



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

OBTENCIÓN DE EMPAQUES BIODEGRADABLES A PARTIR DE
COLÁGENO Y ALMIDÓN

AUTORA

Stephanie Daniela Carvajal Guamán

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

OBTENCIÓN DE EMPAQUES BIODEGRADABLES A
PARTIR DE COLÁGENO Y ALMIDÓN

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con
los requisitos establecidos para optar por el título de
Ingeniera Ambiental en Prevención y Remediación.

Profesor Guía

MSc. Daniel Hernán Hidalgo Villalba

Autora

Stephanie Daniela Carvajal Guamán

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Obtención de empaques biodegradables a partir de colágeno y almidón, a través de reuniones periódicas con la estudiante Stephanie Daniela Carvajal Guamán, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Daniel Hernán Hidalgo Villalba
Magister en Ciencias, Especialización Ingeniería Ambiental
CI 180191444-9

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, , Obtención de empaques biodegradables a partir de colágeno y almidón, del Stephanie Daniela Carvajal Guamán, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Miguel Ángel Gualoto Oñate
Master of Science en Biología
CI: 1707429351

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Stephanie Daniela Carvajal Guamán

CC 1716482524

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta nueva etapa de mi vida, dándome la sabiduría y la fortaleza para desarrollar este trabajo. A mis padres Edison y Yadina que han sido mi apoyo incondicional durante estos años de estudio, por su ejemplo de perseverancia y todo su sacrificio para que pudiese obtener este título universitario.

A mi hermana Emilie por su ayuda, cariño y su aliento en todo momento que necesite de ella.

A Kevin Bedoya por estar a mi lado durante mi carrera por sus consejos y apoyo incondicional siempre que necesite de él.

A mi profesor Daniel Hidalgo por ser una guía durante todo este proceso de desarrollo de tesis por sus consejos y su aporte en mi crecimiento como profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por todo su sacrificio y apoyo que me brindaron durante etapa de mi vida. Por los valores impartidos que me han forjado a ser una excelente persona y valorar todo lo que hacen por sus hijas. A mi abuela Aida que con su amor incondicional me apoyaba a no darme por vencida. A mi hermana por su cariño y ayuda siempre y finalmente a Kevin Bedoya y mi hija Emma que son mi futuro y el motivo para seguir cumpliendo metas e ilusiones para salir adelante.

Resumen

El presente trabajo de titulación demuestra la obtención de empaques biodegradables a partir de colágeno y almidón, para la cual se realizaron ensayos experimentales basados en diversas mezclas de la cual se esperó obtener la mezcla más óptima y conocer su porcentaje de biodegradabilidad en comparación a otra muestra ya existente, para este proceso se obtuvo el colágeno por medio de la extracción de patas de pollo que fueron sometidas a un proceso de hidrolizado, extracción de la gelatina, filtración, concentración y finalmente el laminado y secado, tanto que la obtención de almidón se obtuvo de la cascara de verde mediante el rayado del endocarpio, deshidratación, molienda y tamizado del mismo.

Posteriormente obtener la materia prima se realizó el diseño de plástico al mezclar en diversas proporciones ambos componentes, dejando estas mezclas en secado dentro de una estufa a una temperatura de 40°C durante 72 horas obteniendo el plástico para ser sometido a pruebas físico- mecánicas, las cuales fueron la medición de espesor y la elongación de las probetas realizadas del plástico, a su vez, pruebas de biodegradabilidad con cepas de bacterias.

Finalmente, al obtener los valores de las pruebas físico- mecánicas se obtuvo que la mejor muestra en cuanto a espesor es la que contiene 20% almidón 80% colágeno; la muestra que presentó cantidad de elongación significativa es la muestra de 70% almidón y 30% colágeno y de igual forma esta muestra presentó una biodegradabilidad representativa y tiene las características para ser comparada con film y la ser elaborado como un empaque.

Abstract

The present titration work demonstrates the obtaining of biodegradable packages from collagen and starch, for which experimental tests were carried out based on various mixtures of which it was hoped to obtain the most optimal mixture and know its percentage of biodegradability compared to another sample already existing, for this process the collagen was obtained by means of the extraction of chicken legs that were subjected to a process of 0, extraction of the gelatin, filtration, concentration and finally the rolling and drying, so much so that the obtaining of starch is obtained from the green husk by scratching the endocarp, dehydration, grinding and sieving thereof.

Subsequently to obtain the raw material, the plastic design was carried out by mixing both components in different proportions, leaving these mixtures to dry in an oven at a temperature of 40 ° C for 72 hours obtaining the plastic to be subjected to physical-mechanical tests, which were the measurement of thickness and elongation of the specimens made of plastic, in turn, biodegradability tests with bacteria strains.

Finally, when obtaining the values of the physical-mechanical tests, it was obtained that the best sample in terms of thickness is that which contains 20% starch 80% collagen; The sample that presented a significant amount of elongation is the sample of 70% starch and 30% collagen and in the same way this sample presented a representative biodegradability and has the characteristics to be compared with film and be prepared as a package.

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes:	1
1.2 Marco referencial.....	3
1.3 Objetivo General	4
1.4 Objetivos específicos.....	5
1.5 Alcance	5
1.6 Justificación.....	5
2. MARCO TEORICO.....	6
2.1 Banano.....	6
2.1.1 Clasificación taxonómica.....	6
2.1.2 Origen	6
2.1.3 Descripción de la planta.....	7
2.1.4 Variedades de banano.....	7
2.1.5 Auge Bananero	8
2.1.6 Producción de banano	9
2.1.7 Residuos del banano	10
2.1.8 Composición química del banano	11
2.1.9 Almidón.....	11
2.2 La avicultura	14
2.2.1 Sector Avícola	14
2.2.2 Producción de productos avícolas	16
2.2.3 Patas de pollo	16

2.2.4 Composición patas de pollo	17
2.2.5 Residuos de patas de pollo	18
2.2.6 Colágeno.....	18
2.3 Polímeros	20
2.3.1 Clasificación de los Polímeros	20
2.4 Plásticos.....	24
2.4.1 Características de los plásticos.....	24
2.4.2 Tipos de plásticos	25
2.4.3 Tipos de degradación	26
2.4.4 Biodegradación	28
2.4.5 Problemática de plásticos provenientes de petróleo.....	29
3.METODOLOGÍA.....	30
3.1 Obtención de colágeno de las patas de pollo.....	30
3.1.1 Obtención de la materia prima	30
3.1.2 Desangramiento de las patas de pollo	31
3.1.3 Extracción de la Gelatina	31
3.1.4 Filtración y concentración.....	31
3.1.5 Laminado y secado	31
3.2 Obtención del almidón de cáscara de banano	32
3.2.1 Lavado de la cáscara	32
3.2.2 Inmersión de las cáscaras en solución antipardeamiento.....	32
3.2.3 Rallado del endocarpio y deshidratación	32
3.2.4 Molienda, triturado y tamizado	32
3.3 Proporciones de la mezcla.....	33
3.3.1 Obtención de Almidón	33

3.3.2 Obtención de gelatina a partir de patas de pollo´	33
3.4 Diseño del bioplástico	33
3.4.1 A partir de Gelatina	33
3.4.2 A partir de Almidón de Cáscara de banano.....	34
3.4.3 Preparación de las mezclas	35
3.5 Pruebas Mecánicas	37
3.5.1 Espesor de Películas.....	37
3.5.2 Elongación de muestras.....	37
3.6 Pruebas de Biodegradabilidad	38
4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1 Biodegradabilidad	38
4.1.1 Curvas de peso para las muestras	39
4.1.2 Curvas de turbidez para las muestras.....	46
4.1.3 Curvas de comparación	54
4.2 Espesor	57
4.3 Elongación.....	57
4.3.1 Porcentaje de elongación.....	57
4.3.2 Área de Muestras.....	59
4.3.3 Valor de Ruptura	60
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1 Conclusiones	62
5.2 Recomendaciones	63
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS	69

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes:

El cambio en las actividades laborales en la sociedad moderna, ha generado el incremento en el consumo de bebidas y comidas rápidas, para lo cual se emplean masivamente, vasos, platos y cubiertos plásticos sintéticos desechables, que al ser desechados, afectando el ambiente (Navia, 2011). Los plásticos son polímeros de alto peso molecular, formados por pequeñas unidades que se repiten (monómeros). Los polímeros pueden ser naturales (biopolímeros) y sintéticos (Gutierrez, 2013).

Los polímeros sintéticos como el polipropileno, poliestireno entre otros, son la principal materia prima en la industria que se dedica a la elaboración de empaques, que se incorporan diariamente en las actividades cotidianas, generando una cantidad considerable de desechos; que afectan al ambiente debido a su resistencia a la corrosión, y biodegradación (Hernández, 2013).

Por esta razón, existe un marcado interés por producir empaques con polímeros biodegradables. Entre las sustancias disponibles para producir dichos plásticos, tenemos a la gelatina, que es un biopolímero de alta disponibilidad, de bajo costo y biodegradable (Fleeson, 2017). Sin embargo, las películas fabricadas a partir de gelatina; son frágiles y susceptibles a abrirse debido a la alta energía cohesiva del polímero (Villada, Acosta, y Velasco, 2007). Con el propósito de reducir los enlaces intermoleculares, se han ejecutado estudios que en los que se emplean plastificantes, que mejoran las propiedades físicas, químicas y funcionales de la biopelícula, logrando así (Charro, 2015).

Las propiedades mecánicas de las películas obtenidas a partir de proteínas, lípidos, polisacáridos e hidrocoloides, presentan desventajas, para mejorar sus propiedades funcionales; se han implementado mezclas entre dos o más compuestos (Villada, Acosta, y Velasco, 2007).

El uso de polímeros fabricados a partir de recursos renovables ha generado grandes expectativas en los últimos años, debido a que son biodegradables, esto es, se descomponen hasta sustancias simples inocuas para el ambiente, por acción microbiana. Su disposición final en rellenos sanitarios, gracias su descomposición impide su acumulación; incrementando el tiempo de vida útil del relleno (Valenzuela, 2016). La producción de biopolímeros permite conservar materias primas fósiles, y disminuir la generación de desechos que afectan al ambiente.

En la actualidad se ha desarrollado avances importantes para la elaboración de materiales biodegradables, para la fabricación de empaques que pueden reemplazar exitosamente a los empaques plásticos basados en material fósil, así se han producido empaques con materiales basados en celulosa natural, para huevos, bolsas de basura, bandejas de alimentos, entre otros (Pizá, Hamlet Rolando, Ramirez, Claudia Villanueva, y Zapata, 2017). La industria alimenticia, es la principal promotora de la producción de materiales biodegradables.

Las fuentes poliméricas naturales más usuales son: animal (colágeno/ gelatina), marino (quitina/quitosano), agrícola (lípidos e hidrocoloides: proteínas y polisacáridos) y microbiano (ácido poliláctico y polihidroxialcanoatos) (Villada, Acosta, y Velasco, 2007). Entre los polímeros naturales más empleados en la fabricación de empaques biodegradables, está el polisacárido tal como el almidón, que es un recurso renovable, abundante y económico. Sin embargo,

posee ciertas propiedades que impide el uso; por ejemplo, el carácter quebradizo y su naturaleza hidrófila. Por esta razón, se combina con plastificantes o aditivos poliméricos, que lo alteran mecánica, química o físicamente (Araujo y Aiello-mazzarri, 2015). El desempeño de los polímeros biodegradables tiene varios desafíos en el aspecto de costos y proceso evitando así el ser efectivos y a su vez cumplir las funciones requeridas durante su vida útil, para así ser reemplazados por empaques plásticos basado en petróleo y así ser desplazado.

Otro polímero de amplio uso es el colágeno, con el cual se fabrica envolturas comestibles (Navia, 2011). El colágeno es el mayor constituyente de la piel, tendones y tejidos conectivos, este se encuentra extensamente distribuido en las proteínas fibrosas de los animales, mientras que la gelatina, resulta de una hidrólisis parcial del colágeno, la cual produce una película flexible y gruesa con propiedades mecánicas que mejoran su composición cuando se usa cloruro de sodio (NaCl) en concentraciones bajas (Fleeson, 2017).

1.2 Marco referencial

Bajo el concepto plástico, se incluye a varios tipos de materiales sintéticos, los cuales se obtienen por polimerización de una amplia gama de moléculas orgánicos. Los plásticos, en general, son derivados del petróleo, aunque existen plásticos que son producidos a partir de otras sustancias naturales (Hernández, 2013). En la actualidad, en la protección y conservación de los alimentos: se utilizan empaques plásticos sintéticos, tan solo en el 2010, se fabricaron 265 millones de toneladas a nivel mundial (Gutierrez, 2013). En países desarrollados como Estados Unidos, se produce un promedio de 6 millones de toneladas de plástico por año.

Entre los plásticos más producidos, están el polietileno, polipropileno y poliestireno, que sustituyen de manera total o parcial a muchos materiales naturales tales como; madera, algodón, lana, metal, papel y vidrio (Bennett, 2014). En el Ecuador, se genera alrededor de 5 toneladas de plástico por año, 9 de cada 10 personas ocupan empaques plásticos, gracias a que están disponibles en forma gratuita, en cantidad y calidad y a su bajo costo (Zabala, 2018).

Todos estos materiales generan contaminación ambiental, la misma que se acrecienta por la resistencia a la biodegradación del plástico, que dura aproximadamente 100 años. La reducción del consumo de plástico sintético y su reemplazo por bioplástico biodegradable, es una prioridad para la sociedad moderna, en este contexto; la fabricación de un empaque biodegradable a partir de colágeno (gelatina) y cáscara de banano (almidón), puede constituirse en una verdadera alternativa, que reemplace al plástico sintético, que no afectará al ecosistema, siendo de gran utilidad en las actividades cotidianas de la sociedad.

Nuestra investigación aborda la fabricación de este tipo de material biosintético la cual se basa en la combinación de residuos orgánicos que no son aprovechados al 100% buscando que así este nuevo material pueda ser reemplazado por film común para usos domésticos entre otros permitiendo de esta manera una producción la cual se espera no sea muy compleja y de bajo costo.

1.3 Objetivo General

Desarrollar un polímero biodegradable a base colágeno y almidón, para su aplicación como empaque de alimentos.

1.4 Objetivos específicos

- Establecer la mezcla óptima de colágeno y almidón en base a características físico-mecánicas de los materiales obtenidos.
- Establecer la biodegradabilidad de la mezcla óptima.

1.5 Alcance

El presente estudio pretende analizar cuál es el aprovechamiento del almidón obtenido de los residuos de cáscara de banano al ser implementados con el colágeno y de esta manera realizar las pruebas físico-mecánicas y de biodegradabilidad para la elaboración de bioplástico.

1.6 Justificación

El uso extendido de empaques plásticos, a más de la contaminación ambiental que generan, consumen los recursos fósiles no renovables de los cuales depende la economía de los países. Las iniciativas para producir plásticos biodegradables que no generen impacto ambiental, de fuentes renovables, es una tendencia mundial. La disponibilidad de una gran cantidad de orgánicos biodegradables como: cáscara de papas, patas de pollos, banano, yuca entre otros, ofrece una gran oportunidad para la producción de plásticos biodegradables. Las tecnologías que se utilizan hoy en día para la elaboración de plásticos tales como el film generan un costo muy elevado por la maquinaria utilizada para la fabricación del mismo tomando en cuenta todo el proceso que este lleva acabo, sin tomar en cuenta el precio que este representa el obtener la materia prima la misma que proviene de derivados del petróleo, es por esto que industrias en la actualidad buscan cumplir con normativas de reducir el impacto del ambiente comprando plásticos que sean biodegradables por el costo que significa para la empresa y a su vez el ayudar al ambiente.

Las industrias alimenticias, y varias industrias que elaboran decoración de hogar entre otras hacen uso de plástico para envolver sus alimentos u otros materiales que requieran del mismo por lo cual encontrarnos con este material en la comida o en cualquier producto de supermercado es muy común, en nuestro hogar de igual manera sin darnos cuenta del gran impacto que estas generando con el uso de este material y cuantas fuentes hídricas están siendo contaminadas. En Ecuador uno de los productos más consumidos, es el verde cuyas cascarras desechadas, son una fuente importante de almidón que se puede emplear en la producción de bioplástico, juntamente con el colágeno de la gelatina. La combinación de ambos materiales, prolongan la vida útil del material y su idoneidad para empaques de alimentos. Sin embargo, una de sus posibles desventajas, puede ser su fragilidad en comparación al plástico derivado de petróleo y de uso cotidiano.

2. MARCO TEORICO

2.1 Banano

2.1.1 Clasificación taxonómica

Clase: Monocotiledónea

Orden: Escitamineas

Familia: Musaceae

Subfamilia: Musoideae

Género: Musa

Especies: Acuminata y Balbisiana

Sección: Eumusa

2.1.2 Origen

El banano es uno de los cultivos que poseen gran antigüedad, ya que se han encontrado registros de cultivos desde el año 650 DC, la planta que pertenece

de la familia de las Musáceas que pertenecen al género *Musa* originaria de Centroamérica y que colonizó el Suroeste Asiático, África Subtropical y Sudamérica por su clima tropical. Existen varios tipos de banano, sin embargo los más conocidos son el “banano malayo”, el cual se lo consume crudo y el “banano macho” que se consume cocido, ambos ricos en fibras naturales que son utilizados para material de construcción e incluso como remedios naturales (Román, 2016).

