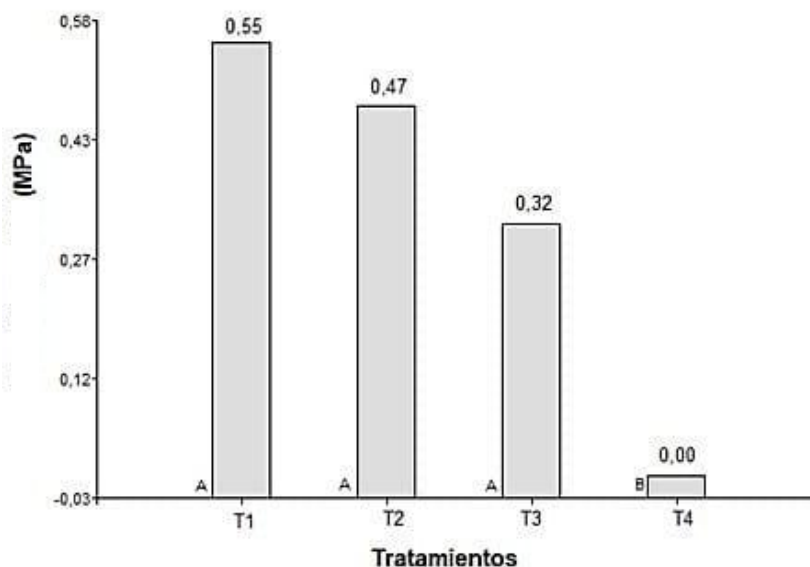


Gráfico 4.6. Medias de tracción (DM).

- **TRACCIÓN TENSIL (DIRECCIÓN TRANSVERSAL)**

Cuadro 4.10. Ensayo de Tracción (DT).

Tratamientos	Réplicas	Dirección de máquina	Tracción (MPa)
T ₁	R ₁	DT	0,36
	R ₂	DT	0,55
	R ₃	DT	0,59
T ₂	R ₁	DT	0,49
	R ₂	DT	0,30
	R ₃	DT	0,41
T ₃	R ₁	DT	0,46
	R ₂	DT	0,32
	R ₃	DT	0,35
T ₄	R ₁	DT	0
	R ₂	DT	0
	R ₃	DT	0

Fuente: Autores.

Cuadro 4.11. Análisis de ANOVA.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos (tratamientos)	0,433225	3	0,144408	19,49	0,0005
Intra grupos (error)	0,0592667	8	0,00740833		
Total (Corr.)	0,492492	11			

Fuente: Autores.

La tabla ANOVA determina que existe diferencia significativa entre la media de Tracción por DT (Dirección transversal) puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05 con un nivel del 95,0% de confianza, es decir que los porcentajes de residuos de café y maíz aplicados en los tratamientos son diferentes en relación a la tracción de las láminas biodegradables elaboradas. Para ello se determinó cuáles medias son significativamente diferentes de otras mediante la prueba múltiple de medias Tukey.

En el gráfico 4,4 se han identificado 2 grupos homogéneos, donde T₁-T₂; T₁-T₃ y T₂-T₃ pertenece primera alineación (grupo A) y T₄ pertenece a la segunda alineación (grupo B). El tratamiento que resistió a una fuerza de tracción (DT) fue la del T₁ (0,50 MPa), el cual contenía 85% de maíz y 15% de café.

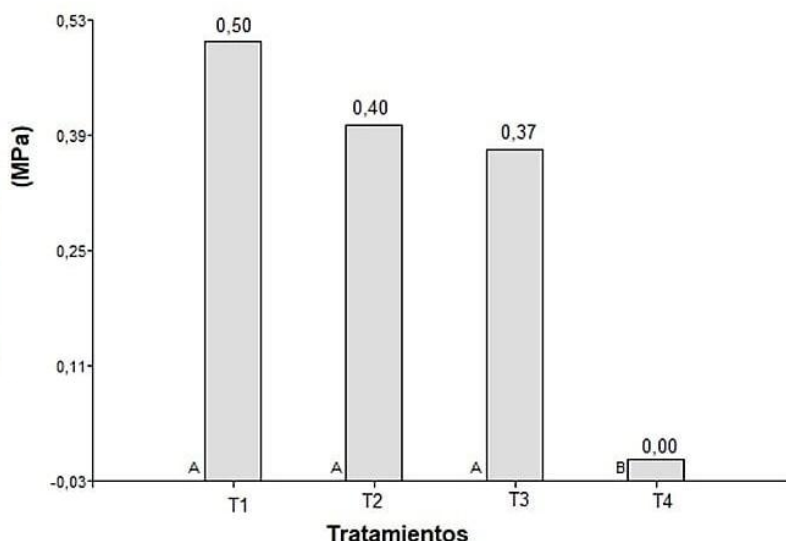


Gráfico 4.7. Medias de tracción (DT).

La resistencia que establece la Norma NTE INEN 2290 para fundas plásticas debe ser superior a 20 MPa en dirección de máquina (DM) y 20 MPa en dirección transversal (DT), las películas presentaron una resistencia tensil DM y DT entre 0,66 y 0 MPa respectivamente. Los valores no se encontraron dentro de lo permitido, lo cual determina que las propiedades físicas del bioplástico producido en laboratorio son deficientes para uso de bolsas comerciales.

El resultado obtenido es similar en la investigación realizada por Meza (2016), quien obtuvo en esfuerzo máximo de 1,47 MPa; mientras que Holguín (2019), alcanzó una resistencia de 4,13 MPa con bioplástico elaborado con almidón de papa.

