

Artículo de revisión

Obtención y extracción de almidón de *Manihot Esculenta Crantz* para sintetizar polímeros biodegradables, ayudando a disminuir la contaminación de plásticos en Bucaramanga, Santander

Obtaining and extraction of starch from *Manihot Esculenta Crantz* to synthesize biodegradable polymers, helping to reduce plastic pollution in Bucaramanga, Santander

 **Andrés Felipe López Bermúdez**
Colegio de La Presentación, Bucaramanga, Santander, Colombia

 **Osbaldo Arnulfo Fino Medina**
Colegio de La Presentación, Bucaramanga, Santander, Colombia

 **Laura Andrea Blanco Gómez**
Colegio de La Presentación, Bucaramanga, Santander, Colombia

Aceptado: Diciembre de 2023

Recibido: Octubre de 2023

Julio - Diciembre

Vol. 2 Núm. 2 – 2023

<https://doi.org/10.56275/fitovida.v2i2.29>

RESUMEN

La contaminación es uno de los mayores problemas de hoy en día, tiene un riesgo ambiental y social para todos los países del mundo, es mayormente constituida por los residuos no biodegradables, como lo es el plástico. Por lo tanto, se buscó una forma de reemplazar este residuo por uno que fuera biodegradable y que no hiciera daño al ambiente. El objetivo de nuestro proyecto fue la obtención y extracción de almidón de yuca para sintetizar polímeros biodegradables, para ayudar a disminuir la contaminación de plásticos en Bucaramanga Santander. Y Los pasos que se realizaron para lograr este objetivo fueron los siguientes: extracción de almidón de yuca por método casero, realizar procesos de síntesis sobre el almidón para poder transformarlo en un polímero, por último, la ejecución de pruebas sobre el polímero. Se obtuvo de este proyecto una masa de apariencia lisa y marrón la cual era la muestra del polímero de almidón de yuca con un porcentaje 80/20 de almidón y glicerol. Este proyecto ha podido aportar diferentes maneras de sintetizar el polímero biodegradable a base de almidón de yuca para la creación del plástico biodegradable.

Palabras clave: Yuca, Amilosa, Amilopectina, Polímero biodegradable.

ABSTRACT

Pollution is one of the biggest problems today, it has an environmental and social risk for all countries in the world, it is mostly made up of non-biodegradable waste, such as plastic. Therefore, a way was sought to replace this waste with one that was biodegradable and did not harm the environment. The objective of our project was to obtain and extract cassava starch to synthesize biodegradable polymers, to help reduce plastic pollution in Bucaramanga Santander. And the steps that were carried out to achieve this objective were the following: extraction of cassava starch by the homemade method, carrying out synthesis processes on the starch to be able to transform it into a polymer, finally, the execution of tests on the polymer. From this project, a mass with a smooth and brown appearance was obtained, which was the sample of the cassava starch polymer with an 80/20 percentage of starch and glycerol. This project has been able to provide different ways of synthesizing the biodegradable polymer based on cassava starch for the creation of biodegradable plastic.

Keywords: Yucca, Amylose, Amylopectin, Biodegradable polymer.

INTRODUCCIÓN

Las palomas son animales que han sido domesticados y esta La contaminación paso de ser un problema leve, a ser una de las mayores amenazas del ser humano hoy en día. El mayor contaminante de este problema es el plástico, ya que sus características únicas hacen que pueda durar en la tierra entre 100 y 1000 años antes de descomponerse, lo que lo hace un material peligroso para las fuentes hídricas y el medio ambiente en sí.

El plástico es un material constituido por una serie de compuestos sintéticos o semisintéticos que lo vuelven maleable y por tanto susceptible a cambios de forma. Esos compuestos que conforman al plástico, no solo le dan esta capacidad de durar tanto tiempo y ser peligroso para el ambiente, sino que también al ser expuestos a altas temperaturas, liberan gases que contienen partículas tóxicas que pueden llegar a causar cáncer por inhalación.

Colombia no se salva de sufrir este problema, ya que Santander produjo en el 2017, 1.008 toneladas de plástico al día, pero, aun así, la cifra, más alta es de 1.558 toneladas al día, eso fue comprobado por la EMAB (empresa de aseo de Bucaramanga), según los expertos de la Efe, las personas de Colombia consumen 24 kilos de plástico por persona al año, por lo cual la población colombiana, podría padecer un "tsunami" ambiental, por parte de la contaminación de ríos y mares con este material.