2.1.3 Descripción de la planta

Es una planta herbácea, monocotiledónea que puede alcanzar de 3.5 m a 9 m de altura, posee un tronco falso, que puede ser leñoso formando vainas foliares que se cubren y se colocan en espiral; su tallo subterráneo dotado de hojas que tienen un gran valor ornamental llegan a desarrollarse hasta los 3m, las flores grande y péndulas en espigas que pueden llegar a ser hermafroditas o unisexuales; las flores femeninas se colocan en primeras hileras y las masculinas en la parte superior (Carmen y Manabí, 2017).

Sus frutos son falsas capsulas que son capaces de reproducirse a partir de rizomas, el mismo que dará origen a embriones clónicos que sustituyen a la planta madre una vez muerta. Al no hallarse reproducción sexual los frutos no forman parte de una fecundación previa lo que son estériles; factor que facilitó su domesticación y su producción.

Los frutos contienen un aroma y sabor especial y agradable, sin dejar a un lado las propiedades nutritivas por la gran cantidad de K y Mg que resuelven problemas musculares, y a su vez de Fe, P y Zn en cantidades menores (Hernández, 2013).

2.1.4 Variedades de banano

Tabla 1.

Tipo de bananos consumidos en el Ecuador.

Tipo de Banano	Características
Maqueño	Mide de 20 a 25 cm de largo, con aspecto abultado y color rosado, posee un sabor dulce y se lo encuentra principalmente en las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo y Manabí.
Barraganete	Mide alrededor de 22 a 30 cm de largo y 2 a 5 cm de ancho, se tarda 8 meses desde que nace la primera hoja hasta la cosecha, se encuentran plantaciones en la provincia de Manabí.
Dominico	Mide de 22 a 30 cm de largo y peso alrededor de 150 a 200 gr, posee al inicio de su crecimiento color verde y al estar maduro obtiene un color amarillo y rayas color marrón.

Tomado de (Carmen y Manabí, 2017)

2.1.5 Auge Bananero

La economía del Ecuador desde los años de 1944 y 1948, ha recibido divisas gracias al sector bananero, en esa época un huracán devastó las plantaciones de banano de los principales productores centroamericanos que eran competencia del Ecuador, generando desabastecimiento en el mercado mundial, aspecto que benefició al Ecuador, quien comenzó incrementar sus exportaciones de banano a países como Estados Unidos y Europa (Aguilar, 2015).

En el año de 1950, incursiona con fuerza a nivel mundial ya que dicho año el país llegó a exportar 6'610.00 racimos de fruta, generando para dicha época 106 millones de sucres. El incremento de la exportación en el periodo presidencial del presidente Galo Plaza tuvo un realce para nuestro país ya que se conoce que de 3,8 millones de racimos que generaron 66,2 millones de sucres, pasaron a exportar 16,7 millones de racimos generando así 320,7 millones de sucres, es decir, un incremento del 339,47% (Aguilar, 2015).

En la actualidad el Ecuador es el cuarto país de mayor exportación en el mundo, así en el 2018 exporto alrededor de 326 millones de cajas de banano y para este año; se pretende llegar a 400 millones de cajas. Hasta el mes de febrero las estadísticas señalan que se han enviado 29.907.662 cajas, esto representa un crecimiento del 4% en comparación con el mes de enero del mismo año. Se ha incrementado el número de países, incluyendo a aquellos cuyas leyes representan barreras comerciales para nuestra producción (Carmen y Manabí, 2017).

2.1.6 Producción de banano

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesa (MAGAP), I Ecuador hasta el año 2017 cuenta con 162.234 hectáreas donde se siembra banano y cuenta con alrededor de 4.473 productores de la fruta como se muestra en la Tabla 2 la cual está distribuida de la siguiente manera:

Tabla 2.

Distribución de hectáreas por productores

Distribución por tamaño de hectáreas	Hectáreas Sembradas	Nro. Productores
0-30 (pequeños)	35.685	3.480
>30 ≤100 (mediano)	57.486	800
100 o más (grande)	69.063	193
Total	162.234	4.473

Tomado de (Aguilar, 2015)

Las principales provincias productoras de banano son El Oro, Los Ríos y Guayas, las mismas que abarcan el 41%, 16% y el 34%. Esta fruta, es uno de los principales productos que aportan a la economía del país, el año 2018 se produjeron 1900 cajas de banano por hectárea, es decir; al alrededor de 12 millones de toneladas, la mayoría de esta producción fue destinada a exportación. Para enero del 2019 se exportaron 29.907.662 cajas; sin embargo,

los países de mayor producción mundial, son India, China, Filipinas (Carmen y Manabí, 2017).

Tabla 3.

Comparativo de Exportación por Destino, volumen de embarque acumulado (enero-febrero)

Países	2018	2019	%
África	1.274.883	1.925.821	51,06
Oriente	3.034.065	4.058.154	33,75
Oceanía	629.685	738.429	17,27
Medio Oriente	6.922.181	7.819.391	12,96
Europa del Este	2.437.212	2.615.788	7,33
Estados Unidos	7.070.904	7.320.540	3,53
Rusia	13.950.288	14.323.152	3,10
Mar del Norte/Báltico	13.530.400	13.056.877	3,50
Mediterráneo	7.709.660	6.192.851	19,67
Cono Sur	4.287.070	3.244.463	24,32
Total	60.846.348	61.355.466	0,84

Tomado de (Carmen y Manabí, 2017).

2.1.7 Residuos del banano

La producción de banano generan gran cantidad de residuos en los racimos que quedan como desperdicios de la cosecha generando un problema ambiental debido a que estos no son procesados o reciclados de manera correcta por falta de un tratamiento conocido, a su vez la gran cantidad de cascaras que son enviadas directamente a botaderos de basura y no son aprovechadas generan gran contaminación al descomponerse y un olor desagradable con el pasar de los días, estos residuos son fuentes potenciales de almidón y celulosa, a los que puede darse un valor agregado en la aplicaciones industriales tal como se observa en la (Tabla 5), el caso más nombrado, es el uso para para la fabricación de plásticos biodegradables (Velastegui, 2017).

En el Ecuador se genera gran cantidad de residuos de las cascaras de banano, empleado en la elaboración de alimentos, chifles, papillas de la fruta, harina, cocción del verde para la elaboración de majado, tigrillo entre otros, estos residuos se emplean como alimento del ganado, para la mejora de las tierras o se liberan directamente a los basureros (Velastegui, 2017).

2.1.8 Composición química del banano

Del 20 al 22% de la materia seca del banano, está conformada por almidón, que al madurar esta se convierte en azúcares tales como la sacarosa(66%), glucosa (20%) y fluctuosa (4%) empleados en fines industriales y el autoconsumo (Moreira, 2013).

Tabla 4.

Composición química del banano

Composición del banano		
	Verde	Maduro
Agua	69,58%	75,12%
Almidón	15,37%	4,21%
Celulosa	7,54%	0,92%
Sacarosa	9,36%	
Glucosa	0,58%	5,19%
Dextrosa	1,82%	1,76%
Gomas	0,67%	1,6%
Tanino	0,06%	0,01%
Proteínas	2,1%	
Ceniza	0,76%	0,76%

Tomado de (Moreira, 2013)

2.1.9 Almidón

- **Características**

Es un polímero de glucosa (α -D-Glucosa 1 \rightarrow 4 α -D-Glucosa), que se encuentra almacenada en raíces como en la yuca, tubérculos como la papa, frutas como el banano, y semillas como en cereales; se obtiene exclusivamente por fotosíntesis y su fórmula molecular es $C_6H_{10}O_5$ está dependiendo de su origen (Charro, 2015).

- **Estructura del almidón**

El almidón se forma de una mezcla de dos sustancias, amilopectina (Figura 1) y amilosa (Figura 2) que difieren entre sí por su estructura, por el tipo de enlace de sus unidades de glucosa para formar cadenas. La amilosa es más soluble en agua y de mayor hidrólisis que la amilopectina (Carmen y Manabí, 2017).

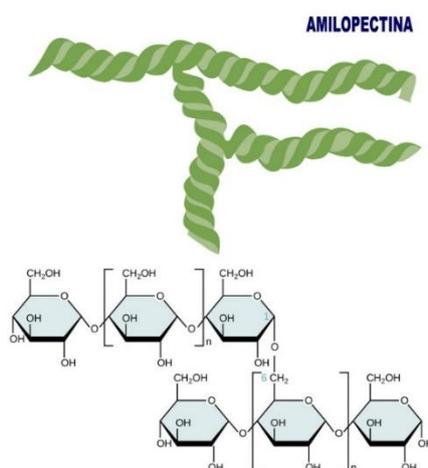


Figura 1. Estructura de Amilopectina. Adaptada de (Bello, 2008)

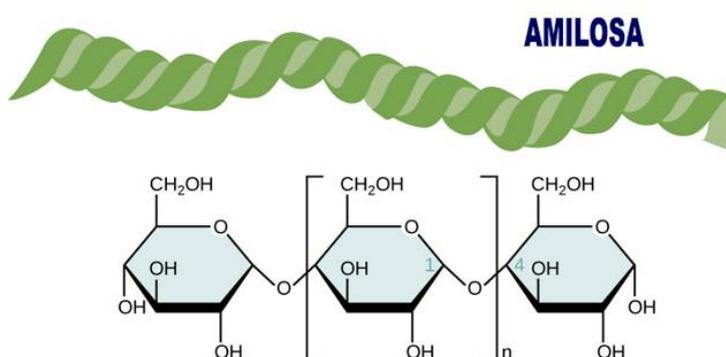


Figura 2. Estructura de Amilosa. Adaptada de (Bello, 2008)

- **Propiedades del almidón**

Sus propiedades dependen del origen y de la relación entre amilo pectina y amilosa, que a su vez depende de si está en forma de material complejo virgen, o purificado. Un ejemplo ilustrativo, es el almidón de maíz, que produce geles claros y resistentes; mientras que el almidón de papa, forma geles poco resistentes, viscosos y que se deshidratan con gran rapidez (Charro, 2015).

- **Aplicaciones Industriales del almidón**

Tabla5.

Aplicaciones del almidón

Industria	Aplicaciones
Alimentaria	3 Sustituto de la harina de trigo en panadería y repostería 4 Elaboración de edulcorantes 5 Fuente de alcohol para elaboración de licores 6 De gran importancia en los productos horneados como es elaboración de bizcochos, galletas entre otros 7 Espesante en helados, sopas, gelatinas y otras
Farmacéutica	8 Materia prima para elaboración de sueros 9 Como relleno en tabletas y varios productos farmacéuticos
Minería Petrolera	10 Floculantes para recuperar plomo y cobre 11 Materia prima para tratamiento de aguas que contienen materiales pesados 12 Floculantes en minas de potasio y en varias perforaciones
Papelería	13 Engrudo para la fabricación de papel Kraft, pasta de papel, cartón, etc.
Química	14 Fabricación de películas biodegradables 15 Materia prima para tensos activos que pueden ser biodegradables 16 Fabricación de pegamentos

Industria	Aplicaciones
	17 Fabricación de espumas de poliuretano por esterificación
Textil	18 Material para tejidos 19 Gel para almidonar la ropa

Tomado de (Charro, 2015)

2.2 La avicultura

Es la técnica de crianza las de aves y aprovechamiento de sus productos. Se la considera como una fuente importante de alimentos que crece anualmente en todo el mundo. La avicultura en Ecuador, se remota a los años 40 y 50, cuando se importaron las primeras aves desde España con ayuda del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, que incentivó a la construcción de granjas familiares, lamentablemente con valores muy altos. Para los años 70, se corren rumores de que el consumo de pollo y huevos de la industria avícola producía cáncer. En los 80 se optimiza el proceso para el aprovechamiento e industrialización de esta actividad y a partir de los 90 hasta la actualidad, la técnica ha mejorado sustancialmente. Los grande productores de la sierra, están ubicados en las provincias de Tungurahua, Pichincha y en la costa, Guayas y Manabí (Aillon, 2012).

2.2.1 Sector Avícola

En el Ecuador el consumo de productos avícolas se distribuye el 49% en la Sierra, Costa 40%, Oriente y Galápagos 11%. La economía del país se ve beneficiado por esta actividad, por cuanto genera otras cadenas productivas que impulsan a otros negocios y sectores (Aillon, 2012).

El valor de esta actividad es tan significativo que se ve reflejado en el Producto Interno Bruto (PIB), que incremento en el 2017 en un 35% generando grandes

ganancias, debido a que la demanda del mercado es alta en carne, huevos, maíz, soya y otros productos. El crecimiento de este sector ha generado varias fuentes de empleo en grandes avícolas que son de renombre en el Ecuador tales como:

Tabla 6.

Participación de empresas productoras

Empresas	%	TM 2006	%	TM 2007
AFABA	41,07	806.633,57	40,99	859.953,50
AGRIPAC	2,81	55.255,41	2,60	54.546,94
ANHALZER	0,65	12.6900,51	0,60	12.587,76
CHAMPION	4,87	95.559,47	4,05	84.967,35
EXPALSA	5,50	108.083,00	5,22	109.513,47
GISIS	3,18	62.4667,00	3,58	75.106,94
GRASAS UNICOL	3,97	77.964,91	4,02	84.337,96
LIRIS	2,89	56.779,08	2,85	59.791,84
POFASA	0,90	17.680,00	0,88	18.462,04
PRONACA	31,24	613.512,80	31,73	665.682,48
SAN ISIDRO	1,70	33.364,21	1,70	35.665,31
TOTAL	100,0	1.963.962,46	100,0	2.097.959,27

Tomado de (Osejos, 2009)

En el Ecuador se produce 270.000 millones de pollos, que representan alrededor de 400 y 450 mil toneladas, para un consumo promedio por habitante de 32 kg. Se producen 47´431.058 huevos de gallina a la semana, de los cuales 15,48% son producidos en campo y el 84,52% en plantas agrícolas (Valenzuela, 2016). para que esta producción sea la correcta se requiere de algunos aspectos tales como la materia prima, el maíz de consumo de las aves, la soya de consumo.

2.2.2 Producción de productos avícolas

El proceso de producción para la carne de pollo es la siguiente:

- Acondicionamiento de las instalaciones
- Recepción de aves
- Etapa de crecimiento y engorde
- Etapa de faenamiento
- Distribución

Gran parte de la producción de carne es consumida, en mercados y supermercados se comercializan desde la cabeza del ave hasta las patas de la misma (Valenzuela, 2016).

Proceso de producción huevos de mesa

- Etapa de crianza aves de postura
- Etapa de postura de aves
- Etapa de clasificación de huevos

2.2.3 Patas de pollo

Son las extremidades del ave, que muchas veces son utilizadas para consumo, sin embargo, en la mayoría de los casos son considerados como residuos. En relación con el peso de pollo vivo, representan el 4.5%, cuando está faenado es del 4%, para una ave con un peso promedio de 2kg (Fleeson, 2017).

Las patas de pollo son fuente de una valiosa materia prima, que se emplea en la fabricación de una gran cantidad de nuevos productos que se usan en la, remediación de aguas, producción de bioplásticos, alimentos. Se aprovecha el

95% de la proteína que esta contiene, de esta forma se reducen los desechos que esta provoca (Macías Andrade, 2015).

2.2.4 Composición patas de pollo

Las patas de pollo contienen gran valor nutricional el cual implementa un valor nutricional alto al ser consumidas o aprovechamiento en varias aplicaciones, a continuación, se muestra el valor nutricional al ser lavados listo para consumo o desecho:

Tabla 7.

Valor nutricional patas de pollo

Valor Nutricional	
Azúcares	0g
Calorías	214 kcal
Colesterol	84mg
Fibra Dietética	0g
Grasas monoinsaturadas	5,5g
Grasas poliinsaturadas	2,98g
Grasas saturadas	3,92g
Grasas totales	14,6g
Potasio	31mg
Proteínas	19,4
Sodio	67mg

Tomado de (Fleeson, 2017)

Es de gran importancia tomar en cuenta que la proteína que posee las patas de pollo son aprovechadas al 95% como se indicaba con anterioridad, ya que se realiza el proceso de desnaturalización de la misma para así obtener el desprendimiento del tejido de la piel y tener como resultado colágeno, elastina o queratinas (Fleeson, 2017).

2.2.5 Residuos de patas de pollo

En general los residuos avícolas son enviados a la basura por todas las empresas que lo elaboran, de igual manera las personas que lo consumen tiran a la basura partes del animal, sin tomar en cuenta que estos residuos pueden provocar contaminación de suelo y fuentes hídricas,; en el caso de los residuos de las patas de pollo se conoce que en el Ecuador se genera un 45% de desechos orgánicos de los hogares y un 84% de empresas avícolas, causando de esta manera graves problemas como son:

- Aumento de concentración de sólidos disueltos en el agua residual
- Presencia de CO₂ en el agua residual
- Aumento de la actividad microbiana
- Aumento de la demanda química de oxígeno

En el caso del suelo, se puede producir el aumento significativo de materia orgánica; en los rellenos sanitarios estos residuos son un foco de contaminación para la llegada de roedores y aves que buscan este desecho y provocan enfermedades a los moradores de los sectores (Ramón, 2018).

Las alternativas que se manejan en las avícolas con los residuos de patas de pollo son: como fuente de alimento, fuente energética y de proteínas y como abono siendo esta última la más utilizada en estas industrias, sin embargo, en los mercados del Ecuador al encontrar las patas de pollo de un color amarillento son desechadas sin el aprovechamiento de las mismas (Perez Villa y Villegas Calle, 2009).