Si bien las tres experiencias tuvieron distintas condiciones, todas fueron elaboradas a partir de almidón. Las diferencias en las características mecánicas pueden estar explicadas por la calidad y tipo de almidón que se tomó como materia prima para la elaboración del bioplástico.

- **ELONGACIÓN (DIRECCIÓN DE MÁQUINA).**

Cuadro 4.12. Ensayo de elongación (DM).

Tratamientos	Réplicas	Dirección de maquina	Tracción (MPa)
T ₁	R ₁	DM	28,03
	R ₂	DM	28,05
	R ₃	DM	28,07
T ₂	R ₁	DM	20,02
	R ₂	DM	20,01
	R ₃	DM	21,03
T ₃	R ₁	DM	20,02
	R ₂	DM	20,01
	R ₃	DM	19,03
T ₄	R ₁	DM	0
	R ₂	DM	0
	R ₃	DM	0

Fuente: Autores.

Cuadro 4.13. Análisis de ANOVA.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos (tratamientos)	1288,69	3	429,563	2575,06	0,0000
Intra grupos (error)	1,33453	8	0,166817		
Total (Corr.)	1290,03	11			

Fuente: Autores.

La tabla ANOVA indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de elongación por DM (dirección de la máquina) dado que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05. Es decir que los tratamientos de porcentajes de residuos de café y maíz aplicados son diferentes en relación a la elongación de las láminas biodegradables elaboradas. Para ello se determinó cuáles medias son significativamente diferentes de otras mediante la prueba múltiple de medias Tukey.

En el gráfico 4.5 se identificaron 3 grupos homogéneos, donde el T₁ pertenece a la primera alineación (grupo A); T₂-T₃ pertenece segunda a la alineación (grupo B) y T₄ pertenece a la tercera alineación (grupo C). El tratamiento que obtuvo una elongación (DM) más elevada fue la del T₁ (28,03%) el cual contenía 85% de maíz y 15% de café.

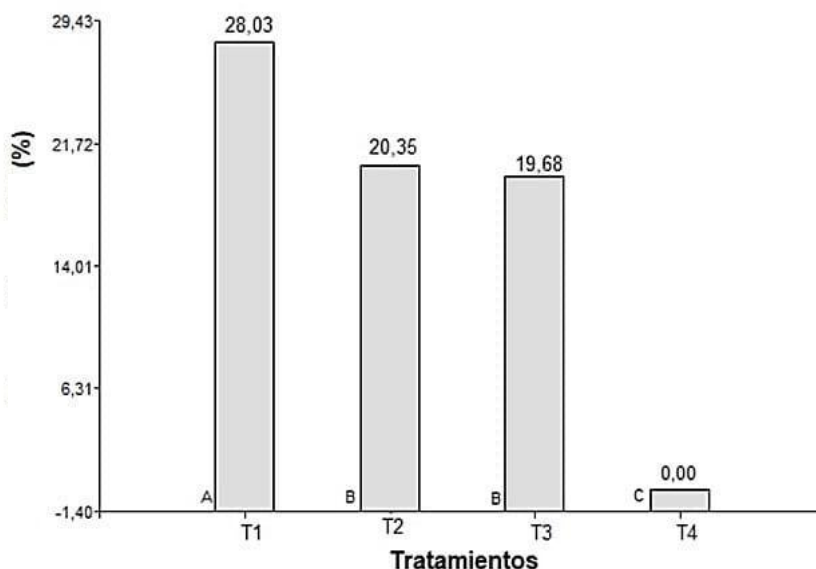


Gráfico 4.8. Medias de elongación (DM)

- **ELONGACIÓN (DIRECCIÓN TRANSVERSAL).**

Cuadro 4.14. Ensayo de elongación (DT).

Tratamientos	Réplicas	Dirección de maquina	Tracción (MPa)
T ₁	R ₁	DT	24,03
	R ₂	DT	24,04
	R ₃	DT	24,01
T ₂	R ₁	DT	28,03
	R ₂	DT	22,04
	R ₃	DT	22,06
T ₃	R ₁	DT	12,01
	R ₂	DT	12,04
	R ₃	DT	12,03
T ₄	R ₁	DT	0
	R ₂	DT	0
	R ₃	DT	0

Fuente: Autores.

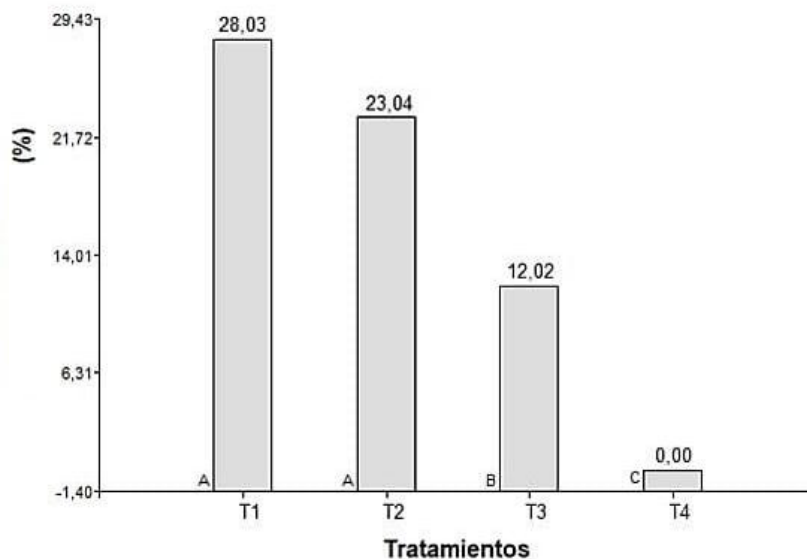
Cuadro 4.15. Análisis de ANOVA.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos(tratamiento)	1191,3	3	397,101	133,25	0,0000
Intra grupos(error)	23,8414	8	2,98018		
Total (Corr.)	1215,14	11			

Fuente: Autores.