Las causas de la problemática son, el sobreconsumo de plástico, mala gestión de los residuos plásticos, falta de conciencia ciudadana y política.

Las causas mencionadas traen por consecuencia islas gigantes de plástico, pérdida de biodiversidad, amenazas a la salud pública, contribución al efecto invernadero ya que su quema genera gases de efecto invernadero, asociación por contaminantes peligrosos ya que el plástico puede absorber otros contaminantes que previamente se encuentran en el medio ambiente, como los insecticidas DDT y otros organoclorados.

La utilización del almidón de yuca para la producción de bioplásticos representa una perspectiva prometedora en la búsqueda de alternativas sostenibles a los plásticos convencionales derivados de los recursos no renovables. La estructura del almidón está compuesta principalmente de amilosa y amilopectina, polisacáridos formados por unidades de glucosa.

La amilosa, con su estructura lineal, (Avilés, G. R. 2006) confiere propiedades de rigidez y fuerza al bioplástico, mientras que la amilopectina, con su estructura ramificada, contribuye a la flexibilidad y maleabilidad del material resultante. La abundancia de enlaces de glucosa genera almidón (Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. 2008) reduciendo así la carga ambiental.

Esta investigación explorará el almidón de yuca como una opción viable y ecológica para la producción de bioplásticos, ofreciendo una visión valiosa hacia la

sostenibilidad y la gestión responsable de los recursos naturales en la industria de los materiales.

METODOLOGÍA

Tipo y enfoque de investigación

La investigación se enmarca como un estudio experimental con un enfoque cualitativo, centrado en la obtención y extracción de almidón de *Manihot Esculenta* Crantz (yuca) para la síntesis de polímeros biodegradables. La experimentación comprende la manipulación controlada de variables para la producción de bioplásticos, seguida de pruebas cuantitativas para evaluar propiedades clave como resistencia y flexibilidad. En paralelo, se adopta un enfoque cualitativo al considerar el impacto ambiental y social de la implementación de estos bioplásticos en Bucaramanga, Santander.

Diseño metodológico

Etapas para el desarrollo:

ETAPA 1: Estudio de propiedades

Esta etapa se basó en análisis e investigación donde principalmente se averiguaron las características y propiedades físicas y químicas del *Manihot Esculenta* Crantz y los plastificantes, para ser útiles como reactivos, investigándose las propiedades de la yuca, para saber cómo serían las reacciones y como intervendrían en el proceso, así mismo también se consultó al respecto de múltiples plastificantes y sus características para saber cuáles serían útiles como reactivos dentro de la reacción, se mirando la utilidad, accesibilidad y eficacia de acuerdo a nuestros parámetros.

1. Propiedades del almidón de *Manihot Esculenta* Crantz:

Determinar las propiedades específicas que caracterizan al almidón de *Manihot Esculenta*, como contenido de humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, cenizas, amilosa y amilopectina.

2. Plastificantes:

- Se hará un estudio al respecto de varios plastificantes, donde consultaremos bastantes alternativas, como por ejemplo el agua, la glicerina y el alcohol polivinílico (PVA)
- se analizarán sus funciones y utilidad frente a nuestro polímero teniendo en cuenta sus propiedades, ya que algunos no pueden mezclarse porque pueden resultar contraproducentes, por ejemplo, se consultarán las propiedades del agua, la glicerina y el alcohol polivinílico (PVA), para saber según nuestras condiciones cual sería el más apto para uso como reactivo y como este influiría en nuestro polímero, ya que cada uno aporta algo diferente según sus propiedades.
- Se determino la cantidad de plastificantes necesarios como reactivos y la cantidad de estos dentro de la mezcla como sería que no deben exceder el 20 % del peso total, además de que si se quieren combinar

algunos plastificantes para mejorar las propiedades del polímero hay que tener en cuenta esto.