2.2.6 Colágeno

El colágeno es considerado una proteína fuerte y dura, la misma que forma parte de los tendones, ligamentos y cartílagos. Está formada de tres polipéptidos

helicoidales hacia el lado derecho, que se entrelazan para formar una cadena helicoidal hacia la izquierda; cada una de estas cadenas poseen una longitud de 300nm y un diámetro que este alrededor de 1.5 nm. El colágeno representa alrededor de 30% de la proteína de los animales, en la cual predominan ciertos aminoácidos como son: glicina, prolina, hidroxiprolina y alanina, con en un 14% en peso de hidroxiprolina respecto del total de los aminoácidos componentes del colágeno (Bennett, 2014).

Su contenido en diferentes tejidos se muestra a continuación:

Tabla 8.

Contenido de colágeno en diversos tejidos

Tejido	Contenido-base Peso seco%
Cartílago	40
Huesos	20
Piel	90
Tendones	90

Tomado de (Macías Andrade, 2015)

Existen alrededor de 20 tipo de colágeno como el colágeno tipo I y colágeno tipo II, del primero de estos tipos de colágeno se obtiene la proteína más conocida a la cual se la conoce como gelatina, a su vez, tienen varias propiedades tales como solubilidad, capacidad amortiguadora, desnaturalización y especificidad; sus aplicaciones son en el área farmacéutica, industrial en alimentos y cosmética. En la actualidad la aplicación más conocida es la de biomateriales como son ceramios, polímeros y sustancias biológicas siendo este el más comercializado y empleado; se considera que el mayor beneficio hoy empleado del colágeno es su capacidad de resistencia, integridad y elasticidad y las propiedades curativas dentro del cuerpo (Fleeson, 2017).

- **Gelatina**

Es una proteína obtenida del colágeno que se encuentra en varias partes de los animales como piel, huesos entre otros, la misma que es soluble en agua caliente y fría y se la obtienen al desnaturalizar de forma parcial el colágeno a través de varios tratamientos como son una hidrólisis alcalina, enzimática, acida, microbiana. Su composición dentro de las patas de pollo se componen de cinco aminoácidos como la glicina , acido aspártico, alanina, acido glutámico y prolina que se hallan en gran cantidad favoreciendo en sus propiedades de dureza, elasticidad entre otros (Bennett, 2014)

- **Usos de la Gelatina**

- 1) Industria alimentaria: conservantes, sopas, recubrimiento de embutidos etc.
- 2) Industria farmacéutica: recubrir capsulas de medicamentos.
- 3) Industria fotográfica: papel de color, películas de rayos X.
- 4) Terapia de células madres.

2.3 Polímeros

Son moléculas a las cuales se las conoce como macromoléculas las mismas que están formadas por cientos de átomos, los cuales al combinarse realizan un proceso químico llamado reacción de polimeración que, por su estructura atómica, es utilizada en la industria de empaques y embalaje de alimentos (López, 2014).

2.3.1 Clasificación de los Polímeros

Los polímeros se clasifican de acuerdo con varios criterios los mismos que pueden subdividirse lo que hace más compleja su clasificación.

- **De acuerdo con su Origen**

a) Polímeros Naturales

Son aquellos que se encuentran presentes en la naturaleza, o a su vez, pueden provenir de los seres vivos, como por ejemplo el caucho, la celulosa, el algodón, la quitina, la seda, entre otros (Miranda, 2015).

b) Polímeros semisintéticos

Son aquellos polímeros que se adquieren por transformaciones químicas de polímeros naturales, sin destruir de manera permanente su estructura molecular (Miranda, 2015).

c) Polímeros sintéticos

Son los polímeros fabricados por los humanos de manera artificial a partir de un compuesto de bajo peso molecular (monómero), (Miranda, 2015).

- **De acuerdo con su Estructura**

Los monómeros al acoplarse pueden formar cadenas poliméricas de varias estructuras y formas, alterando de esta manera las propiedades tanto físicas como mecánicas, como por ejemplo materiales moldeables y blandos. Estas cadenas se forman por las fuerzas de Van der Waals haciendo que moléculas secundarias débiles se interrelacionen con cadenas de forma lineal (Araujo y Aiello-mazzarri, 2015). Los polímeros, de acuerdo con su estructura, pueden ser

a) Polímeros de cadenas lineales

Son polímeros obtenidos a partir de monómeros disfuncionales, que se originan por cadenas carbonadas continuas en dos puntos de unión, estas siempre se repiten, como por ejemplo, el polietileno, Kévlar entre otros (Coreño, 2010).

b) Polímeros de cadenas ramificadas

Estos polímeros se forman por tres o más puntos de unión dando así diferentes direcciones entre los espacios, dichas cadenas poliméricas pueden llegar a entrelazarse en diversas formas tales como, estrella, red y dendrita, de esta manera sus propiedades mecánicas serán diferentes (Miranda, 2015).

c) Polímeros de cadenas entrecruzadas

Son polímeros con cadenas lineales o adyacentes unidas por enlaces covalentes, a su vez las estructuras tridimensionales están unidas por enlaces laterales, como por ejemplo polímeros del caucho (Coreño, 2010).

d) Polímeros de cadenas reticulares

Son cadenas entrecruzadas en tres direcciones del espacio, poseen tres enlaces covalentes que en vez de cadenas lineales son generadas por polímeros monoméricas bifuncionales, y poseen propiedades mecánicas y térmicas específicas (López, 2014).

- **De acuerdo con su comportamiento térmico**

a) Termoestables

Conocidos también como termofijos, los cuales poseen una estructura desordenada de cadenas moleculares que no cuentan con deformaciones al ser calentados, ya que toman una forma sólida más rígida que la de aquellos polímeros originales. Cuenta con puntos de entrecruzamiento de las cadenas moleculares y estas solo sufren cambios a altas temperaturas, son insolubles en disolventes orgánicos ya que su estructura es crosslinked, es decir, sus uniones interconectan las moléculas poliméricas, como por ejemplo en la ebonita, baquelita, entre otros (Mendoza, 2014).

b) Termoplásticos

Es un tipo de polímero de cadenas lineales o ramificadas que están unidas por fuerzas intermoleculares, estas son fáciles de ser fundidas, por lo cual pueden ser moldeados y pueden recuperar sus propiedades iniciales al enfriarse, a su vez, sus propiedades mecánicas cambian dependiendo de cadenas laterales o ramificaciones, por ejemplo, sedas artificiales, poliamidas, celofán entre otros (Miranda, 2015).

c) Elastómeros

Son cadenas de moléculas distribuidas en orden, con poca cantidad de entrecruzamientos, su grado de reticulación es muy bajo; este tipo de polímeros puede hincharse hasta un punto ya que sus pocos puntos de entrecruzamiento pueden ocasionar ingreso de moléculas tales como agua, alterando sus enlaces; estos polímeros también se pueden elongar y regresar a su estado original con algunas restricciones (Coreño, 2010).

- **De acuerdo con su composición química**

a) Homopolímeros

Son macromoléculas formadas por repeticiones de unidades de monómeros idénticas, es decir no cuentan con heteroátomos; dentro de estos polímeros existen varias familias tales como: polivinilos, poliolefinas, poliestirenos entre otros (Coreño, 2010).

b) Copolímeros

Son macromoléculas formadas por dos o más unidades de monómeros distintas o heterogéneas, las cuales forman cuatro combinaciones distintas y estas pueden cambiar dependiendo su orden como:

c) Copolímero al azar

Originados de monómeros que se agrupan de forma azarosa, se caracteriza por la apariencia de unidades de comonomero insertadas de forma aleatoria, con el objetivo de buscar la ruptura de la estructura cristalina, sus características son la transparencia y el descenso de temperatura de fusión, está siendo una característica principal en films (Castillo, 2015).

d) Copolímero en bloque

Originados por monómeros que se agrupan de un tipo, y tres monómeros de otro, de manera alterna, a su vez, se forman por matrices que cuentan de dos fases en la que se obtienen reactores de cascada por lo que se da un excelente impacto y rigidez(Castillo, 2015).

e) Copolímero Alternado

Compuestos por monómeros que se encuentran ubicados de manera alterna, este posee 2 monómeros en cantidades equimolares y su cadena está formada por un proceso riguroso (Mendoza, 2014).

2.4 Plásticos

La palabra plásticos se deriva de la palabra griega "*Plastikos*" que se lo conoce como "moldeado a diversas formas"; los plásticos provienen de la formación de largas cadenas de polímeros, que se logra por una síntesis química (Hernández, 2013).

2.4.1 Características de los plásticos

Según Suasnavas (2017), este tipo de materiales se caracterizan por ser sustancias solidas a la temperatura ambiente, elásticos, viscosos y en ciertos casos formar fibras o películas, estos a su vez puede ser producto de material sintético derivados de carbón de hulla, derivados del petróleo, gas natural entre

otros. El mismo autor establece que las características principales de estos materiales son:

- Baja conductividad eléctrica
- Resistencia a varios factores biológicos
- Elasticidad
- Resistencia mecánica
- Reciclado
- Dureza
- Variedad, color, forma, apariencia, textura
- Transparencia
- Densidad
- Cristalinidad
- Plasticidad
- Conductividad térmica (alta o baja, dependiendo del tipo de plástico)
- Resistencia atmosférica y química

2.4.2 Tipos de plásticos

Para identificar el tipo de plástico en los productos se debe basar en el Sistema de codificación que se desarrolló en 1988 en los Estados Unidos por la Sociedad Industrial de Plásticos, a fin de poder realizar de manera más eficiente el reciclaje de estos materiales (Hernández, 2013).

Es de gran importancia conocer la codificación de dicho material para así conocer las características del material en cuestión, existen siete códigos para plásticos :

1. Polietilentereftalato (PET o PETE)
2. Polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE)
3. Policloruro de vinilo (vinil o PVC)
4. Polietileno de baja densidad (PEBD o LDPE)

5. Polipropileno (PP)
6. Poliestireno (PS)
7. Otros (Mezcla de polímeros anteriores u otros)

- **Bioplástico**

Son derivados de fuentes renovables tales como: almidón, aceites, biomasa entre otros, que después de cumplir su vida útil sufren cambio gracias a microorganismos, la desventaja de estos es que pueden llegar a ser sensibles a la humedad del aire y su resistencia mecánica es limitada comparada con películas sintéticas, a pesar de esto se ha comprobado que son biodegradables. Estos materiales son utilizados en platos, vasos, cubiertos, bolsas entre otros que pueden convertirse en composta y desintegrarse junto a materia orgánica siempre buscando cumplir el ciclo de vida que es conservar el recurso fósil, producir CO_2 y conservar el agua (Gutierrez, 2013).

2.4.3 Tipos de degradación

Existen varios tipos de degradación los cuales dependen de los factores que intervienen, a su vez se conoce que el tiempo de degradación del plástico puede llegar a ser de cien años aproximadamente, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre dicho material (Gutierrez, 2013).

El plástico puede degradarse de la siguiente manera:

- Degradación química: la cual es inducida por reactivos químicos tales como disolventes, ácidos y bases; la cual consiste en la modificación de la estructura del material polimérico, sin embargo, se requiere de una energía de activación muy alta por lo que se observa una conversión poco significativa, esto siempre y cuando se realice a altas temperaturas (Gutierrez, 2013).

- Degradación ambiental: es aquella que se ve influenciada por elementos naturales como la luz solar, humedad, viento, cambios de temperatura, contaminación, entre otras condiciones de su aplicabilidad en la vida útil o de su uso; su afectación se ve reflejada en el color del material o la pérdida del brillo por la alteración de su cadena molecular. Como efecto de estas alteraciones se ven afectadas la resistencia del plástico y sus características principales de elaboración. (Hernández, 2013).
- Degradación física: engloba a los fenómenos que se relacionan con los polímeros, sin alterar su composición química; la alteración de este se ve en el intercambio de masa o la falta de alteración de masa (Hernández, 2013).
- Degradación térmica: es aquella que se ve modificada por efectos térmicos produciendo así la ruptura de enlaces químicos, como resultado se crean radicales libres y cadenas reactivas. Se conoce que los principales actores de la degradación son los aditivos o impurezas que se encuentran presentes en el material y reaccionan a los efectos térmicos (Gutierrez, 2013).
- Degradación mecánica: es la modificación por acción de esfuerzos mecánicos, se produce de manera macroscópica por efecto de corte en las cadenas moleculares, produciendo así esfuerzos cizalla generando calor. (Hernández, 2013).
- Fotodegradación: este proceso se ve influenciado por la luz solar que altera de manera directa a las sustancias poliméricas y varios compuestos orgánicos por la absorción de radiación en longitudes menores a 400nm; provocando así variación en su peso molecular, propiedades físicas y mecánicas, las cuales son irreversibles (Gutierrez, 2013).

2.4.4 Biodegradación

Es un tipo de degradación química en la cual se ven implicados microorganismos tales como hongos y bacterias, de esta manera secretan enzimas que rompen las estructuras moleculares, el material es utilizado como fuente de obtención de carbono y se va degradando con el tiempo. Es de gran importancia mencionar que estas pueden biodegradarse en condiciones anaerobias y aerobias, pudiendo dar como resultado al biodegradarse de forma anaerobia biomasa y biogás {Formatting Citation}.

- **Mecanismos de biodegradación**

Para la biodegradación entran varios procesos químicos, biológicos y físicos para de esta manera poder desintegrar el plástico como se muestra a continuación (Lombriz y Gallina, 2013):

- a. Degradación primaria del plástico
- b. Fijación de microorganismos a la superficie del plástico
- c. Crecimiento de los microorganismos utilizando el material como fuente de carbono
- d. Tasa de absorción de oxígeno
- e. Tasa de evolución de dióxido de carbono
- f. Cambios de la estructura del material

- **Factores que cambian la biodegradabilidad del plástico**

La biodegradabilidad de un polímero se ve afectada por propiedades físicas tales como:

- a. Peso molecular, densidad y forma
- b. Composición molecular
- c. Propiedades hidrofílicas (microorganismo se adhiera al plástico)

- d. Complejidad estructural
- e. Presencia de grupos amidas o ester

- **Microorganismos biodegradables**

La degradación en este caso se involucra con microorganismos que se encuentran en agua, compost o suelo, cada uno en diversas condiciones como temperatura o humedad, entre otras; se considera que los microorganismos se fijan en la superficie del material y estos se colonizan por reacciones de hidrolisis (Suasnavas, 2017).

Se menciona que en compost y suelo los encargados de biodegradar son hongos, bacterias y actinomicetes con concentración alrededor de $5-900 \times 10^3$, $1-20 \times 10^6$, $3-500 \times 10^6$ UFC/g de suelo; en el agua, por otro lado, actúan las bacterias en concentración de 10^6 UFC/mL estando en mayor proporción en la parte superficial y disminuyen hacia la profundidad (Hernández, 2013).

Existen a su vez varios microorganismos que se encargan de biodegradar el material plástico derivado del petróleo tales como : *Acinetobacter sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Vibrio sp.*, *Streptomyces sp.*, *Candida sp.*, *Nocardia sp.*, entre otros (Lombriz y Gallina, 2013).

2.4.5 Problemática de plásticos provenientes de petróleo

Es de gran importancia conocer que los plásticos elaborados de derivados del petróleo son aquellos que tardan mucho más tiempo en biodegradarse a pesar de las condiciones en las que se encuentren, en comparación a los de productos biológicos que tardan de 3 a 4 semanas; por ejemplo, las telas de algodón tardan 5 semanas, en tanto que el plástico sintético puede demorarse hasta 500 años (Rivera, 2012).

El uso excesivo de plásticos derivados de petróleo tienen un gran realce debido a su resistencia al ambiente, su lenta degradación, de lo cual hay información desde 1974 donde se consumían 11 kg por persona del material plástico, en 1990 el aumento fue más del doble, 34.5 kg por persona, mientras tanto que en la actualidad se considera que el material plástico es usado alrededor de 600 kg al año como valor representativo, ya que este se acumula en valores de 1.000 millones de toneladas enviados directamente a océanos y suelos; se conoce que el 70% de esta material se encuentra en el fondo de los océanos es decir 13.000 piezas flotantes por cada kilómetro cuadrado del mar, provocando de esta manera la muerte de especies marinas y la alteración del entorno natural (Rivera, 2012).

Actualmente, reemplazar el material derivado del petróleo es de alto costo y resulta difícil por la demanda de elaboración y precios bajos que la industria ofrece, de igual manera por su resistencia al momento del uso; a pesar de que es de suma urgencia el reemplazo de este tipo de material por uno que su degradación sea más rápida, es complicado, es por eso que se busca alternativas de combinar los beneficios y características de los materiales de recurso natural con los del petróleo teniendo como resultado un material degradable y de costo bajo (Hachi y Rodriguez, 2010).

3.METODOLOGÍA

3.1 Obtención de colágeno de las patas de pollo

En primer lugar, se realizó la extracción del colágeno de las patas de pollo por medio básico para lo cual se realizarán las siguientes actividades:

3.1.1 Obtención de la materia prima

Se obtuvo la materia prima en un mercado municipal de la ciudad de Quito, posterior a esto se procedió a limpiar las patas de pollo con agua potable con el fin de eliminar los residuos de sangre y cualquier otro material que interfiera con el producto final.