La tabla ANOVA determina que existe diferencia significativa entre la media de Tracción por DT (Dirección transversal) puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05. Es decir que los tratamientos de porcentajes de residuos de café y maíz aplicados son diferentes en relación a la elongación de las láminas biodegradables elaboradas. Para ello se determinó cuáles medias son significativamente diferentes de otras mediante la prueba múltiple de medias Tukey.

En el gráfico 4.6 se identificaron 3 grupos homogéneos, donde T₁-T₂; pertenece a la primera alineación (grupo A) y T₃ pertenece a la segunda alineación (grupo B) y T₄ pertenece a la tercera alineación (grupo C). El tratamiento que obtuvo una elongación (DT) más elevada fue la del T₁ (28,03%) el cual contenía 85% de maíz y 15% de café.

**Gráfico 4.9.** Medias de elongación (DT).

La elongación que estipula la Norma NTE INEN 2290 para fundas plásticas para residuos y desechos sólidos debe ser superior a 300% en dirección de máquina (DM) y 350% en dirección transversal (DT), las películas presentaron una elongación DM y DT entre 28,05 y 0% respectivamente. Los valores no se hallaron dentro de lo estipulado; lo cual comprueba que las propiedades físicas del bioplástico elaborado en laboratorio son deficientes para uso de bolsas comerciales. El resultado obtenido es similar al trabajo de Meza (2016) quién obtuvo una elongación máxima de 24,18%, mientras que el ensayo de Holguín (2019) realizado con bioplástico que contenía con almidón de papa consiguió un valor de elongación bajo de 4%.

Si bien las tres experiencias tuvieron distintas condiciones, todas fueron elaboradas a partir de almidón. Las diferencias en las características mecánicas pueden estar explicadas por la calidad y tipo de almidón que se tomó como materia prima para la elaboración del bioplástico.

En el cuadro 4.16 se muestra resultados generales de los requisitos físicos de la Norma NTE INEN 2290 para fundas plásticas.

Cuadro 4.16. Resultado de propiedades físicas (NTE INEN 2290).

Variable	Unidad	Tratamientos				Rango	
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄		
Elongación (DM)	%	28,05	20,35	19,68	0	≥ 300	≤ 400
Elongación (DT)	%	24,03	23,04	12,02	0	≥ 250	≤ 300
Tracción (DM)	MPa	0,55	0,47	0,32	0	≥ 22	≤ 25
Tracción (DT)	MPa	0,50	0,40	0,37	0	≥ 17	≤ 20

Fuente: Autores.

Se logró determinar que las láminas de los T₁, T₂ y T₃ no presentan fisuras y pudieron resistir el ensayo con éxito. El T₄ (85% de café y 15% de maíz) se consideró el más débil, puesto que este residuo contiene un mayor porcentaje de almidón de café; de acuerdo a Anangón (2019), los residuos de este producto poseen mayor cantidad de lípidos y sacarosa, afectando a la resistencia de la lámina, provocando su fragilidad; el almidón provoca la compactación de las fibras, cuando no existe suficiente cantidad del mismo como en el tratamiento T₄, provoca que estos sean quebradizos, no muy flexibles, ni permeables.

Al contrario el maíz posee un gran cantidad de fibra cruda, la que a su vez está compuesto por un nivel elevado de almidón de 87%, aproximadamente 8% de proteínas y el restante está compuesto con un contenido de grasas relativamente bajo (González et al., 2016); lo cual favorece a que estén tengan una mayor resistencia, impidiendo su quebranto.

Sin embargo la elongación que estipula la Norma NTE INEN 2290 para fundas plásticas para residuos y desechos sólidos debe ser superior a 300% en dirección de máquina (DM) y 350% en dirección transversal (DT), las películas presentaron una elongación DM y DT entre 28,05 y 0% en los tratamientos.

En cuanto a la resistencia que establece dicha norma el valor debe ser superior a 20 MPa en dirección de máquina (DM) y 20 MPa en dirección transversal (DT), las películas presentaron una resistencia tensil DM y DT entre 0,66 y 0 MPa respectivamente. En ambos análisis los resultados no se encontraron dentro de lo estipulado según la Norma NTE INEN 2290, evidenciando que las propiedades físicas del bioplástico elaborado en laboratorio no son aptas para uso de bolsas comerciales.

De acuerdo a García (2015) los bioplásticos son sutiles, en algunos casos resistentes al agua y de apariencia agradable. No obstante algunas desventajas de ellos son, fragilidad en propiedades mecánicas (con respecto a los plásticos convencionales)

4.2.6. ELABORACIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES

Aunque a los primeros tratamientos se realizaron la mayoría de los análisis con resultados favorables y similares, se escogió el T₁ para realizar las bolsas biodegradables (anexo 2.14 y 2.15), ya que presentó los mejores resultados en los análisis realizados obteniendo menor porcentaje de solubilidad (16%), nula filtración de agua y mayor porcentaje de elongación (28%) y un esfuerzo máximo (0.66MPa).

La elaboración de bolsas biodegradables, se llevó a cabo mediante el siguiente proceso:

- a) Obtención de las láminas (uso de colorante, opcional).
- b) Corte de láminas según las medidas de las bolsas (22x15cm).
- c) Unión de láminas (sellado).

4.3. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA ELABORACIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES.