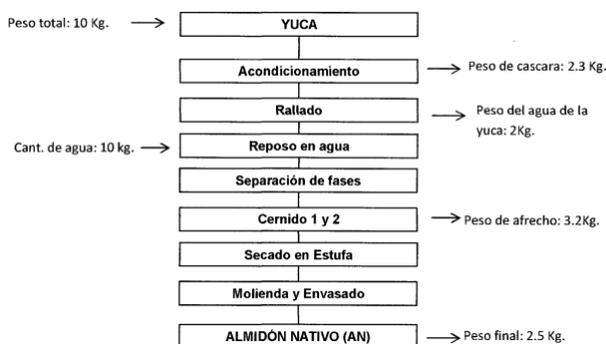
ETAPA 2: Metodología de extracción

Extracción

- La extracción se realiza mediante el método que se utilizara es el método húmedo ya que es un método que no requiere de procesos industriales y se puede hacer en un entorno más sencillo y casero.
 - ✓ Se buscó yuca de plazas de mercado en descomposición teniendo la yuca (verificando que este en las mejores condiciones frente a tamaño) se procederá a realizarle un acondicionamiento el cual consistirá en pesar lavar y pelar la yuca para dejarla impecable y libre de algún agente contaminante.
 - ✓ La yuca se rallarla de manera en que se libere el almidón; después en un recipiente con agua, se lavó la ralladura de yuca la cual formara una lechada de almidón en el agua con el tiempo entonces esta se dejó reposar por 5 horas.
 - ✓ Después del tiempo de espera se separó en un colador (filtrado) las fibras y proteínas que las raíces contienen para dejar solo el almidón.
 - ✓ Tras haber separado lo de las raíces la lechada de almidón se pasará a otro recipiente con malla con el fin de retener impurezas y que estas no permanezcan.
 - ✓ Teniendo el almidón limpio en el agua en otro recipiente se procedió a separarlo por sedimentación, en donde se obtuvieron gránulos de diversos tamaños sedimentados en el fondo. En este proceso se generan productos como el afrecho y el almidón el cual es el que nos interesa.
 - ✓ Se recogió los gránulos de almidón de diversos tamaños y se someterán a un secado en la estufa a 45°C durante 24 horas.
 - ✓ Luego del secado se procedió a moler el almidón quedando en un fino polvillo que luego se envaso y se usó para la síntesis.

Figura 1

Resumen de metodología de extracción



ETAPA 3: Procesamiento y síntesis.

Se tomará en cuenta 2 procedimientos para sintetizar almidón y varios detalles sobre ellos para tener 2 posibles alternativas al momento de desarrollar la síntesis además

estas 2 síntesis también se pueden combinar para tener un polímero doblemente modificado.

Modificación del Almidón por Oxidación con hipoclorito de sodio

El almidón de yuca se sometió a un proceso de oxidación con hipoclorito de sodio (NaOCl) a concentración de cloro activo a 1.5 % p/v Se pesará 200 g de almidón en un vaso de 2L, y se agregó 371 g de agua destilada para tener un peso final de 571 g. Esta mezcla se mantuvo a una temperatura de 35°C y se ajustó a un pH de 9.5 con NaOH 2N. Luego se adiciono lentamente 100 ml de hipoclorito de sodio a una concentración de cloro activo de 1.5% p/v en 30 min luego se esperó 50 min para filtrar por succión con un filtro Buchner (con un papel Whatman # 4), después se lavará la mezcla con agua destilada y después se secará en una estufa a 40 °C por 48 h. Cuando se secó el almidón, este fue molido y tamizado en malla para homogenizar el tamaño de partícula y se almacenara para realizar las próximas pruebas fisicoquímicas y mecánicas

Determinación de grupos carbonilo

$$\% \text{ Carbonilos} = \frac{[(\text{Blanco} - \text{Muestra}) \text{ mL} \times N \text{ del ácido} \times 0.028 \times 100]}{\text{Peso de la muestra (base seca)g.}}$$

Determinación de grupo carboxilo

$$\frac{\text{Miliequivalente de acidez}}{100 \text{ g de almidon}} = \frac{[(\text{Muestra} - \text{Blanco}) \text{ mL} \times N \text{ NaOH} \times 100]}{\text{Peso} - \text{muestra (base seca)g.}}$$

$$\% \text{ Carboxilos} = \frac{[\text{Miliequivalentes de acidez}]}{100 \text{ g de almidon}} \times 0.045$$

Modificación del Almidón por Acetilación

Se pesó 162g de almidón y se adicionara 220 ml de agua destilada a temperatura ambiente después se mezcló uniformemente mediante agitación magnética constante durante toda la modificación luego Se ajustó el pH a 8 con solución de NaOH al 3% y se adicionara 0.1 moles de anhídrido acético gota a gota y simultáneamente se añadirá NaOH al 3% para mantener el pH entre 8.0 y 8.4 tras esto la solución se centrifugo durante 15 min a 1500 rpm para luego proceder a decantar el sobrenadante. Después se resuspende en agua destilada y luego se centrifugo para terminar se repetio el procedimiento dos veces más. El almidón obtenido se secó en la estufa a 45°C durante 24 h y luego se molió y tamizo en malla 100.