3.1.2 Desangramiento de las patas de pollo

En este paso se procedió a retirar las uñas y posterior a esto trocear las patas de pollo, para de esta manera lavarlas y ser pesadas. Después se preparó una solución de hidróxido de sodio 0,25 M, en la que depositaron las patas de pollo, para facilitar la hidrólisis de la grasa y la denaturación del colágeno, durante aproximadamente 5 a 6 horas a temperatura ambiente (Fleeson, 2017).

3.1.3 Extracción de la Gelatina

Para el efecto, se preparó una solución de HCl 0.3M, que se adicionó a las patas de pollo, hasta lograr un pH de 8.

La extracción de la gelatina del agua se realizó durante aproximadamente 2-3 horas a una temperatura de 80°C.

3.1.4 Filtración y concentración

Se filtró la gelatina obtenida en caliente y se siguió calentando por 2 horas hasta que se formará un gel.

3.1.5 Laminado y secado

Se laminó el gel sobre papel aluminio para el secado, dejándolo a temperatura ambiente aproximadamente por 3-4 días (Bennett, 2014).

3.2 Obtención del almidón de cáscara de banano

El almidón fue obtenido a partir de la cáscara de banano, que estaba lista para ser enviada a la basura. El proceso fue el siguiente:

3.2.1 Lavado de la cáscara

El lavado de la cáscara se realizó con agua potable, con la finalidad de eliminar cualquier tipo de suciedad externa que tengan las cáscaras.

3.2.2 Inmersión de las cáscaras en solución antipardeamiento

Se hizo una inmersión de la cáscara, en una solución de ácido cítrico en concentración de 25 g/l, para evitar el pardeamiento enzimático (Castillo, 2015).

3.2.3 Rallado del endocarpio y deshidratación

Se realizó un raspado en la cáscara (en la parte correspondiente al endocarpio de la fruta), a medida que se obtuvo las tiras de dichas cáscaras estas se colocaron en la parrilla para ser deshidratadas.

3.2.4 Molienda, triturado y tamizado

Una vez deshidratadas las tiras obtenidas, se trituraron y molieron para obtener una especie de polvillo, posterior a esto el polvillo paso por un tamiz para obtener una granulometría homogénea. Para verificar si en efecto se obtuvo almidón se procedió a colocar gotas de yodo sobre la muestra del producto tamizado, el surgimiento de una coloración violeta oscura es indicativo de presencia de almidón (Castillo, 2015).

3.3 Proporciones de la mezcla

3.3.1 Obtención de Almidón

Tabla 9.

Cantidades utilizadas en la obtención del almidón de la cáscara del banano

Material	Cantidad
Cáscara de banano	15 kg
Solución de Ácido Cítrico de 25 g/l	1 L

3.3.2 Obtención de gelatina a partir de patas de pollo´

Tabla10.

Cantidades utilizadas en la obtención de gelatina a partir de patas de pollo

Material	Cantidad
HCl concentración (0,3 M)	1 L
NaOH (0,25 M)	10 g
Patas de Pollo	25 lb

3.4 Diseño del bioplástico

3.4.1 A partir de Gelatina

1. Se preparó una mezcla de 10 g de colágeno, 40 g de agua tibia, 0.5 g de cloruro de sodio en un vaso de precipitación.
2. Se calentó esta mezcla en un agitador magnético hasta obtener una mezcla homogénea, y se deja enfriar.

3. Se añadió 2 g de glicerina y se procedió a agitar.
4. La mezcla así obtenida se pesó (Castillo, 2015).

Tabla 11.

Cantidades específicas de los componentes de la mezcla para la elaboración del bioplástico

Material	Cantidad
Agua potable	400 g
Cloruro de sodio	5 g
Colágeno	100 g
Glicerina	10 g

3.4.2 A partir de Almidón de Cáscara de banano

Se preparó una mezcla de 10 g de almidón, 20 g de agua y 4 g glicerina en un vaso de precipitación, se mezcló bien hasta obtener una mezcla homogénea; se añadió 1 g de bicarbonato de sodio, se calentó en el agitador magnético hasta que la viscosidad cambie y se finalmente se pesó el total obtenido (Villada, Acosta, y Velasco, 2007).

Tabla 12.

Cantidades específicas de los componentes de la mezcla para la elaboración del bioplástico.

Material	Cantidad
Agua potable	200 g
Bicarbonato de sodio	10 g
Gelatina	100 g
Glicerina	40 g

3.4.3 Preparación de las mezclas

Relacionando el peso total obtenido con el peso de almidón y colágeno, respectivamente se preparó las siguientes mezclas (en porcentaje):

- **Diseño Experimental**

Tabla 13.

Diseño Experimental con los Tratamientos

Variable		Tratamiento	Repeticiones
Almidón	Gelatina		
20%	80%	1	3
50%	50%	2	3
70%	30%	3	3
100%		Testigo 1	1
	100%	Testigo 2	1

- **Cálculos de mezclas**

Peso total colágeno 55 g

Peso total almidón 120 g

a. Tratamiento 1

55 gr colágeno 100%

x 20%

$$x = \frac{55 \text{ gr colágeno} * 20}{100}$$

$$x = \mathbf{11 \text{ gr colágeno}}$$

120 gr almidón	100%
x	80%

$$x = \frac{120 \text{ gr almidón} * 80}{100}$$

$$x = \mathbf{96 \text{ gr almidón}}$$

b. Tratamiento 2

55 gr colágeno	100%
x	50%

$$x = \frac{55 \text{ gr colágeno} * 50}{100}$$

$$x = \mathbf{27.5 \text{ gr colágeno}}$$

120 gr almidón	100%
x	50%

$$x = \frac{120 \text{ gr almidón} * 50}{100}$$

$$x = \mathbf{60 \text{ gr almidón}}$$

c. Tratamiento 3

55 gr colágeno	100%
x	30%

$$x = \frac{55 \text{ gr colágeno} * 30}{100}$$

$$x = \mathbf{16.5 \text{ gr colágeno}}$$

120 gr almidón	100%
----------------	------

$$x \qquad \qquad \qquad 70\%$$
$$x = \frac{120 \text{ gr almidón} * 70}{100}$$
$$x = 84 \text{ gr almidón}$$

Se mezcló los 2 componente de acuerdo con su tratamiento con agitación hasta que se formó una pasta homogénea, se elaboró el film en una caja Petri y se secó a temperatura ambiente.

3.5 Pruebas Mecánicas

3.5.1 Espesor de Películas

El ensayo de espesor del material plástico consiste en someter a 20 muestras de diversos compuestos las cuales se encuentran en formas de probetas de 6 x 6 cm cada una a la toma de espesor con pie de presión plano. Este ensayo permite tomar valores de acuerdo con el tamaño de la muestra analizar la cual esta expresada en (mm), permitiendo saber la densidad de cada uno y su variación (INEN, 2012).

3.5.2 Elongación de muestras

El ensayo de elongación se realiza con 3 muestras de ensayos en diversas proporciones y la muestra comparativa (ziploc) en formas de probetas de 10 x 5.5 cm, estas son medidas al inicio antes de colocar un peso en la parte inferior para conocer el valor de elongación de estas, esta prueba es empírica debido que no cumplía con el tamaño adecuado y su comparación no sería exacta para ser realizada con pruebas estándares sin embargo se puede tener resultados favorables al realizar la prueba con peso..

3.6 Pruebas de Biodegradabilidad

Se prepararon 30 tubos de ensayo con 10 ml de un medio mineral (*Burchnel Has Brot*), a los que se añadió 1 g del material plástico, en calidad de fuente única de carbono. En el primer ensayo, se añadió 1ml. de la bacteria "*Pseudomona sp (A1)*", en el segundo ensayo; 1 g de "*Stenotrophomonas maltophila (B2)*", y en el tercer ensayo, 1 ml de un consorcio de los dos tipos de bacterias en relación 50% - 50% (AB). Las pruebas se realizaron con dos repeticiones.

Antes de la incubación, se realizó la medición de la turbiedad inicial, en un espectrofotómetro marca Incucell. La incubación se realizó a 27°C, durante 144 horas. La medición del peso y turbiedad de las unidades experimentales se efectuó a las 48h, 72h y 144h.

Teóricamente, la evidencia de que las bacterias empleadas degradan el plástico experimental es el incremento de la turbiedad en las unidades experimentales y la disminución del peso de estas. Sin embargo, parte de la biomasa del plástico metabolizado se convierte en biomasa microbiana y la cantidad de carbono (CO₂), eliminada es pequeña; en consecuencia, el peso de las unidades experimentales variará poco.

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Biodegradabilidad

La Biodegradabilidad del plástico experimental, fue evaluada por la variación del peso de la unidad experimental, y de la turbidez; medidos durante una semana, con tres tomas a la 48, 96 y 144 horas, de cada unidad experimental. Con los datos obtenidos se construyeron curvas de incremento de la turbiedad y de descenso del peso de las unidades experimentales.

4.1.1 Curvas de peso para las muestras

- Ensayo uno 20% (almidón) 80% (colágeno)

Tabla 14.

Eficiencia de Degradación Ensayo Uno

Ensayo	PESO (g)						%		
	SM+BC	SM+BC+FI LM	48H	96H	144H	Peso	%	%	Eficiencia
AP1	25.80	26.80	26.60	26.30	25.90	0.9	96.64	3.36	3.35
AP2	25.90	26.90	26.60	26.30	26.00	0.9	96.65	3.35	
BP1	26.30	27.30	27.10	26.80	26.50	0.8	97.07	2.93	3.16
BP2	25.60	26.60	26.40	26.10	25.70	0.9	96.62	3.38	
ABP1	25.80	26.80	26.60	26.20	25.90	0.9	96.64	3.36	3.55
ABP2	25.70	26.70	26.50	26.10	25.70	1	96.25	3.75	

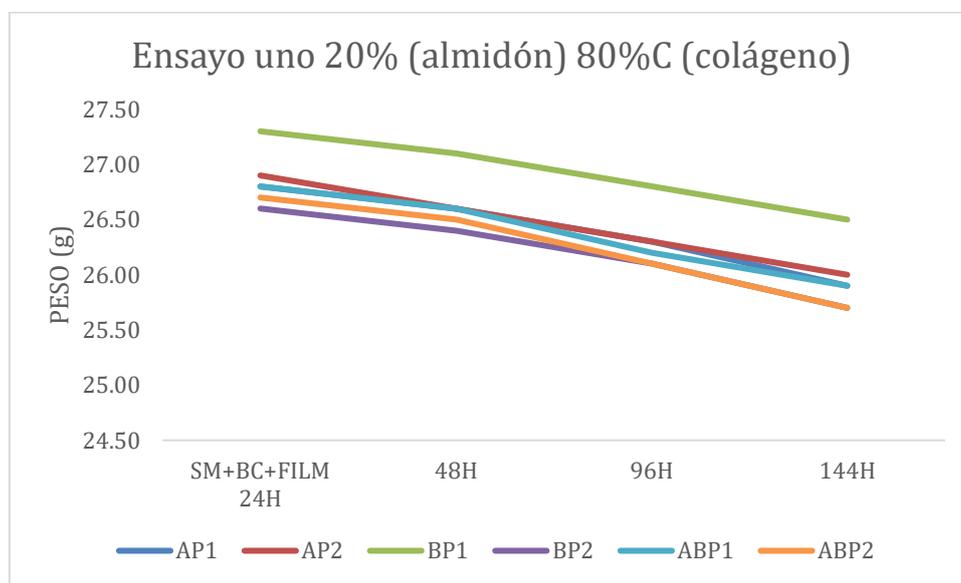


Figura 3. Peso ensayo uno vs Tiempo

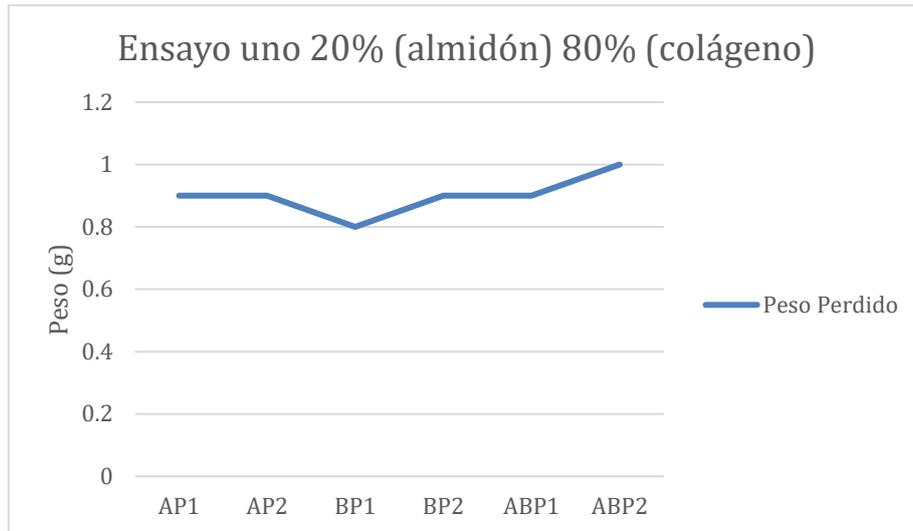


Figura 4. Peso perdido vs Ensayo uno

El mayor descenso del peso se observa en la muestra combinada de AB, con un descenso de 1,0g indicando así la biodegradación total del plástico colocado en dicho ensayo. Las unidades experimentales con las cepas individuales muestran valores de 0,9g en cepas tanto “*Pseudomona sp (A1)*” y “*Stenotrophomonas maltophilia (B2)*”.

El porcentaje de eficiencia de degradación de esta prueba es similar para los tres ensayos, siendo ligeramente mayor para la prueba AB, con 3,55%, frente a 3,35 y 3,16% de las cepas A y B respectivamente.

- **Ensayo dos 50% (almidón) y 50% (colágeno)**

Tabla 15.

Eficiencia de Degradación Ensayo Dos

Ensayo	PESO (g)						%			
	SM+BC	SM+BC+FI	LM	48H	96H	144H	Peso Perdido	%	%	Eficiencia
AP1	26.90	27.90		27.60	27.30	26.90	1	96.42	3.58	3.83

Ensayo	PESO (g)						%		
	SM+BC	SM+BC+FI LM	48H	96H	144H	Peso Perdido	%	%	% Eficiencia
AP2	26.00	27.00	26.70	26.30	25.90	1.1	95.93	4.07	
BP1	25.50	26.50	26.20	25.90	25.60	0.9	96.60	3.40	4.11
BP2	25.90	26.90	26.40	26.00	25.60	1.3	95.17	4.83	
ABP1	26.70	27.70	27.50	27.10	26.80	0.9	96.75	3.25	3.49
ABP2	25.80	26.80	26.60	26.20	25.80	1	96.27	3.73	

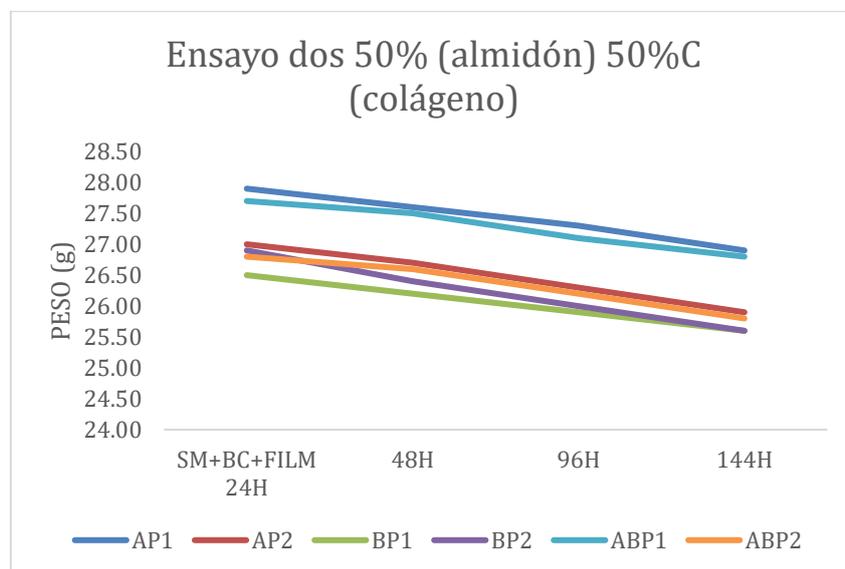


Figura 5. Peso ensayo dos vs Tiempo

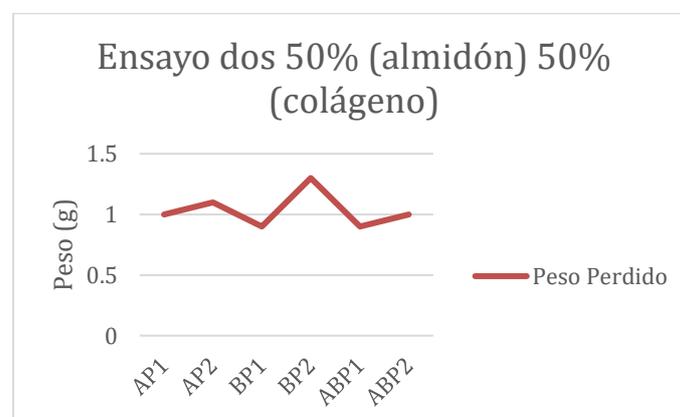


Figura 6. Peso perdido vs Ensayo dos

El mayor descenso del peso se observa en la muestra PIB₂, que corresponde a *Stenotrophomonas maltophila*, con un descenso de 1,3g. Las unidades experimentales con A y B muestran un menor descenso que las cepas individuales con 0,95g.