En el cuadro 4.17 se representa al análisis económico realizado por medio de una matriz de precios unitarios para la obtención una bolsa biodegradable con el tratamiento escogido (T₁).

- a) Equipos:** Los equipos requeridos para la elaboración de una bolsa biodegradable fueron balanza analítica, estufa y plancha de calentamiento, los valores de tarifa correspondieron al alquiler de estos por hora.
- b) Materiales:** e utilizaron materiales como glicerina, ácido acético, agua destilada y almidón.
- c) Mano de obra:** En la mano de obra se conformó por un laboratorista, los valores fueron establecidos de acuerdo a Contraloría General del Estado para salarios mínimos por ley 2019 que fijan las remuneraciones básicas, correspondiente a una jornada diaria de 8 horas.
- d) Valor por una bolsa:** Una vez detallados y sumados los subtotales de: equipos (M) \$0,61, mano de obra (N) \$0,80, materiales (O) \$0,31; el valor de producción de una bolsa biodegradable fue de \$2,07 y el precio de venta con un 15% de utilidad es de \$3,08 con una dimensión de 22x15cm.

Cuadro 4.17. Precio por la elaboración de una bolsa biodegradable.

Rubro:		BOLSA BIODEGRADABLE			Unidad:	U
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Balanza analítica	1,00	0,01	0,01	2,00	0,02	
Estufa	1,00	0,28	0,28	2,00	0,56	
Plancha de calentamiento	1,00	0,01745	0,02	2,00	0,0349	
Herramientas menores (5% mano de obra)						
SUBTOTAL M					0,61	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/h	Costo hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Laboratorista	0,10	4,01	0,40	2,00	0,80	
SUBTOTAL N					0,80	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
		A	B	C=A*B		
Almidón de café	g	9,00	0,00	0,00		
Almidón de maíz	g	51,00	0,00	0,00		
Glicerina	ml	30,00	0,01	0,15		
Ácido acético	ml	30,00	0,00	0,04		
Agua destilada	ml	60,00	0,00	0,12		
SUBTOTAL O				0,31		
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
		A	B	C=A*B		
				0,00		
SUBTOTAL P				0,00		
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1,73	
	INDIRECTOS 20 %				0,35	
	UTILIDAD %					
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				2,07	
	VALOR OFERTADO				2,07	

Fuente: Autores.

Los costos indirectos pertenecen a los materiales procedentes del proceso, en donde se identifican el uso de papeles y esferos para realizar anotaciones de los procesos; resultando en un costo de \$0,35 este representa el 20% del costo.

El precio para la elaboración de las láminas biodegradables refuerza la probabilidad del uso y manejo del plástico biodegradable como alternativa a la utilización de polietileno sintético.

En el cuadro 4.18 se representa el precio de venta del mercado de una bolsa biodegradable, donde se utilizó una utilidad de 15%.

Cuadro 4.18. Precio de venta.

Materia prima	0,92
Mano de obra	0,80
Costos indirectos	0,35
	<hr/>
	=2,07
Unidades producidas	1
Costo unitario de producción	<hr/>
	=2,07
Gastos de producción	0,61
Total de unidades producidas	1
Gastos unitarios de producción	<hr/>
	=0,61
Margen de utilidad	15%

Fuente: Autores.

El precio de venta se calculó mediante la ecuación 3.5:

$$pv = (\text{Costos unitarios} + \text{gastos unitarios})\% \text{ de utilidad} \quad [3.5]$$

$$pv = (2,07 + 0,61)1,15\% = \$3,08$$

El precio de venta es igual a \$3,08 por unidad. El resultado obtenido es similar al trabajo de investigación realizado por Díaz y Hurtatiz (2012), en su plan de negocio esquema, producción y mercadeo de bolsas biodegradables de 38x60 cm obtuvieron un valor de \$8,94 (50U) donde se incluyó los costos de materia prima y los costos directos e indirectos de fabricación. A demás bioplasticos Genil (2019) es una empresa española que realiza bosas con almidón para su venta, el cual lo realizan al público por un costo de \$5,85 (100U).

De acuerdo a Espinoza (2015), la producción de estas bolsas biodegradables trae consigo varias ventajas, tales como: el material utilizado no afectará al medio ambiente, y requieren de recursos de bajos costos, con métodos de producción más sencillos, por lo tanto son una línea de trabajo prometedora.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*) procedentes del centro de acopio “Comercial Vera”, fueron utilizados como materia prima para el proyecto, dando así un uso útil a los residuos, puesto que generalmente en el centro de acopio sus residuos son arrojados en las riberas de ríos o incinerados.
- El tratamiento que mejor resultado obtuvo fue el T₁, el cual estuvo compuesto de 85% maíz (*Zea mays*) y 15% de café (*Coffea arabica*), con solubilidad de 16%, la biodegradación fue mayor a 70% en 6 semanas de monitoreo y su elongación fue la más elevada con 28,03% y su resistencia fue de 0,66 MPa, sin embargo se rechaza la hipótesis ya que no cumple los requisitos físicos (elongación y tracción) que estipula la norma INEN 2290 2015-12 de fundas plásticas para residuos y desechos sólidos.
- Los elementos utilizados en la elaboración de bolsas biodegradables, son de bajo costo (\$1 a \$3), su proceso es sencillo y demanda poco tiempo, el valor de realización de una bolsa biodegradable de 22x15cm es de \$3,08 ctvs.