Determinación del grado de sustitución

Donde:

162 = Peso molecular de la unidad de anhidra glucosa

4300 = 100 x peso molecular del grupo acetil

42 = Peso molecular del grupo acetil- 1

Determinación del porcentaje del grupo acetilo

$$\% \text{ Acetil} = \frac{(\text{mL blanco}) - (\text{mL de muestra}) \times N \text{ del HCl} \times 0.043 \times 100}{\text{Muestra (base seca)g.}}$$

Donde: 0.043 = miliequivalente del grupo acetil

Obtención de muestras biodegradables

Con el almidón modificado con alguno de los dos anteriores métodos o con ambos se procederá a añadir dicho almidón y un plastificante el cual será el glicerol para obtener una muestra, para esto la mezcla se someterá a calentamiento a gocc por 10 min en constante agitación y se colocará en placas Petri de polipropileno o en laminas para el secado en

la estufa a 40°C por 24 horas, obteniendo la muestra biodegradable de almidón de yuca modificado. Tras esto después se debe colocar en cámaras herméticas con humedad relativa controlada a 53% con nitrato de magnesio.

La Yuca (*Manihot Esculenta Crantz*): Es un arbusto perenne de la familia de las euforbiáceas, extensamente cultivado en América, África y Oceanía por sus raíces con almidones de alto valor alimentario.

Tabla 1

Composiciones de algunos tubérculos

Componentes (%)	Makal	Camote	Yuca	Sagú	Maíz ¹	Papa ¹
Humedad	(8,99) ^a	(9,83) ^b	(9,48) ^b	(10,5) ^c	(9,9)	(19)
Proteína cruda	0,16 ^a	0,22 ^b	0,06 ^c	0,64 ^d	0,10	0,06
Grasa cruda	0,19 ^a	0,31 ^b	0,20 ^c	0,36 ^b	0,35	0,05
Fibra cruda	0,35 ^a	0,28 ^b	1,01 ^c	0,06 ^d	0,62	NR
Cenizas	0,12 ^a	0,26 ^b	0,29 ^b	0,22 ^b	0,06	0,40
ELN	99,28 ^a	98,93 ^{a,b}	98,44 ^c	98,72 ^{b,c}	98,93	99,49
Amilosa	23,6 ^a	19,6 ^b	17,0 ^c	22,7 ^a	28,3	21,0
Amilopectina	76,4 ^a	80,4 ^b	83,0 ^c	77,3 ^a	71,7	79,0

La Estructura de la *Manihot Esculenta Crantz* está conformada por:

Cascara: la cáscara de yuca

representa entre el 15 a 20% del peso total, además de eso contiene mayor proporción de proteína, grasa, fibra y minerales que la pulpa, así mismo es la que representa la parte exterior de la yuca

Pulpa: Representa el interior de la yuca, contiene proteínas, grasas, fibras y minerales, también representa la parte de la yuca que más se consume

Raíz: en esta zona es donde se encuentra la mayor parte del almidón de la planta, además de que es la parte que provee nutrientes a la planta (yuca)

Almidón: Es una macromolécula compuesta por dos polímeros distintos de glucosa, es un glúcido de reserva de la mayoría de los vegetales

Funcionalidad en plantas: constituye la principal reserva de energía y de carbono de las plantas. Suministrando la energía y los esqueletos carbonados necesarios para el metabolismo de la planta durante los periodos de oscuridad, cuando la fotosíntesis está inactiva

Funcionalidad en la industria: Es muy utilizado como aditivo para algunos alimentos, además de diversas funciones como adhesivo, ligante, enturbante, formador de películas, estabilizante de espumas, conservante para el pan, gelificante, aglutinante, etc.