El porcentaje de eficiencia de degradación de esta prueba, para la cepa A, es de 3,83%, para la cepa B; 4,11% y para la mezcla AB; 3,49%. La eficiencia de la combinación AB, es menor que la de las cepas individuales.

- **Ensayo tres 70% (almidón) 30%C (colágeno)**

Tabla 16.

Eficiencia de Degradación Ensayo Tres

Ensayo	PESO (g)						%		
	SM+BC	SM+BC+F ILM	48H	96H	144H	Peso Perdido	%	%	% Eficiencia
AP1	27.10	28.10	27.80	27.40	27.10	1	96.44	3.56	3.83
AP2	25.80	26.80	26.40	26.10	25.70	1.1	95.90	4.10	
BP1	26.10	27.10	26.50	26.20	25.90	1.2	95.57	4.43	4.04
BP2	26.40	27.40	27.10	26.80	26.40	1	96.35	3.65	
ABP1	26.80	27.80	27.60	27.30	26.90	0.9	96.76	3.24	3.24
ABP2	26.70	27.70	27.50	27.10	26.80	0.9	96.75	3.25	

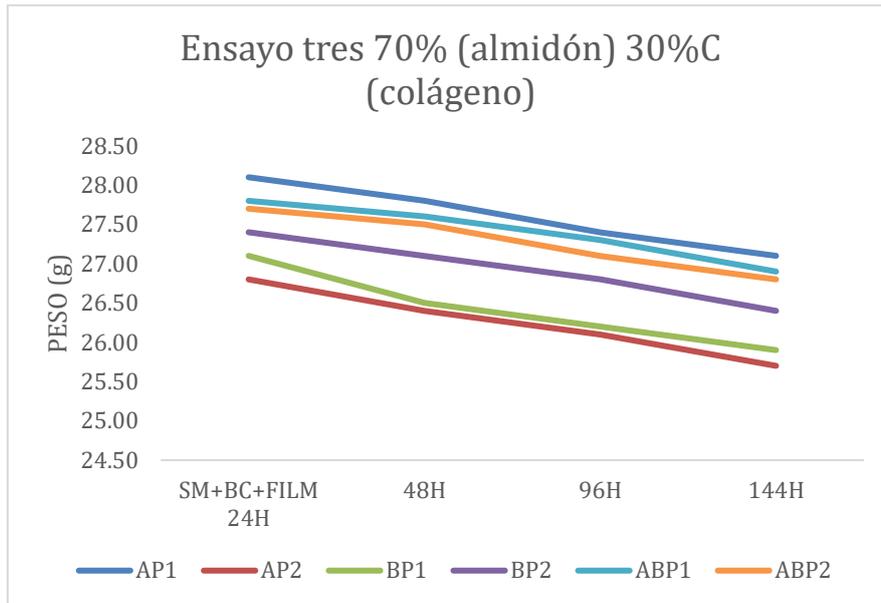


Figura 7. Peso ensayo tres vs Tiempo

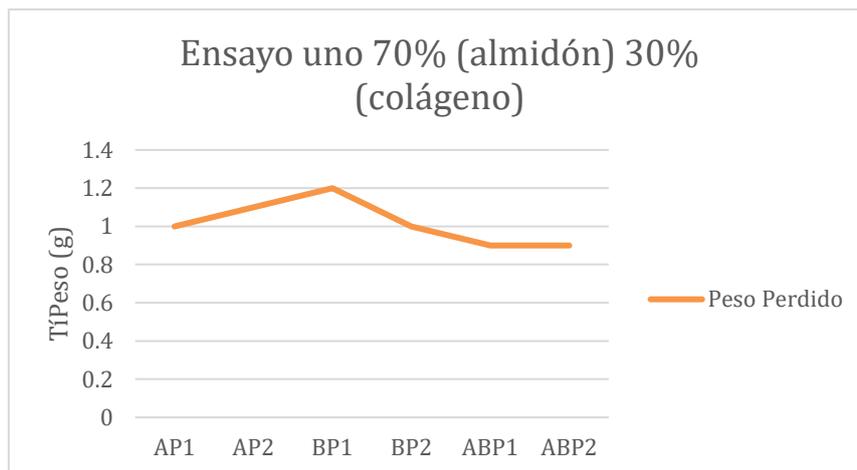


Figura 8. Peso perdido vs Ensayo tres

El mayor descenso del peso se observa en la muestra PIB₂, que corresponde a *Stenotrophomonas maltophilia*, con un descenso de 1,2g. Las unidades experimentales con A y B muestran un menor descenso que las cepas individuales con 0,9g.

El porcentaje de eficiencia de degradación de esta prueba, para la cepa A, es de 3,83%, para la cepa B; 4,26% y para la mezcla AB; 3,24%. La eficiencia de la combinación AB, es menor que la de las cepas individuales.

- **Ensayo Testigo Almidón**

Tabla 17.

Eficiencia de Degradación Ensayo Testigo Almidón

Ensayo	PESO (g)						%		
	SM+BC	SM+BC+F ILM	48H	96H	144H	Peso Perdido	%	%	% Eficiencia
AP1	27.80	28.80	28.50	28.10	27.80	1	96.53	3.47	3.70
AP2	27.00	28.00	27.60	27.30	26.90	1.1	96.07	3.93	
BP1	27.20	28.20	28.00	27.60	27.30	0.9	96.81	3.19	3.55
BP2	27.20	28.20	27.80	27.40	27.10	1.1	96.10	3.90	
ABP1	28.20	29.20	29.00	28.70	28.30	0.9	96.92	3.08	3.33
ABP2	26.90	27.90	27.60	27.20	26.90	1	96.42	3.58	

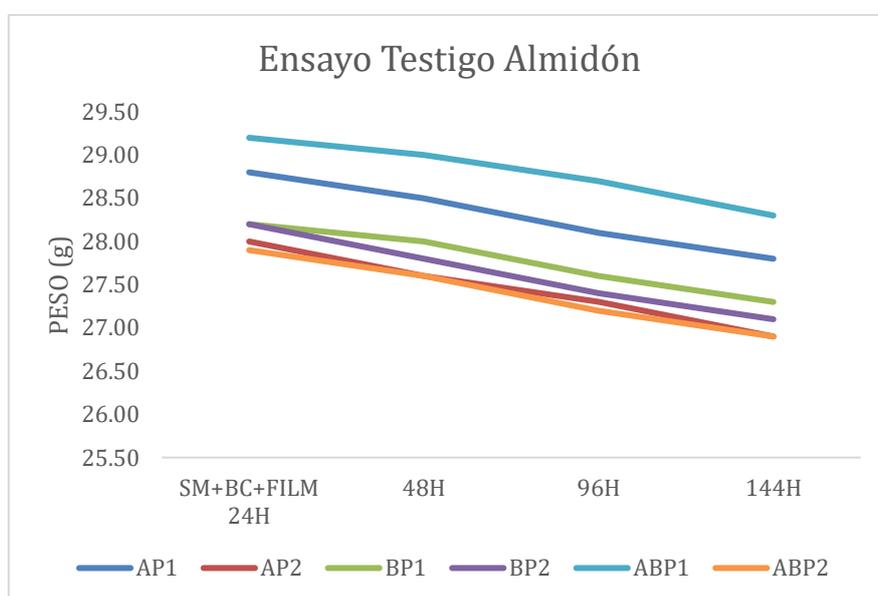


Figura 9. Peso Muestra Testigo Almidón vs Tiempo

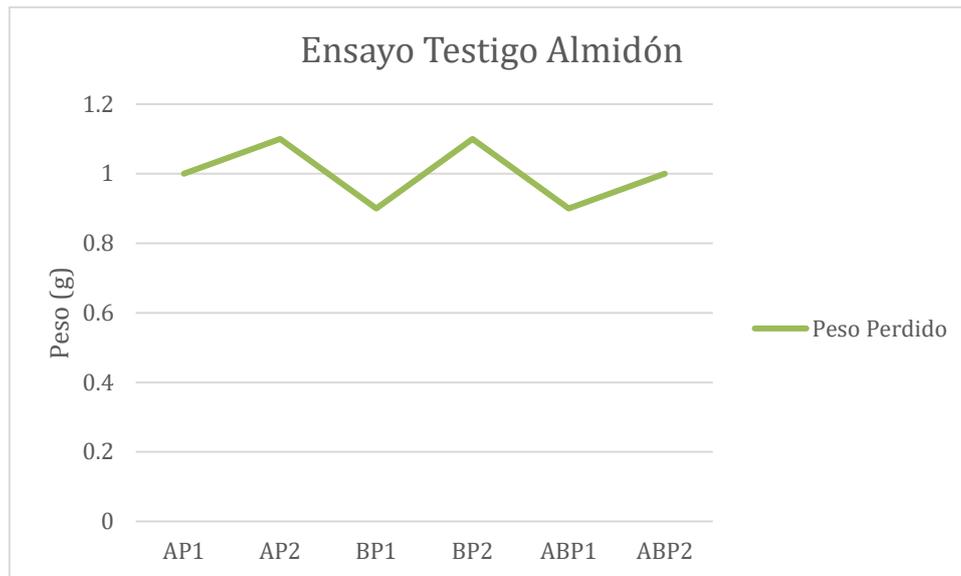


Figura 10. Peso perdido vs Ensayo testigo almidón

El descenso del peso en todas las pruebas es similar, de igual forma la eficiencia, con 3,70% para la cepa A, 3,55% para la cepa B y 3,33% para la cepa AB respectivamente, sin embargo, la cepa AB tuvo una eficiencia menor.

- **Ensayo Testigo Colágeno**

Tabla 18.

Eficiencia de Degradación Ensayo Testigo Colágeno

Ensayo	PESO (g)							%		
	SM+BC	SM+BC+F	ILM	48H	96H	144H	Peso Perdido	%	%	%
AP1	26.60	27.60	27.30	27.00	26.60	1	96.38	3.62	3.78	
AP2	26.90	27.90	27.50	27.20	26.80	1.1	96.06	3.94		
BP1	25.90	26.50	26.10	25.70	25.40	1.1	95.85	4.15	3.93	
BP2	25.90	26.90	26.60	26.30	25.90	1	96.28	3.72		
ABP1	26.40	27.40	27.20	26.80	26.50	0.9	96.72	3.28	3.31	
ABP2	26.00	27.00	26.80	26.40	26.10	0.9	96.67	3.33		

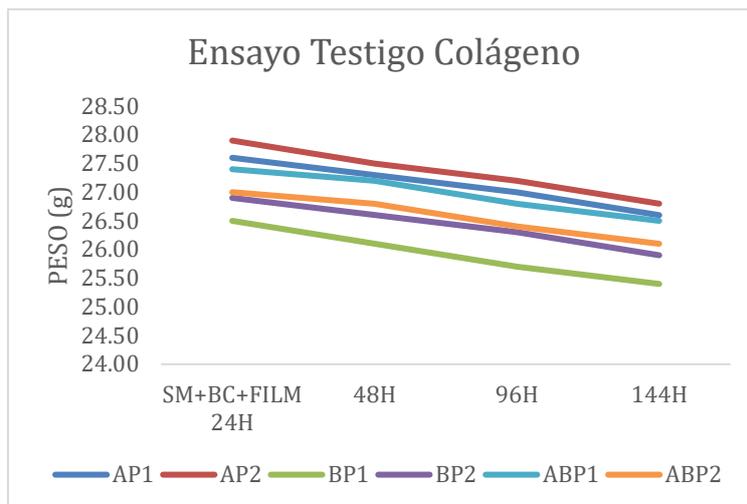


Figura 11. Peso Muestra Testigo Colágeno vs Tiempo

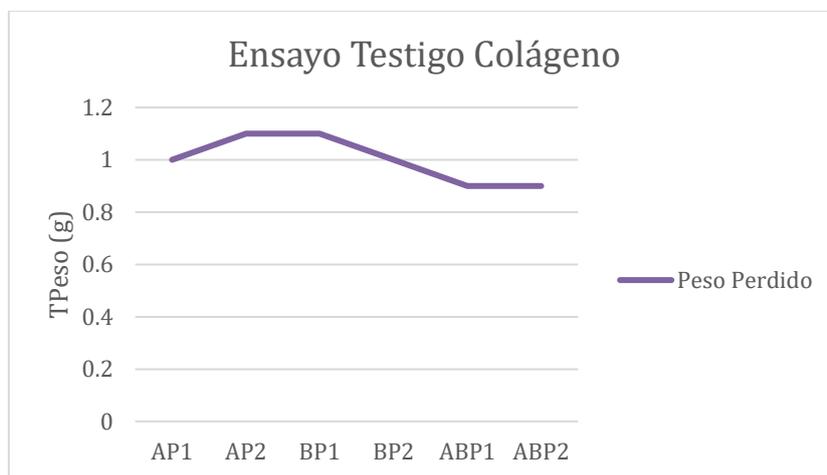


Figura 12. Peso perdido vs Ensayo testigo colágeno

El descenso del peso en todas las pruebas es similar, de igual forma la eficiencia, con 3,78% en la cepa A, 3,93% en la cepa B y 3,3% en la cepa AB respectivamente, siendo la menos eficiente la cepa AB.

4.1.2 Curvas de turbidez para las muestras

- Turbidez Ensayo uno 20% (almidón) y 80% (colágeno)

Tabla 19.

Turbidez 20% (almidón) y 80% (colágeno)

Ensa yo	SM+BC+F				Turbidez Ganada	Promedio de Turbiedad (NTU)
	ILM 24H	48H	96H	144H		
AP1	2216.5	2473 .9	2688 .3	2863. 90	647.4	688.25
AP2	1691.6	1892 .8	2201 .4	2420. 70	729.1	
BP1	1164.5	1300 .6	1453 .6	1622. 90	458.4	513.05
BP2	2219.9	2397 .2	2573 .8	2787. 60	567.7	
ABP1	2220.7	2578 .9	2797 .2	2962. 50	741.8	581.05
ABP2	518.3	695. 3	856. 9	948.6 0	420.3	

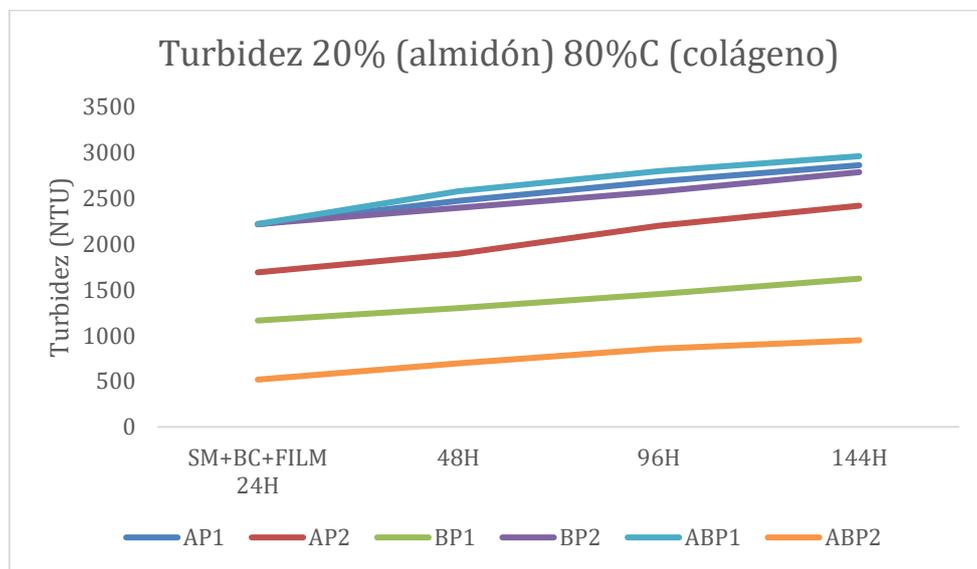


Figura 13. Turbidez Muestra 20%A 80%C vs Tiempo

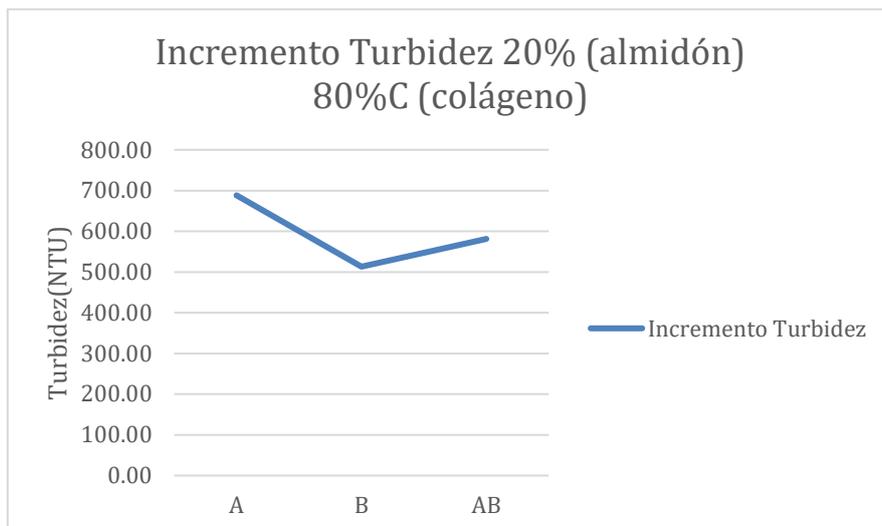


Figura 14. Incremento Turbidez Ensayo 1 vs Cepas

La media de incremento de la turbiedad en la prueba con la cepa A "*Pseudomona sp*" es mayor con 688,25 NTU, en relación con 513,05 y 581,05 NTU de B y AB respectivamente.