5.2. RECOMENDACIONES

- Brindar asesoramiento a distintos establecimientos sobre las diversas aplicaciones de residuos y así también sobre su potencial manejo para realizar bioplástico.
- Profundizar la investigación mediante el uso del residuo de maíz por su gran efectividad para la obtención del bioplástico. Esta investigación se limitó hasta la elaboración de una bolsa biodegradable, se recomienda seguir con el proceso hasta la obtención distintos prototipos como de bandeja, sorbetes, envolturas etc.
- Incentivar la elaboración y uso de bolsas biodegradables en diferentes establecimientos, para lograr sustituir el plástico común y reducir la contaminación, mejorando la calidad de vida de la población.

BIBLIOGRAFÍA

- Anangonó, S. 2019. Determinación de cambios internos en el grano de maíz Carhuay (*Zea mays* amilácea) tratado con microondas. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/17460/3/T-UCE-0004-CAG-090.pdf>
- Álvarez, H. 2006. Características Generales de los Desechos. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6948/5/Proyecto-Contenido.pdf>
- Aguilar, C., Carrillo, F., Díaz, S., Parreño, J., y Vallejo, L. 2014. Prueba de almidón. Prueba de yodo. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- Alves, T. 2013. Caracterización física y química de bioplásticos elaborados por extrusión termoplástica reforzados con cascara de maracuyá. Tesis PhD. Tecnología de alimentos. Brasil, Universidad de Rio de Janeiro.
- Aristizábal, J., Sánchez, T., y Lorío, D. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca .Boletín de servicios: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Vol. 163.
- Avilés, G. 2006. Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Ingeniería y ciencia, Vol. 4. p 5-28.
- Bermúdez, A. 2015. Manejo de los residuos sólidos urbanos generados en la cabecera cantonal calceta del cantón bolívar provincia de Manabí y propuesta de modelo de gestión. Master's thesis, Universidad de Guayaquil, Dirección de Posgrado, Maestría en Administración Ambiental Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/26401/1/T-UG-DP-MAA-021.pdf>
- Bernal, P. 2018. La Investigación en Ciencias Sociales: Técnicas de recolección de la información. Universidad Piloto de Colombia.
- Brody, A., & Marsh, K. 1997. Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. New York.

- Cabrera, L. 2015. Técnicas biológicas para la degradación de contaminantes (Bachelor's thesis, PUCE).
- Castellanos, R. 2013. Percepción de los problemas ambientales por parte de la población en la ciudad de Naranjos, Veracruz. Recuperado de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42327/CastellanosMedellinRaul.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, R; Escobar, E; Fernández, D; Gutiérrez, R; Morcillo, J; Núñez, N y Peñalosa, S. 2015. Bioplástico a base de la cáscara del plátano. Revista De Iniciación Científica, Vol. 1. p 34-37.
- Castellón, C; Tejeda, L y Tejeda, L. 2016. Evaluación de la degradación ambiental de bolsas plásticas biodegradables. Recuperado de [file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaDegradacionAmbientaldeBolsasPlastica-5767278%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaDegradacionAmbientaldeBolsasPlastica-5767278%20(1).pdf)
- Carrillo, M. 2015. Método inductivo. Recuperado el 10 de 01 de 2019, de https://prezi.com/hmrv_7mgrpl/metodo-inductivo/
- Crespo, G. 2013. Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Vol. 47. p 329-334.
- Chariguamán, C; y Jimmy, A. 2015. Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.).
- Charur, C. 2015. Métodos y Pensamiento Crítico 1. Grupo Editorial Patria.
- Cuadros, S. 2008. Residuos agrícolas, forestales y lodos. EOI Escuela de Negocios. p 70.
- Conde, W. 2013. Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Vol. 51. p 226-238.

- Corona, J. 2016. Apuntes sobre métodos de investigación. Medisur. Vol. 14. p 81-83.
- Correa, V. y Mejía, A. 2015. Indicadores de contaminación visual y sus efectos en la población. Enfoque UTE. Vol. 6. p 115-132.
- Deras, H. 2015. El cultivo del Maíz. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Díaz, S. y Hurtatiz, A. 2012. Plan de negocio diseño, fabricación y comercialización de bolsas biodegradables. Trabajo de grado. EAN.
- Encinas, M. 2011. Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos. Recuperado de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>
- Ecoplas. 2011. Manual de Valorización de los Residuos Plástico. Recuperado de <http://ecoplas.org.ar/pdf/11.pdf>
- Enríquez, M; Velasco, R y Ortiz, V. 2012. Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol. 10.
- Espinosa, M. 2015. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. <http://www.fao.org/>. Recuperado de <http://www.fao.org/sustainability/background/principle-5/es/>
- Farias M. 2012. Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola (malphigia emarginata d.c.) [tesis]. Universidade Estadual de Campinas. p 5.
- García, Q. 2015. Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz, ITCA Editores. Vol. 1. p 49.

- Genil, B. 2019. Bolsas biodegradables compostables.
- GLOBE. 2005. Protocolo de Temperatura del Suelo. Recuperado de <https://www.globe.gov/documents/16257217/17240639/Protocolo+de+Temperatura+del+Suelo/f7bf6f08-2779-4250-ae41-74e61c1fca38>
- González, N; Silos, H; Estrada, J; Archivaldo, J y Tejero, L. 2016. Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 7. p 669-680.
- Guadriamus, L. 2018. Elaboración de bioplástico aprovechando la pectina presente en la cascara de naranja valencia (*Citrusx sinensis*) reforzado con almidón de yuca a nivel de laboratorio–UCV sede Lima Norte.
- Guevara 2009. Bolsas “Biodegradables”. Recuperado de <http://www.senado.gov.ar/upload/8739.pdf>
- Guerrero, D. 2014. Almidón. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/SeminarioAlmidon_27067.pdf
- Gutiérrez T; Tapia M; Pérez E y Famá L. 2015. Structural and mechanical properties of edible films made from native and modified cush-cush yam and cassava starch. Food Hydrocolloids. Vol. 45. p 211-217.
- Holguin, C. 2019. Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2006). <http://infoagro.net>. Recuperado de http://infoagro.net/programas/agronegocios/pages/cursoGestion/Modulo_I/Modu01_pdf/Modulo_01.pdf
- INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. 2010. Informe final del Censo de Población y Vivienda.
- INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. 2017. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principales_Resultados_ESPAC_2017.pdf

NTE INEN 2290(Instituto Ecuatoriano de Normalización). 2015. Fundas Plásticas para residuos y desechos sólidos. Requisitos.