Estructura: El almidón es un polisacárido de glucosa, una larga cadena de moléculas de glucosa unidas

Amilosa y propiedades: Es un polímero de cadena lineal, también es un espesante importante, promueve la retención de agua, es un estabilizador emulsionante y un agente gelificante, que se utiliza en usos industriales o

alimentarios. Las cadenas de amilosa helicoidales sueltas tienen un interior hidrofóbico que puede unirse a moléculas hidrofóbicas como lípidos y compuestos aromáticos.

Amilopectina y propiedades: Es un polímero de cadena ramificada, además de eso la amilopectina representa alrededor del 75% de los almidones más comunes y Algunos almidones están constituidos exclusivamente por amilopectina y son conocidos como céreos, además de eso las ramas están unidas al tronco mediante por enlaces α -D, localizadas cada 25-30 unidades lineales de glucosa. Su masa y su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de dáltones

Almidones modificados

Son almidones comunes que fueron sometidos a procedimientos físicos, químicos o enzimáticos con el objetivo de modificar sus propiedades fisicoquímicas para conseguir una sustancia determinada, como serían los polímeros biodegradables

Almidones modificados por procedimientos físicos: Almidones sometidos a pruebas/procedimientos físicas, que incluyen absorción de agua, estabilidad térmica o demás medios que no afecten a la parte química, un ejemplo de esto sería hinchar los gránulos para maximizar la absorción de agua

Almidones modificados por procedimientos químicos: Son alteraciones de la parte química de los almidones, donde se pasan a procesos más especializados como las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero del almidón, así como reacciones vía éter, formación de ésteres, oxidación y la hidrólisis de los grupos hidroxilos

Almidones Biotecnológicos: Consiste en la extracción de almidón proveniente de una planta la cual fue modificada para interés humano

Pruebas Químicas y mecánicas

Pruebas mecánicas: Consiste en aquellas pruebas en las que se realiza un análisis de los materiales a diferentes pruebas (temperaturas, tensión, impacto, comprensión, dureza, fatiga y ruptura) con el objetivo de determinar las principales propiedades mecánicas y simular el tiempo de vida útil de un material.

Análisis de tensión: El análisis de tensión o análisis estático calcula los desplazamientos, deformaciones unitarias, y tensiones en una pieza basándose en el material, las sujeciones y las cargas.

Un material falla cuando la tensión alcanza un determinado nivel. Diferentes materiales fallan a diferentes niveles de tensión.

Análisis térmico: es un conjunto de técnicas analíticas que estudian el comportamiento térmico de los materiales. Cuando un material se calienta o se enfría, su estructura y su composición química pueden sufrir cambios tales como fusión, sublimación, solidificación, cristalización, descomposición, oxidación térmica o sinterización.

Análisis infrarrojo: Esta espectroscopia se fundamenta en la absorción de la radiación IR por las moléculas en vibración. Una molécula absorberá la energía de un haz de luz infrarroja cuando dicha energía incidente sea igual a la necesaria para que se dé una transición vibracional de la molécula.

Es decir, la molécula comienza a vibrar de una determinada manera gracias a la energía que se le suministra mediante luz infrarroja.

Pruebas químicas: En química, una prueba química es un procedimiento cualitativo o cuantitativo diseñado para identificar, cuantificar o caracterizar un compuesto o grupo químicos.

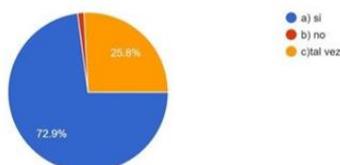
RESULTADOS

En el artículo se realizaron encuestas a personas, donde se preguntaba sobre los diferentes temas relacionados con el proyecto y si viabilidad.

Figura 2

Resultados 1

¿cree usted que el almidón de yuca sea capaz de cambiar la sociedad para un bien tanto para el medio ambiente y para la salud de los seres vivos contando al ser humano?
155 respuestas

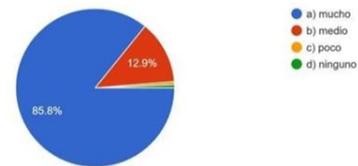


En esta recolección de datos se preguntó si creen si el almidón de yuca ayudaría a cambiar al medio y la salud de las personas para un bien. Se obtuvo que un 72.9% pensó que sí, un 1.3% pensó que no y un 25.8% pensó que tal vez

Figura 3

Resultados 2

¿Qué tanto interés tienes por la problemática de la contaminación por plástico?
155 respuestas