- **Turbidez Ensayo dos 50% (almidón) 50% (colágeno)**

Tabla 20.

Turbidez 50% (almidón) 50% (colágeno)

Ensayo	SM+BC+FILM				Turbidez Ganada	Promedio de Turbiedad
	24H	48H	96H	144H		
AP1	2223	2437.9	2612.66	2814.60	592	646.75
AP2	450.7	637.5	843.9	1152.60	701.9	
BP1	1768.5	1893	1942.6	2116.90	348	636.95
BP2	725.2	1163.7	1473.9	1651.10	925.9	
ABP1	694.3	887.9	1191.4	1310.80	616.5	628.05
ABP2	1701.6	1930.3	2107.1	2341.20	639.6	

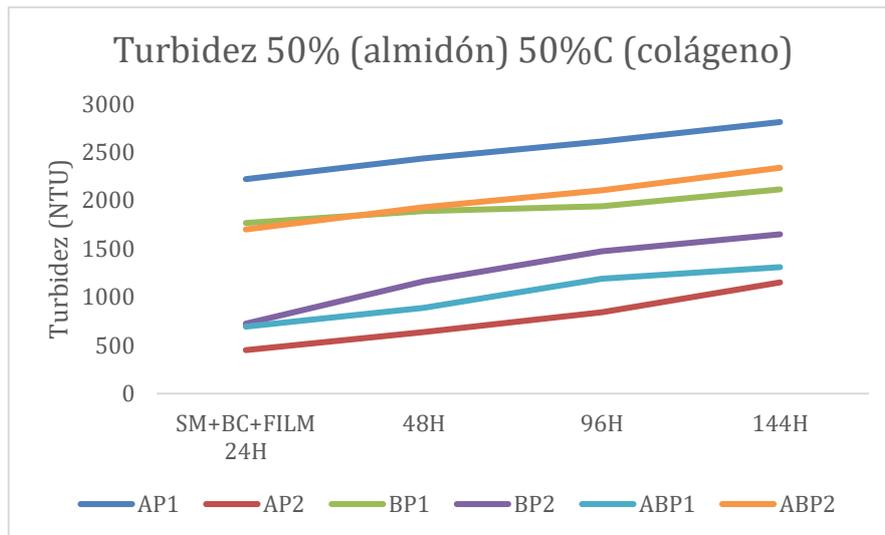


Figura 15. Turbidez Muestra 50%A 50%C vs Tiempo

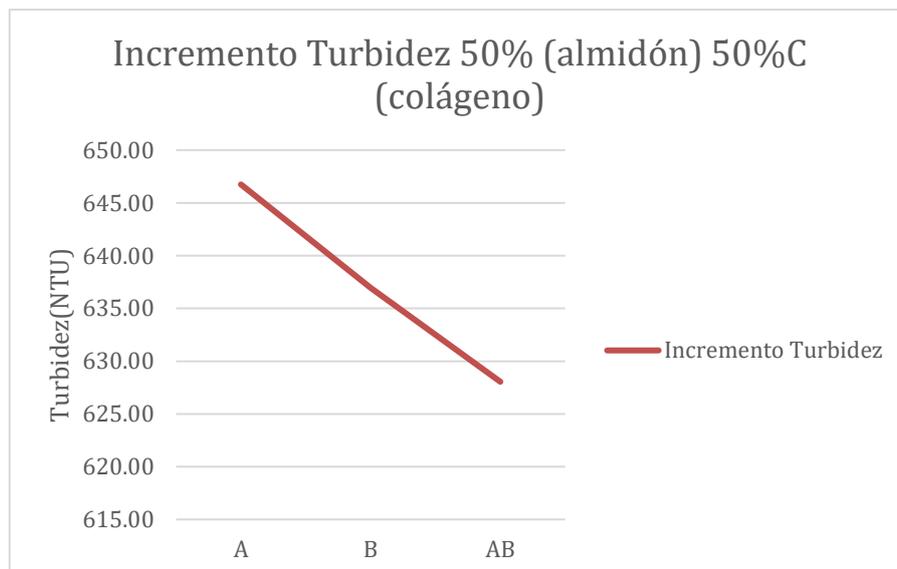


Figura 16. Incremento Turbidez Ensayo 2 vs Cepas

La media de incremento de la turbiedad en las tres pruebas es casi la misma con 646,75 con la cepa A 636,95 con la cepa B y 628,05 con la cepa AB NTU respectivamente.

- **Turbidez Ensayo tres 70% (almidón) 30% (colágeno)**

Tabla 21.

Turbidez 70% (almidón) 30% (colágeno)

Ensa yo	SM+BC+ FILM 24H	48H	96H	144H	Turbidez Ganada	Promedio de Turbiedad
AP1	124	247.4	840.6	1051.0 0	927	1019.65
AP2	359.4	507.4	1054.4	1471.7 0	1112.3	
BP1	1329.9	1566.6	1736.6	2011.3 0	681.4	695.00
BP2	2139.6	2359.9	2516.1	2848.2 0	708.6	
ABP1	1275.5	1493.9	1608.3	1954.8 0	679.3	681.90
ABP2	1561	1859.9	2058.9	2245.5 0	684.5	

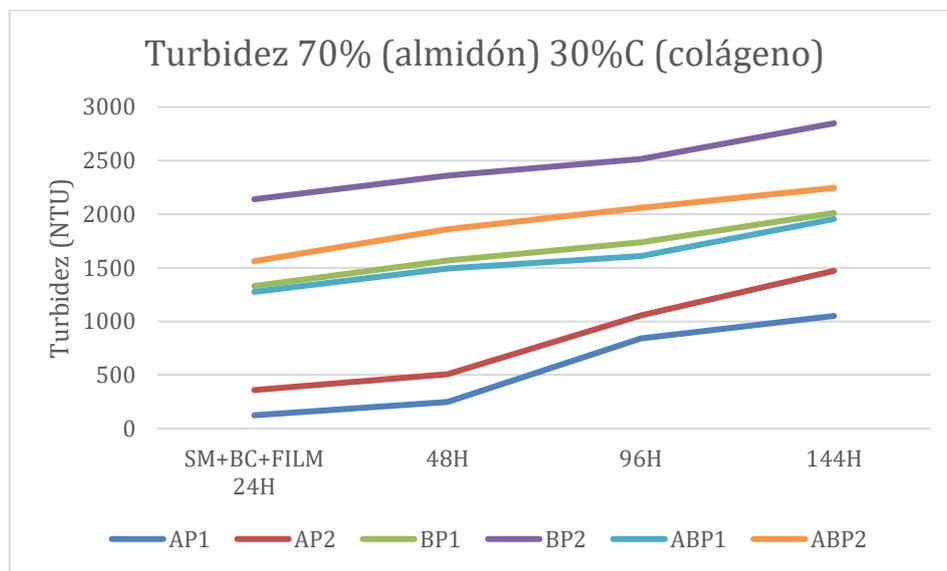


Figura 17. Turbidez Muestra 70%A 30%C vs Tiempo

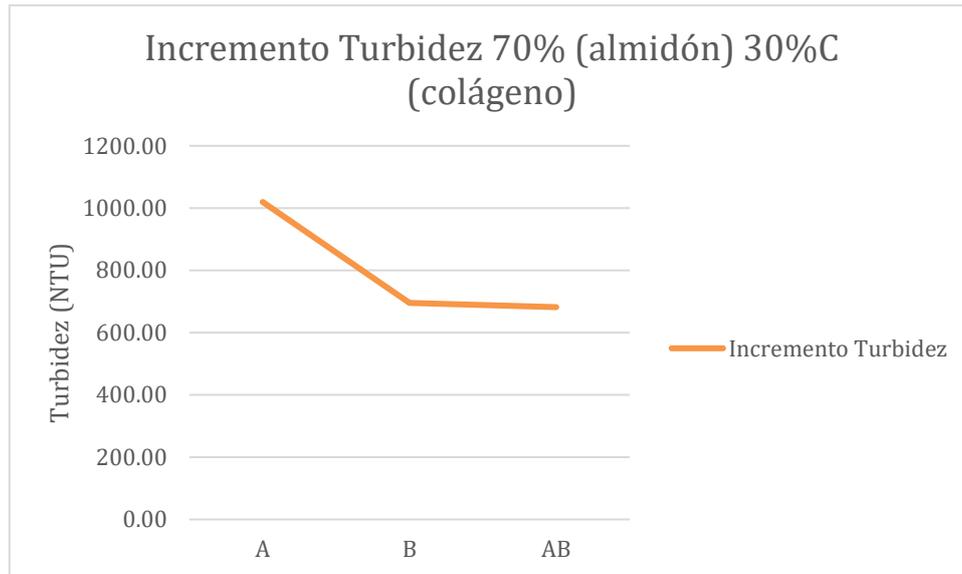


Figura 18. Incremento Turbidez Ensayo 3 vs Cepas

La media de incremento de la turbiedad en la prueba con la cepa A es de 1019,65 NTU, en tanto que en la cepa B es de 695 NTU y en las pruebas AB, 681,9 NTU, siendo casi similar a B.

- **Turbidez Ensayo Testigo Almidón**

Tabla 22.

Turbidez Testigo Almidón

Ensayo	SM+BC+FILM				Turbidez (NTU) Ganada	Promedio de Turbiedad
	24H	48H	96H	144H		
AP1	720.1	919.8	1358.6	1526.40	806	802.85
AP2	803.4	1125.8	1335.3	1603.10	799.7	
BP1	1867.9	2014.8	2325.8	2703.40	835.5	756.60
BP2	1531.9	1791.5	1979.1	2209.60	677.7	
ABP1	1132.2	1287	1583.6	2204.80	1072.6	592.05
ABP2	67.1	96.5	136.4	178.60	111.5	

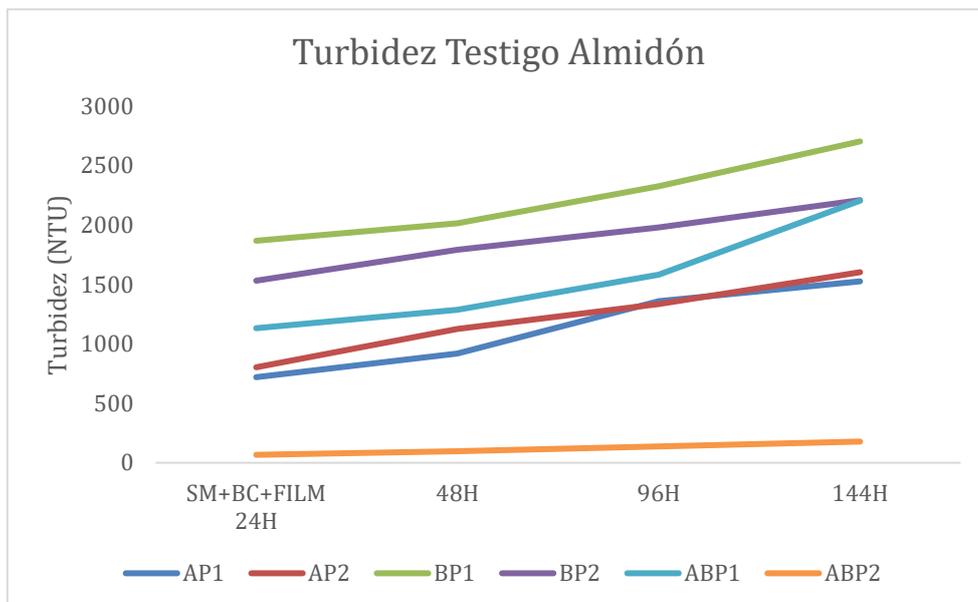


Figura 19. Turbidez Muestra Testigo Almidón vs Tiempo

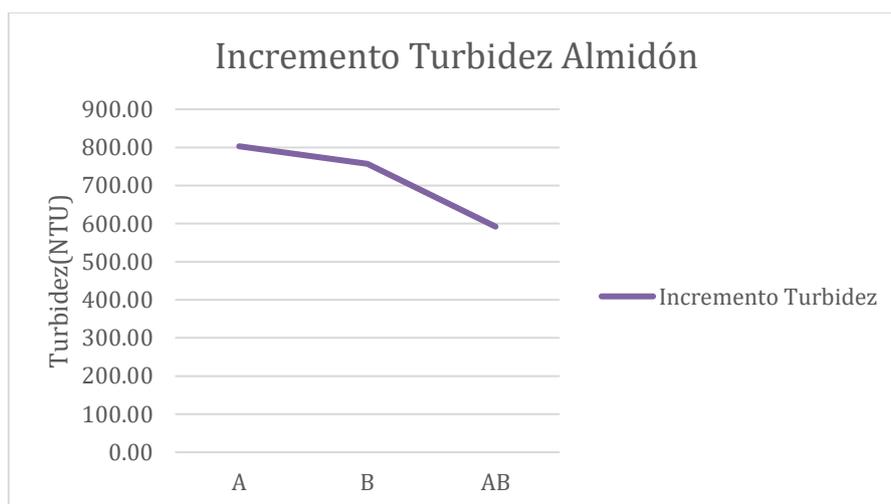


Figura 20. Incremento Turbidez Almidón vs Cepas

La media de incremento de la turbiedad en la prueba con A es mayor con 802,85 NTU, en comparación con 756,6 y 592,05 NTU de B y AB respectivamente.

- **Turbidez Ensayo Testigo Colágeno**

Tabla 23.

Turbidez Testigo Colágeno

Ensa yo	SM+BC+	48H	96H	144H	Turbidez Ganada	Promedio de Turbiedad (NTU)
	FILM 24H					
AP1	1320.9	1519. 75	1875. 04	2063. 98	743.07	789.42
AP2	826.275	1040. 875	1358. 75	1662. 03	835.76	
BP1	1532.7	1693. 75	1864. 65	2113. 63	580.92	650.45
BP2	1654.15	1928. 075	2135. 725	2374. 13	719.97	
ABP 1	1330.675	1561. 925	1795. 125	2108. 23	777.55	622.01

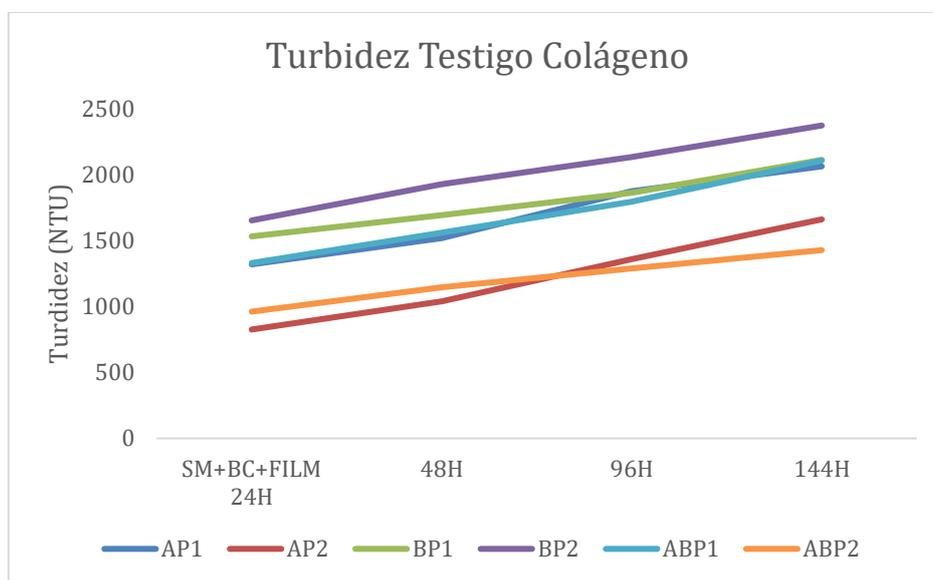


Figura 24. Turbidez Muestra Testigo Colágeno vs Tiempo

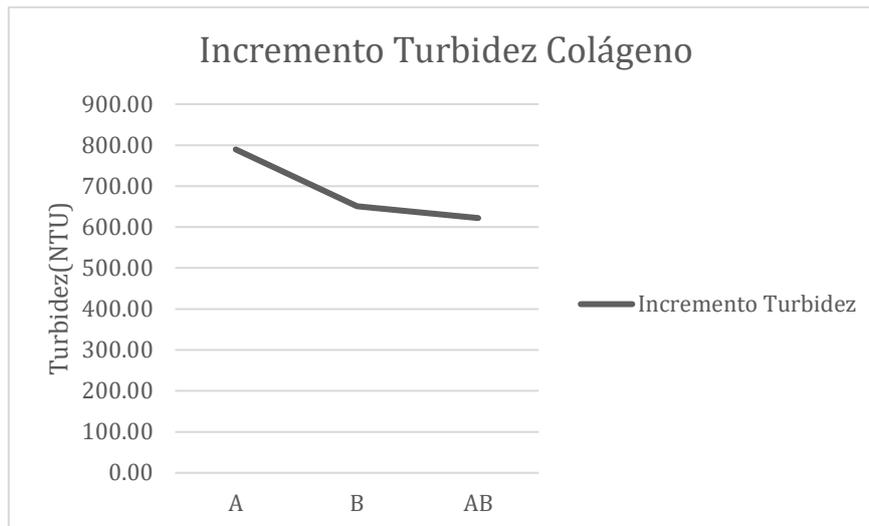


Figura 22. Incremento Turbidez Colágeno vs Cepas

La media de incremento de la turbiedad en la prueba con A "*Pseudomona sp*" es mayor con 789,42 NTU, en comparación con 650,45 y 622,01 NTU de B y AB respectivamente.