Lafuente. 2017. Módulo de Química Orgánica. Obtenido de "Glicerol: Síntesis y Aplicaciones": Recuperado de http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf

MAE. Ministerio del Ambiente Ecuador. 2013. Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos. Recuperado de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/254996/Informe+Gestion+detallado+MAE-PGNIDS+2010-2013.pdf/0b66f1c8-98bc-430a-bdab-75f8e7afeed0>. EC. p 2.

Maldonado, J. 2015. Gestión Ambiental para un Desarrollo Humano Sustentable. Recuperado de https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=5e16c623-dba2-9197-906b-3625bdb15bb4&groupId=252038.

Manosalvas, M. 2014. Buen vivir o sumak kawsay. En busca de nuevos referenciales para la acción pública en Ecuador. Recuperado de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwj9gOKx7NzYAhWMq1MKHZJCBxMQFgg3MAI&url=http%3A%2F%2Frevistas.flacsoandes.edu.ec%2Ficonos%2Farticle%2Fdownload%2F1273%2F1144%2F&usg=AOvVaw3InfrixY5TR0f1zaCRED_J

Meneses, J; Corrales, C y Valencia, M. 2007. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Revista EIA. Vol 1. p 57-67.

Meza, P. 2016. Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio.

- Monferrer, T. 2013. Fundamentos de marketing - UJI - DOI. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.6035/Sapientia 74>.
- Munive, P. 2009. Elaboración de un suplemento alimenticio en polvo para consumo humano a partir de una mezcla de hidrolizado de soya y almidón de maíz. Tesis Ing. Agroindustrial. Quito, Ecuador, Escuela Politécnica Nacional. p 53.
- Meneses, J; Corrales, C y Valencia, M. 2007. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Rev.EIA.Esc.Ing.Antioq. Vol. 1. p 57-67.
- Moreno Toasa, G. 2015. Utilización de harina de plátano (musa balbisiana), en el desarrollo de películas biodegradables activas (Bachelor's thesis)
- Montoya, C; Lozada, P; Holguín, C y Rebellón, L. 2013. La logística de reversa y su relación con la gestión integral y sostenible de residuos sólidos en sectores productivos. Entramado. Vol. 9. p 226-238.
- Muñoz, D y Noguera, M. 2016. Evaluación de las propiedades físicas y factores de conversión de café variedad castillo y colombia (*Coffea arabica* L.) durante el proceso de beneficio y trilla, a diferentes alturas sobre el nivel del mar en fincas cafeteras del municipio de Colon . Recuperado de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/12141/1/1085660084.pdf>
- New Jersey Department of Health. 2018. Ácido Acético. Recuperado de <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0004sp.pdf>
- Oberti, A y Bacci, C. 2016. Metodología de la Investigación. Recuperado de <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/programas/pp.10878/pp.10878.pdf>
- Orellana, D y Sánchez, M. 2006. Técnicas de recolección de datos en entornos virtuales más usadas en la investigación cualitativa. Revista de Investigación Educativa. Vol. 24. p 205-222.

- Palacio, A. y Mendoza, Y. 2012. Aumento del rendimiento en la extracción del almidón a partir del grano de maíz y la influencia del carbonato de ácido sódico en las propiedades fisicoquímicas del slurry. Universidad nacional abierta y a distancia.
- Porras, Á. 2016. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. Revista Academia y Virtualidad. Vol. 9. p 6.
- Porras, D. y Arana, N. 2014. Evaluación de propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca. ITCA. Vol. 12. p 40-48.
- Puerta, G. 2011. Composición Química de una taza de Café. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt04142.pdf>
- Quiñonez, A. 2015. Obtención de un polimero biodegradable a partir de almidón de maíz.
- Ramos, F. 2013. Maíz, Trigo y Arroz. Los cereales que alimentan al mundo. Recuperado de <http://www.adisa.mx/pdf/sector-alimenticio/almidones-nativos/ALMIDON-DE-MAIZ-NIFRASTARCH-05B.pdf>
- Ríos, S y Puerta, G. 2011. Composición química del mucílago de café, según el tiempo de fermentación y refrigeración. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/documents/2.pdf>
- Rubio, M. 2010. Conveniencia de las bolsas de polietileno entre sus alternativas.
- Ruiz, G. 2006. Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. En Ingeniería y Ciencia. Vol. 2. p. 5-28.
- Sánchez, M y Pinto, G. 2013. Reactivo de Lugol: Historia de su descubrimiento y aplicaciones didácticas. Educación química. Vol. 24. p 31-36.
- SINAGAP. Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. 2016. Boletines Zonales Integrales y Temáticos- Zona 4. Recuperado de

<http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/edicion-impresa/2016/enero/enero-16-zona-4.pdf>

Singh, J y Singh, N. 2003. Studies of the morphological and rheological properties of granular cold water soluble corn and potato starches Food Hydrocolloids. p 112.