4.1.3 Curvas de comparación

- **Comparación de Peso**

Tabla 24.

Media de Diferencia en Peso en ensayos

Cepas	Ensayos					
	70%A 30%C	50%A 50%C	20%A 80%C	Almidón	Colágeno	
A	1.05	1.05	0.9	1.05	1.05	
B	1.1	1.1	0.85	1	1.05	
AB	0.9	0.95	0.95	0.95	0.9	

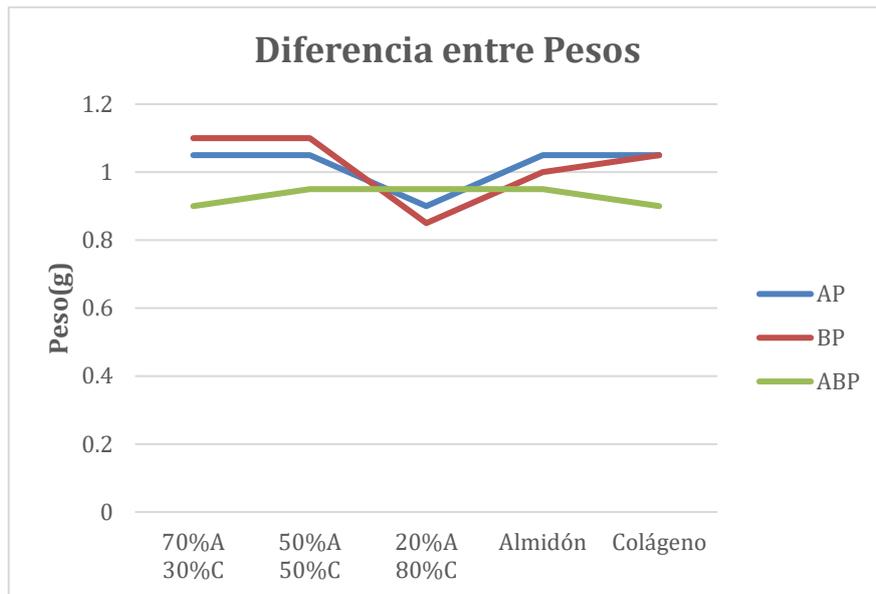


Figura 23. Diferencia de Peso vs ensayos

La media de diferencia de pesos muestra en comparación a los ensayos y las cepas utilizadas nos muestra que la mejor cepa es la B, a su vez, el ensayo que beneficia la biodegradabilidad en cuanto a mayor pérdida de peso en la que contiene 70% de almidón y 30% de colágeno.

- **Comparación de Turbidez**

Tabla 25

Incremento Turbidez en ensayos

Cepas	Ensayos					
	70%A 30%C	50%A 50%C	20%A 80%C	Almidón	Colágeno	
AP	1019.65	646.75	688.25	802.85	789.415	
BP	695	636.95	513.05	756.6	650.445	
ABP	681.9	628.05	581.05	592.05	622.01	

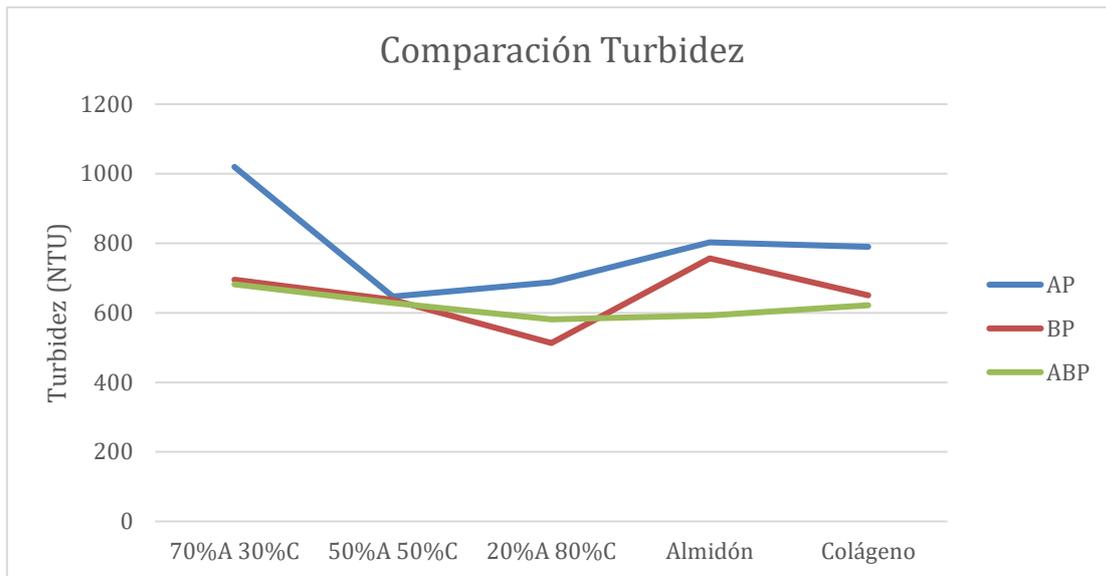


Figura 24. Incremento Turbidez vs ensayos

Al comparar la turbidez se pudo observar que la cepa A "*Pseudomona sp*" es la más efectiva en relación con las otras cepas tanto B "*Stenotrophomonas maltophila*" y la combinación de cepa AB, de igual manera que el ensayo que contiene 70% de almidón y 30% de colágeno es la que mejor turbidez obtuvo.

Se puede establecer que la existe pérdida de peso mayor a 1gr debido a que en estos ensayos respectivamente en dicha muestra existió crecimiento bacteriano afectando así el peso inicial de la muestra por lo cual hay mayor pérdida de peso del valor agregado de plástico inicial que fue 1gr por cada tubo de ensayo.

La relación entre turbiedad y peso que se obtuvo fue que a mayor pérdida de peso mayor turbiedad se observó en las muestras como en el caso del ensayo 70% almidón 30% colágeno que fue la que mejor resultado obtuvo.

El incremento de la turbiedad de la cepa A es mayor en todos los ensayos excepto en el ensayo dos. Esta tendencia se mantiene incluso en los ensayos con los testigos. La combinación de AB, en todos los ensayos experimenta el menor incremento de la turbiedad en todos los ensayos excepto en el dos.

En relación con el descenso del peso de las unidades experimentales de los ensayos; el mayor descenso se observa en las unidades experimentales con B esto debido a que este elimino CO₂, excepto en el ensayo uno. En los ensayos con ambos testigos, los descensos, son similares para ambas cepas. Los resultados de turbiedad, así como de descenso del peso de las unidades experimentales, son evidencia de que el plástico obtenido es biodegradable.

Los elevados valores de turbiedad inicial de las unidades experimentales con la cepa B, son evidencia de la alta concentración de UFCs/ml presentes en la solución, sin embargo, esta concentración no constituye una ventaja en la capacidad de degradar el plástico, por cuanto los valores finales de turbiedad de la cepa A, al final son casi similares a B; lo que atestigua la mejor capacidad de A para degradar el plástico.

4.2 Espesor

Los resultados obtenidos por medio del medidor de espesor de película con pie plano se obtuvo que las muestras eran muy variables por lo cual no se pudo reportar un promedio ni desviación estándar de las muestras sin embargo al analizar los datos se puede concluir que entre las 5 muestras (testigo de almidón, testigo de colágeno, ensayo 20%a 80%c, ensayo 50%a 50%c y 70%a 30%c) la que obtuvo mejor espesor fue la muestra que contiene 20% almidón 80% colágeno que al tener valores más altos permite mayor resistencia en caso de realizar una comparación con un film o una funda ziploc ; tanto que la muestra testigo de almidón obtuvo valores menores por lo cual se puede deducir que su resistencia sería menor.

4.3 Elongación

4.3.1 Porcentaje de elongación

- **Testigo almidón**

$$\% = \frac{(v. \text{elongación} - v. \text{inicial})}{v. \text{inicial}} * 100$$

$$\% = \frac{11.8 \text{ cm} - 6.6 \text{ cm}}{6.6 \text{ cm}} * 100$$

$$\% = 78.79\%$$

- **50% almidón 50% colágeno**

$$\% = \frac{(v. \text{elongación} - v. \text{inicial})}{v. \text{inicial}} * 100$$

$$\% = \frac{13.3 \text{ cm} - 7.4 \text{ cm}}{7.4 \text{ cm}} * 100$$

$$\% = 79.73\%$$

- **70% almidón 30% colágeno**

$$\% = \frac{(v. \text{elongación} - v. \text{inicial})}{v. \text{inicial}} * 100$$

$$\% = \frac{14.3 \text{ cm} - 7.7 \text{ cm}}{7.7 \text{ cm}} * 100$$

$$\% = 85.71\%$$

- **Ziploc**

$$\% = \frac{(v. \text{elongación} - v. \text{inicial})}{v. \text{inicial}} * 100$$

$$\% = \frac{7.5 \text{ cm} - 5.9 \text{ cm}}{5.9 \text{ cm}} * 100$$

$$\% = 27.12\%$$

4.3.2 Área de Muestras

- **Testigo de almidón**

$$A = b * h$$

$$A = 5.5cm * 6.6cm$$

$$A = 36.3cm^2$$

- **50% almidón 50% colágeno**

$$A = b * h$$

$$A = 5.5cm * 7.4cm$$

$$A = 40.7cm^2$$

- **70% almidón 30% colágeno**

$$A = b * h$$

$$A = 5.5cm * 7.7cm$$

$$A = 42.35cm^2$$

- **Ziploc**

$$A = b * h$$

$$A = 5.5\text{cm} * 5.9\text{cm}$$

$$A = 32.45\text{cm}^2$$

4.3.3 Valor de Ruptura

- **Testigo de almidón**

$$\text{ruptura} = \frac{\text{peso}}{\text{área}}$$

$$\text{ruptura} = \frac{134.6\text{ g}}{36.3\text{ cm}^2}$$

$$\text{ruptura} = 3.71 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$$

- **50% almidón 50% colágeno**

$$\text{ruptura} = \frac{\text{peso}}{\text{área}}$$

$$\text{ruptura} = \frac{178.7\text{ g}}{40.7\text{ cm}^2}$$

$$\text{ruptura} = 4.39 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$$

- **70% almidón 30% colágeno**

$$\text{ruptura} = \frac{\text{peso}}{\text{área}}$$

$$\text{ruptura} = \frac{229.7\text{ g}}{42.35\text{ cm}^2}$$

$$ruptura = 5.42 \frac{g}{cm^2}$$

- **Ziploc**

$$ruptura = \frac{peso}{\acute{a}rea}$$

$$ruptura = \frac{108.3 g}{32.45 cm^2}$$

$$ruptura = 3.34 \frac{g}{cm^2}$$

Al realizar la prueba se obtuvo que el bioplástico con mayor valor de elongación es la muestra que contiene 70% almidón y 30% colágeno debido a que su valor de ruptura es de 5.42 g/cm² con espesor de 0.36 mm en comparación a las demás muestras y principalmente a la muestra ziploc que tiene un valor de ruptura de 3.34 g/cm² con espesor de 0.3 mm este plástico siendo de polietileno de baja densidad su elongación es mucho menor a las demás muestras, esto puede variar por el componente del plástico, la variación de espesor que contienen las mismas o por la cantidad de humedad y secado de cada muestra; sin embargo los demás ensayos con variación de porcentaje de contenido de almidón y colágeno muestras igualmente un valor representativo de elongación al ser comparadas con un plástico ya existente.

5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En la elaboración de bioplástico a partir de colágeno y almidón se observó que las muestras que contenían 20% almidón y 80% colágeno no permitían el secado completo de las mismas al 100% sin embargo; su pérdida de peso era del 85% y su turbiedad en comparación a las demás muestras fue la más baja. Los ensayos que contenían 50% almidón y 50% colágeno permiten un secado correcto de las muestras, obteniendo en las pruebas de biodegradabilidad una pérdida de peso del 90%, sin embargo; no cumplía con las expectativas de biodegradabilidad total del plástico.

Las muestras compuestas de 70% almidón y 30% colágeno tuvieron un secado correcto, que visualmente tenía características de un film común, la pérdida de peso no fue del 98%, factor que influyó en su biodegradabilidad, que fue superior en comparación a los demás ensayos, al igual que los valores de turbiedad que fueron altos al comparar con los demás tratamientos; al realizar las pruebas físico - mecánicas de igual forma tuvieron un mayor valor de elongación.

En cuanto a los ensayos de testigos se pueden analizar varios aspectos como fueron en el caso del ensayo del almidón que su secado era el que mejor se asemejaba a un film común, al igual que su peso y turbidez cumplían con los requisitos de biodegradabilidad; así mismo con el ensayo testigo de colágeno, sin embargo la elaboración de dichas muestras presentó varios inconvenientes al momento del secado ya que no tenían las características de un film, ya que era demasiado húmeda la muestra y gomosa, tomando en cuenta que se realizaron varias formulaciones de elaboración del mismo sin tener las características esperadas; a pesar de dichos inconvenientes con la mejor muestra se elaboró las pruebas de biodegradabilidad y se obtuvo buenos resultados.

Con el análisis de dichos factores, concluimos que la mejor mezcla obtenida fue la que contenía 70% almidón y 30% colágeno por características similares a un film y una biodegradabilidad esperada.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar ensayos con otros porcentajes para poder evidenciar cuales serían las diferencias con los ensayos realizados en este proceso de obtención de bioplástico.

Se recomienda realizar la obtención de colágeno de otro producto y validar cuales son las diferencias con el colágeno obtenido por las patas de pollo y como varia el procedimiento del ensayo testigo y la mezcla con almidón de verde.

Se recomienda realizar pruebas de biodegradabilidad en varias condiciones como por ejemplo en compostaje para obtener características de biodegradabilidad y dar una comparación con este procedimiento realizado.

Se recomienda obtener almidón de otra fuente como materia orgánica y analizar la biodegradabilidad de este y los beneficios al mezclar con colágeno para la elaboración de bioplástico.

Se recomienda al colágeno dejarlo secar dentro de una estufa para mejorar el secado y evitar daños en las muestras o contaminación de estas.

Se recomienda la elaboración de las muestras en varios tipos de envases para el momento de secado conocer cuál de estos dio mejor resultado facilitando la extracción del plástico y tamaño adecuado de muestras.

Se recomienda el uso de glicerina como plastificante para mejorar la dureza de los plásticos elaborados y una mejor textura de este material a elaborarse.

REFERENCIAS

- Aguilar, R. (2015). Producción bananera en el Ecuador. Recuperado el 23 de abril de 2019 de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8766/1/TRABAJO%20DE%20TITULACION%20ROBERT%20AGUILAR.pdf>
- Aillon, M. (2012). Propuesta E Implementación De Un Proyecto Comunitario Que Se Dedicará a La Crianza, Producción Y Comercialización Avícola En La Parroquia De Ascázubi. Recuperado el 12 de abril de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1473/1/T-UCE-0003-272.pdf>
- Araujo, K., y Aiello-mazzarri, C. (2015). Quitina y Quitosano polímeros amigables Recuperado el 22 de abril de 2019 de <https://www.researchgate.net/publication/282979742>
- Bello, A. (2008). Estudios Estructurales de Almidon Mango. Recuperado el 10 de julio de 2019 de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3598/ESTUDIOSESTRUCTURALES.pdf?sequence=1>
- Bennett, D. M. (2014). Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo. *British Journal of Psychiatry*, 205(01), 76–77. Recuperado el 6 de diciembre de 2018 de https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0007125000277040/type/journal_article
- Carmen, E., y Manabí, D. (2017). Evaluación de tres productos eliminadores de látex en el manejo poscosecha del plátano barraganete en el cantón El Carmen, provincia de Manabí. Recuperado el 22 de mayo de 2019 de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7716/1/T-UCSG-PRE-TEC->

AGRO-121.pdf.

Castillo, R. (2015). Bioplastico a base de la cascara del platano, 1(2015), 1–5. Recuperado el 9 de diciembre de 2018 de <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/346/html>

Charro, M. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. Recuperado el 24 de enero de 2019 de <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

Coreño, J. (2010). Relación estructura-propiedades de polímeros. Educación Química, 21(4), 291–299. Recuperado el 22 de abril de 2019 de [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30098-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30098-3)

Fleeson, W. (2017). Obtención de colágeno de las patas de pollo con la aplicación de niveles de 2, 4, 6% de pepsina. Recuperado el 6 de noviembre de 2018 de <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02280.x>

Gutierrez, J. (2013). Bioegradación de polietileno de baja densidad por consorcios microbianos, 58. Recuperado el 05 de mayo de 2019 de <http://repositorio.unan.edu.ni/2722/1/71958.pdf>

Hachi, J. G., y Rodriguez, J. D. (2010). Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato(Pet). Recuperado el 11 de abril de 2019 de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>

Hernández, K. (2013). Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azucar, papel y oxo-biodegradables. Recuperado el 14 de mayo de 2019 de https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_hernandez_tomas.pdf

INEN, N. (2012). Método de Ensayo para las Propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas. Recuperado el 24 de enero de 2019 de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/249439/NTE+INEN+2641.pdf/b98ed8aa-87fe-4126-96b5-2dd1fe52c9f5>

Meza, M. (2013). Biodegradabilidad de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias presentes en humus de lombriz y gallina. Recuperado el 14 de mayo de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6261/1/T-ESPE-038954.pdf>.