Thermolyne, B. 2011. Agua Pura: Fundamentos. En Libro de Purificación de Agua. Bogotá, Colombia. Recuperado de https://www.cienytec.com/PDF/Agua_Pura_laboratorio_Barnstead.pdf

Vázquez, A; Espinosa, R; Beltrán, M y Velasco, M. 2013. El reciclaje de los plásticos. Publicación de ANIPAQ. p 8.

Vera, O. 2018. Contaminantes biodegradables. Vida Científica Boletín de la Escuela Preparatoria. Vol. 6. p 4.

Zenner, P y Peña, F. 2013. Plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental: una revisión. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica. Vol. 16. p 139-150.

ANEXOS



Entrevista a "Comercial Vera" para la realización del proyecto previa obtención de tesis "Aprovechamiento de los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*) para la elaboración de bolsas biodegradables, ESPAM MFL". La información brindada en esta entrevista es de carácter confidencial, solo será utilizada para los propósitos de la investigación. Agradezco su colaboración.

Datos del entrevistado:

Empresa: <i>Comercial Vera</i>
Nombre: <i>Néstor Vera</i>
Cargo: <i>Dueño</i>
Dirección: <i>Calabota</i>
Teléfono, e-mail: <i>—</i>

Datos de los cultivos:

Residuos de maíz (*Zea mays*) y café (*Coffea arabica*)

Preguntas principales:

¿Qué tipo de productos agrícolas recibe la Piladora "Zambrano"?

Cana de azúcar, maíz, café

¿Conoce la cantidad aproximada de productos de maíz (*Zea mays*) y café (*Coffea arabica*) que recibe el centro de acopio "Comercial Vera" semanalmente?

10 quintales

¿Los residuos de los productos reciben algún tipo de uso?

Si
No

¿Cuál es la disposición final de los residuos?

Se desechan cerca del río

¿Cuál es la cantidad de residuo que desecha semanalmente o mensual?

Aproximadamente 5 quintales

Anexo 1. Visita de campo.



Anexo 1.1. Obtención de los residuos de maíz.



Anexo 2.1. Deshidratación de residuos.



Anexo 1.2. Obtención de los residuos de café



Anexo 2.2. Obtención de materiales y almidón. Triturado de residuos.



Anexo 2. Obtención de materiales y almidón. Lavado de residuos.



Anexo 2.3. Obtención de materiales y almidón. Tamizado de residuos.



Anexo 2.4. Prueba de Lugol.



























Anexo 2.6. Determinación de pH.

















Anexo 2.5. Determinación de cenizas.



Anexo 2.7.Elaboración de las láminas.

TRATAMIENTOS	Dimensión Inicial (cm ²)	TIEMPO DE DEGRADACIÓN						Dimensión final (cm ²)
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	
T ₁ R ₁	4							1,40
T ₁ R ₂	4							1,20
T ₁ R ₃	4							1,10
T ₂ R ₁	4							1,20

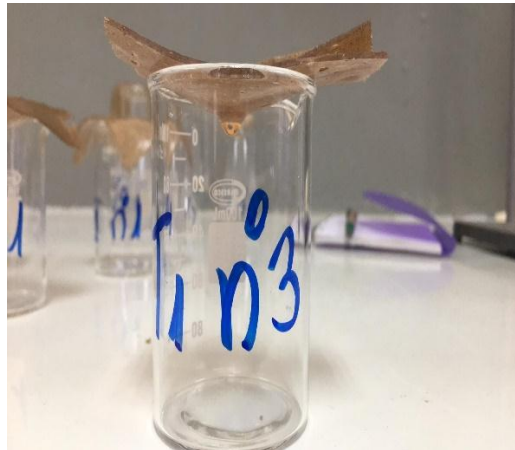
T_2R_2	4							1,43
T_2R_3	4							1,55
T_3R_1	4							1,40
T_3R_2	4							1,30
T_3R_3	4							1,50

T ₄ R ₁	4							1,20
T ₄ R ₂	4							1,37
T ₄ R ₃	4							1,30

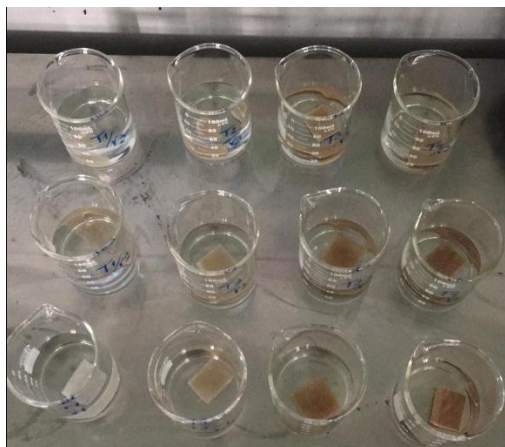
Anexo 2.8. Registro fotográfico del proceso de biodegradación.



Anexo 2.9. Análisis de pH del suelo.



Anexo 2.10. Filtración de las películas.





Anexo 2.11. Solubilidad de las películas.