López, F. (2014). Fundamentos de polímeros. Recuperado el 22 de abril de 2019 de <https://www.researchgate.net/publication/262639386>

Macías Andrade, E. F. (2015). Incidencia de colágeno de pollo y temperatura del proceso en la calidad proteica de salchichas escaldadas, 72. Recuperado el 22 de mayo de 2019 de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/442/1/TAI97.pdf>

Mendoza, J. (2014). Desarrollo de un recubrimiento anticorrosivo base agua auto-reticulable a temperatura ambiente. Recuperado el 19 de febrero de 2019 de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/57/1/Tesis%20M.C%20JUAN%20JOS%C3%89.pdf>

Miranda, J. (2015). Reacciones y sus mecanismos en la degradación de polímeros, 77. Recuperado el 7 de octubre de 2018 de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/18230/25-116842.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moreira, K. (2013). Reutilización de residuos de la cáscara de bananos (musa paradisiaca) y plátanos (musa sapientum) para la producción de alimentos

destinados al consumo humano. Recuperado el 15 de junio de 2019 de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3666/1/11113.pdf>

Navia, D. (2011). Desarrollo de un material para empaques de alimentos a partir de harina de yuca y fibra de fique. Recuperado el 22 de abril de 2019 de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/8845/TESIS%20MAESTR%c3%8dA%20Diana%20Navia.pdf?sequence=1>

Osejos, P. (2009). Plan De Manejo Ambiental Para La Empresa "L.P. Marcelo Pacheco Cia. Ltda. (Avícola La Pradera)," 87. Recuperado el 1 de mayo de 2019 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1864/1/CD-2437.pdf>

Perez Villa, M. V., y Villegas Calle, R. A. (2009). Procedimientos para el manejo de residuos orgánicos avícolas. Recuperado el 8 de mayo de 2019 de http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1411/1/PerezMaria_2009_ProcedimientosManejoResiduos.pdf

Pizá, Hamlet Rolando, S., Ramirez, Claudia Villanueva, S., y Zapata, A. (2017). Análisis Experimental De La Elaboración De Bioplástico a Partir De La Cáscara De Plátano Para El Diseño De Una Línea De Producción Alterna Para Las Chifleras De Piura, Perú. Recuperado el 9 de diciembre de 2019 de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramón, A. (2018). Optimización del método para la obtención de grenetina a partir de residuos avícolas para su aplicación en la elaboración de gelatinas saborizadas. Recuperado el 9 de enero de 2019 de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31075/1/Trabajo%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Rivera, R. (2012). Reciclaje de plásticos, 97. Recuperado el 4 de mayo de 2019

de

http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_63_186_28_558.pdf

Román, D. (2016). Estudio de factibilidad económica financiera para una plantación de plátano. Recuperado el 22 de abril de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/10232/1/Rom%c3%a1n%20C%c3%a1rdenas%20Darwin%20Vicente.pdf>.

Valenzuela, T. (2016). Caracterización biofísica y económica del sistema de producción de carne de pollo y de huevos en la provincia de Pichincha. Recuperado el 13 de abril de 2019 de <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.7.041008>

Velastegui, A. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. Dominio de Las Ciencias, ISSN-e 2477-8818, Vol. 3, N°. 2, 2, 2017, Págs. 506-525, 3(2), 506–525. Recueprado el 15 de enero de 2019 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325873>

Villada, H., Acosta, H. A., y Velasco, R. J. (2007). Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. Recuperado el 12 de diciembre de 2018 de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v35n4/art01.pdf>

Zabala, J. (2018). La industria del reciclaje en la ciudad de Quito , propuesta de modelo de negocio para la industria de reciclaje de plástico PET. Recuperado el 10 de julio de 2019 de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6118/1/T2624-MBA-Zabala-La%20industria.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Obtención de cascaras de verde y preparación para el proceso experimental



1. Cascara de verde



2. Rayado de cascara



3. Inmersión en ácido cítrico



4. Deshidratación de endocarpio



5. Molienda de las tiras de endocarpio



6. Almidón de verde

Anexo 2. Obtención de colágeno de las patas de pollo y preparación para el proceso experimental



1. Obtención de patas de pollo



2. Retiro de uñas de las patas de pollo



3. Colocación de hidróxido de sodio



4. Colocación de ácido clorhídrico



5. Obtención de colágeno



6. Laminado de colágeno

Anexo 3. Elaboración de plástico



1. Pesado de colágeno



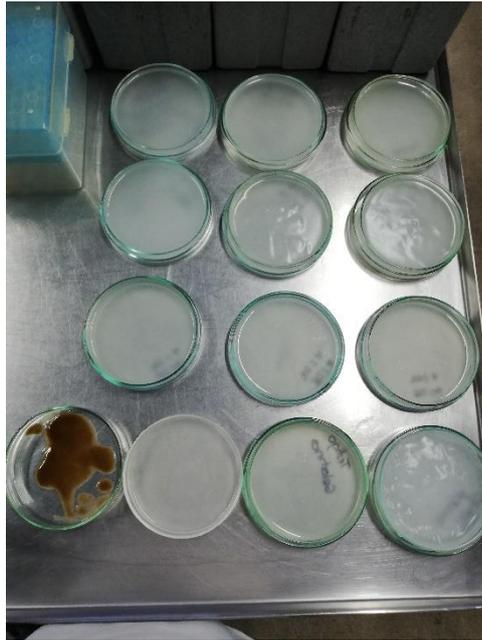
2. Colocación de 10 gr de colágeno para ensayos



3. Peso de almidón de verde



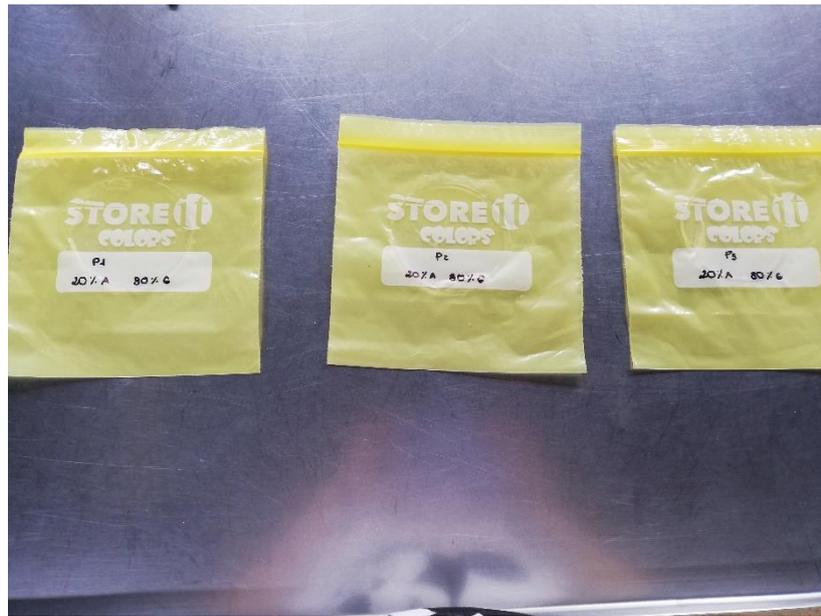
4. Elaboración de plástico



5. Muestras de plástico



6. Ensayo 70% almidón y 30% colágeno



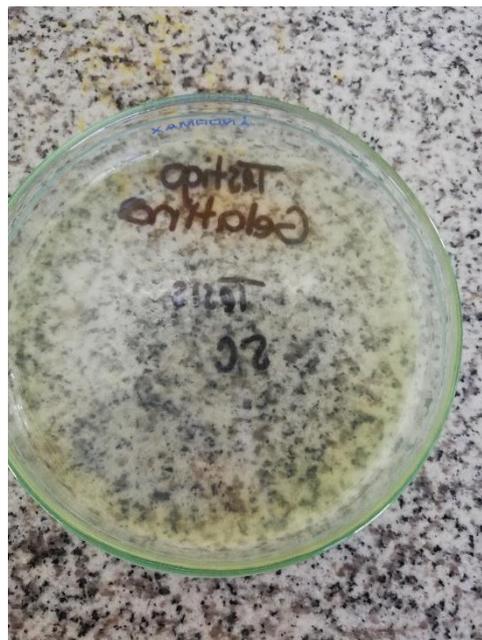
7. Ensayo 20% almidón y 80% colágeno



8. Ensayo 50% almidón y 50% colágeno



9. Ensayo de testigo de almidón



10. Ensayo de testigo de colágeno

Anexo 4. Elaboración de pruebas de biodegradabilidad



1. Colocación de solución mineral



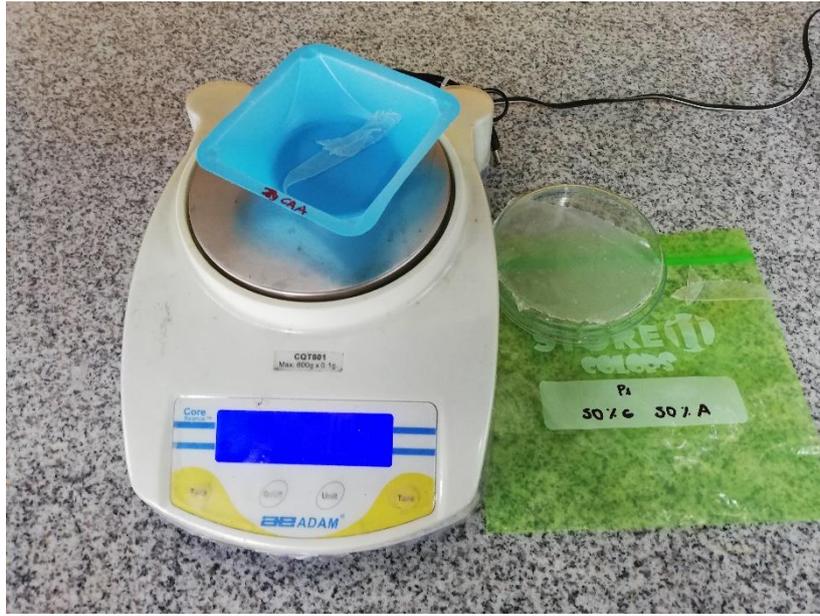
2. Colocación de la bacteria



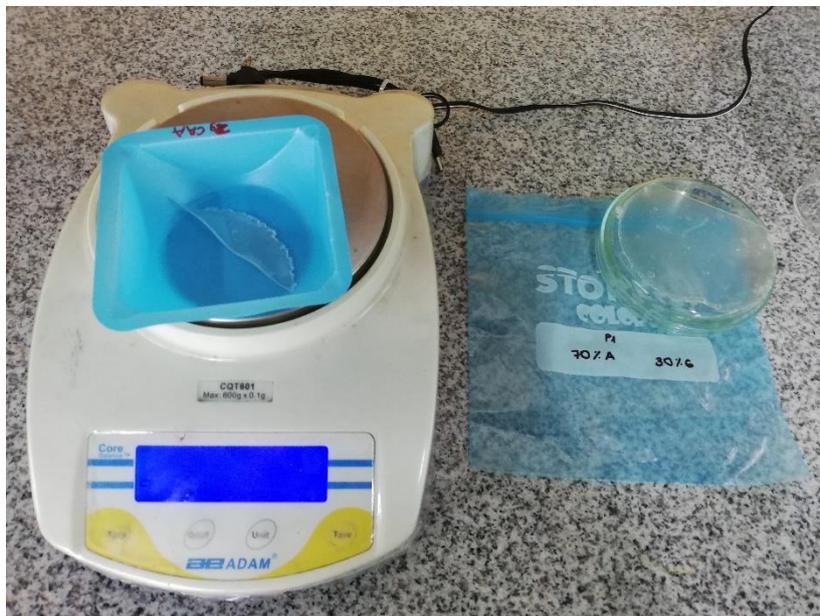
3. Pesaje 1gr muestra 20% almidón y 80% colágeno



4. Pesaje 1 gr muestra testigo almidón



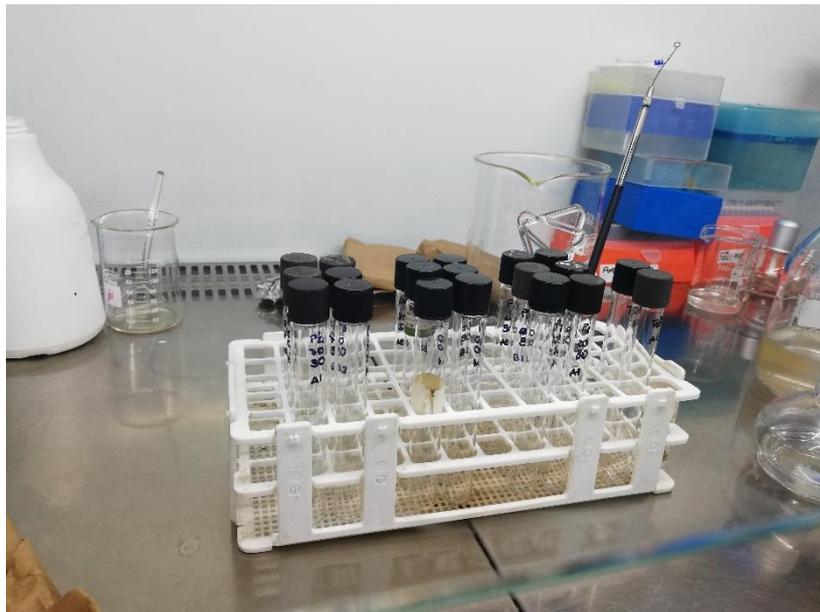
5. Pesaje 1 gr muestra 50% almidón y 50% colágeno



6. Pesaje 1 gr muestras 70% almidón y 30% colágeno



7. Toma de turbidez de las muestras



8. Muestras para pruebas de biodegradabilidad

Anexo 5. Pruebas de espesor



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS
C I A P



Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253
Personas de Contacto: Tlga. Elizabeth Venegas
Troncal: 2978300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es
Quito- Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

ORDEN DC-OT0045-2019

Proforma:	DC-P0686-2019
Empresa solicitante:	Stephanie Carvajal
Dirección:	Av. de la Real Audiencia
Fecha de recepción de muestra:	12-06-2019
Fecha de entrega de resultados:	24-06-2019
Análisis solicitados:	Espesor de película con pie de presión plano

Importante: Los resultados que constan en el presente informe conciernen exclusivamente a las muestras, artículos o materiales entregados al CIAP y no se extienden a los lotes de producción o marcas. La reproducción total o parcial de este informe se la hará previa la autorización expresa del DECAB de la E.P.N.



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS
C I A P



Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253
Personas de Contacto: Tíga. Elizabeth Venegas
Troncal: 2976300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es
Quito- Ecuador

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

ORDEN: DC-OT0045-2019

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO(S)

No. muestra	ID muestra	Descripción de muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
1	DC-MU5095	TESTIGO DE ALMIDÓN	Espesor de película con pie de presión plano o semiesférico	CIAP
2	DC-MU5096	TESTIGO DE COLÁGENO	Espesor de película con pie de presión plano o semiesférico	CIAP
3	DC-MU5097	ENSAYO 20%A 80%G	Espesor de película con pie de presión plano o semiesférico	CIAP
4	DC-MU5098	ENSAYO 50%A 50%G	Espesor de película con pie de presión plano o semiesférico	CIAP
5	DC-MU5099	ENSAYO 70%A 30%G	Espesor de película con pie de presión plano o semiesférico	CIAP

1. Espesor

Metodología:

- Se tomaron al azar 20 medidas del espesor, directamente sobre las muestras entregadas por el cliente.

Equipos:

- Medidor de espesor de película con pie de presión plano

Resultados:



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS
C I A P



Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253
Personas de Contacto: Tlga. Elizabeth Venegas
Troncal: 2976300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es
Quito- Ecuador

Muestra	Espesor ⁽¹⁾ (mm)
Testigo de almidón (m1)	0,643
Testigo de almidón (m2)	0,333
Testigo de almidón (m3)	0,195
Testigo de almidón (m4)	0,178
Testigo de colágeno (m1)	0,396
Testigo de colágeno (m2)	0,265
Testigo de colágeno (m3)	0,113
Testigo de colágeno (m4)	0,638
Ensayo 20%a 80%g (m1)	0,385
Ensayo 20%a 80%g (m2)	0,574
Ensayo 20%a 80%g (m3)	0,401
Ensayo 20%a 80%g (m4)	0,576
Ensayo 50%a 50%g (m1)	0,208
Ensayo 50%a 50%g (m2)	0,413
Ensayo 50%a 50%g (m3)	0,524
Ensayo 50%a 50%g (m4)	0,398
Ensayo 70%a 30%g (m1)	0,399
Ensayo 70%a 30%g (m2)	0,276
Ensayo 70%a 30%g (m3)	0,476
Ensayo 70%a 30%g (m4)	0,280

Nota (1): Las muestras presentan espesores muy variables por lo que no se reporta ni el promedio ni la desviación estándar.

PROFESIONAL RESPONSABLE
DEL ANÁLISIS


Tlga. Elizabeth Venegas

AUTORIDAD AUTÉNTICADORA
(DIRECTOR CIAP)


Ing. Francisco Quiroz