LABORATORIO DE ENSAYOS
INFORME SIMPLIFICADO DE ENSAYOS FÍSICOS EN PLÁSTICOS

Código: LE/14-01


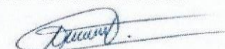
PRODUCTO:		Muestras Plastico Biodegradables.				O/P:						
AISLAMIENTO/CHAQUETA												
CÓDIGO		DENSIDAD (g/cm3):				LONGITUD INICIAL (mm): 25						
CONDICIÓN	MUESTRA	ESPESOR MÍNIMO (mm)	ANCHURA (mm)	ÁREA (mm²)	TENSIÓN (N)	TRACCIÓN (MPa)		PORC. DE RETENC. DE TEN. (%)	LONGITUD FINAL (mm)	ELONG. (%)		PORC. DE RETENC. DE EL. (%)
		Error de medición del esp. min: 0	Error de medición de la anchura: 0			Error de medición: 0,93	Min:			Error de medición: 0,03	Min:	
NORMAL	1	0,940	3,640	3,42	0,620			DM 0,45	DT 0,36			-
	1	0,940	3,640	3,84	0,460	0,54	0,55	-	31,00	28,05	24,04	-
	1	0,940	3,640	2,69	0,800	0,66	0,59	-	30,00	28,07	24,01	-
	2	0,820	3,600	2,95	0,510	0,64	0,49	-	32,00	20,02	28,03	-
	2	1,220	3,440	4,20	0,510	0,44	0,30	-	30,00	20,01	22,04	-
	2	1,240	3,940	4,89	0,370	0,33	0,41	-	28,00	21,03	22,06	-
NORMAL		TEMPERATURA AMBIENTE (°C):				23 °C						
FECHA 10-2019			 ANALISTA Ing. Xavier Luzuriaga Arias					RESPONSABLE TÉCNICO  Ing. Danny Burgos Santamaria				
<i>Nota de declaración: En caso que se requiera la información completa relativa a los ensayos estará a disposición del cliente una vez solicitada por el mismo. Las opiniones e interpretaciones de este informe no son parte de acreditación del SAE.</i>												

Anexo 2.12. Resistencia a la tracción y elongación.

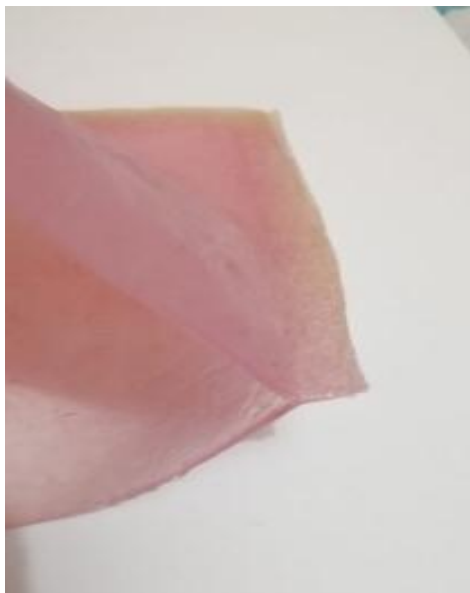


LABORATORIO DE ENSAYOS
INFORME SIMPLIFICADO DE ENSAYOS FÍSICOS EN PLÁSTICOS

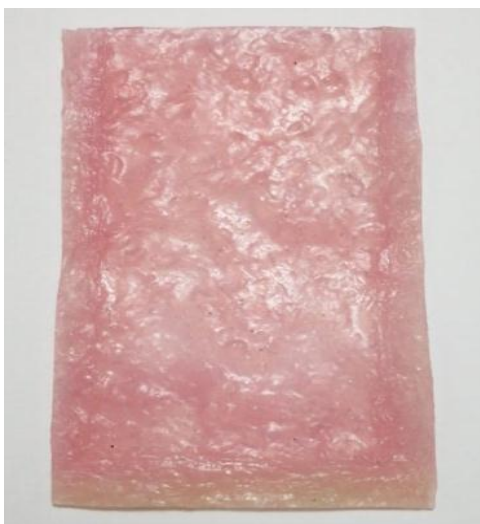
Código: LE/14-01

PRODUCTO:		Muestras Plastico Biodegradables.				O/P:						
AISLAMIENTO/CHAQUETA												
CÓDIGO		DENSIDAD (g/cm3):				LONGITUD INICIAL (mm): 25						
CONDICIÓN	MUESTRA	ESPESOR MÍNIMO (mm)	ANCHURA (mm)	ÁREA (mm²)	TENSIÓN (N)	TRACCIÓN (MPa)		PORC. DE RETENC. DE TEN. (%)	LONGITUD FINAL (mm)	ELONG. (%)		PORC. DE RETENC. DE EL. (%)
		Error de medición del esp. mín: 0	Error de medición de la anchura: 0			Error de medición: 0,93	Min:			Min:	Error de medición: 0,03	
NORMAL	1	0,940	3,640	3,42	0,620			DM	DT			-
						0,45	0,36			28,03	24,03	
	1	0,940	3,640	3,84	0,460	0,54	0,55	-	31,00	28,05	24,04	-
	1	0,940	3,640	2,69	0,800	0,66	0,59	-	30,00	28,07	24,01	-
	2	0,820	3,600	2,95	0,510	0,64	0,49	-	32,00	20,02	28,03	-
	2	1,220	3,440	4,20	0,510	0,44	0,30	-	30,00	20,01	22,04	-
2	1,240	3,940	4,89	0,370	0,33	0,41	-	28,00	21,03	22,06	-	
NORMAL		TEMPERATURA AMBIENTE (°C):			23 °C							
FECHA 10-2019			 ANALISTA Ing. Xavier Luzuriaga Arias				RESPONSABLE TÉCNICO  Ing. Danny Burgos Santamaría					
<i>Nota de declaración: En caso que se requiera la información completa relativa a los ensayos estará a disposición del cliente una vez solicitado por el mismo. Las opiniones e interpretaciones de este informe no son parte de acreditación del SAE.</i>												

Anexo 2.12. Resistencia a la tracción y elongación.



Anexo 2.13. Elaboración de las bolsas.



Anexo 2.14. Elaboración de las bolsas.