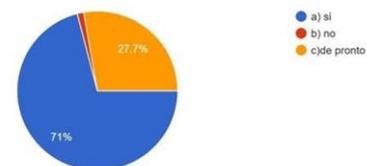


En la siguiente tabla se pudo obtener y observar el porcentaje de personas que estaban interesados en la problemática de la contaminación. Se obtuvo que un 85.8% estaba muy interesadas en la problemática y un 12.9% estaba interesada en la problemática, pero no por completo

Figura 4

Resultados 3

¿Piensas que en un futuro estos productos de almidón de yuca puedan reemplazar en gran medida al plástico?
155 respuestas



En los posteriores resultados se obtuvieron que 71% de las personas cree posible que el plástico a partir de almidón de yuca sea capaz de reemplazar al plástico y un 27.7% cree que “tal vez” sea capaz el plástico de almidón de yuca de reemplazar el plástico

ETAPA 2: Metodología de extracción

Mediante los pasos que se fueron realizando a lo largo de nuestro proyecto, se fueron obteniendo resultados en las diferentes fases de elaboración de nuestro proyecto, tal como se planteó en la metodología.

Obtención del almidón de yuca.

Figura 5

Metodología de extracción: filtración



Figura 6

Metodología de extracción: separación



Figura 7

Metodología de extracción: molienda



Figura 8

Pesaje anterior a la síntesis



En el proceso de obtención y pulverización del almidón de la yuca se pudo obtener una masa blanca la cual tenía una textura dura, era una sustancia inodora la cual se extrajo después de dejar reposando yuca raya en el fondo de una jarra llena de agua.

ETAPA 3: Procesamiento y síntesis.

Modificación del almidón de yuca.

Después de obtener el almidón se procedió a modificarlo para poder transformarlo en un polímero

Figura 9

Resultados de la modificación del almidón por hipoclorito de sodio



En la imagen se puede ver dos recipientes, el almidón que se encuentra en la parte de abajo es el almidón modificado por nosotros mientras el de arriba es uno comprado externamente

Obtención del polímero a base del almidón de yuca

Figura 10

Muestra biodegradable



Después de haber obtenido el almidón de yuca modificado, se procedió al proceso de secado de este por medio de un horno, en el cual se dejó reposando la muestra, exponiéndola a un calor constante. En la imagen se muestra la muestra de polímero que nos logramos obtener.

CONCLUSIONES

En el proceso de elaboración del polímero por medio de nuestro almidón modificado se pudo dar cuenta que mientras se elaboraba la mezcla entre el almidón y el glicerol, si se llega a agregar calor mientras la mezcla se creaba, esta última podía empezar a endurecerse esto interviniendo en el proceso, mientras que el proceso de elaboración del polímero con el almidón modificado comprado, se obtuvo una muestra en buenas condiciones sin ningún tipo de fallo.

El plástico biodegradable a base de almidón de yuca funcionaría como una buena alternativa al plástico normal ya que el biopolímero no daña al ambiente en su proceso de descomposición, lo que lo hace mejor para la naturaleza y en muchos casos este podría ser usado como abono.

AGRADECIMIENTOS

Mostramos nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro tutor de proyecto la docente de investigación Laura Andrea Blanco Gómez que gracias a su conocimiento fue una guía clave para que pudiéramos desarrollar nuestro proyecto.

Damos agradecimiento a nuestros padres por el apoyo mostrado durante el desarrollo del proyecto, además de a la REDCOLSI por el apoyo brindado en nuestra investigación.

Brindamos un especial agradecimiento a nuestros compañeros Juan Manuel Quiñonez y Felipe Marroquín por el aporte que mostraron durante el desarrollo de las muestras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Carlos Andrés Sierra Valencia. (Determinación de los principales sitios de alimentación, crianza y riesgos zoonóticos en la población de paloma común (*Columba livia*), como herramienta para la implementación de un programa de manejo ético de las mismas, en el municipio de Cajicá, Cundinamarca.” Cajicá, Cundinamarca, diciembre – 2017
- [2] Torres, P., Perez, A., Manolejo, L., Ordoñez, J. y Garcia, R. (2010). Una mirada a la agroindustria de extracción de almidón de yuca, desde la estandarización de procesos. EIA, 14(1), 23-38
- [3] Olivera, R. (14 de noviembre de 2019). Fabrican plástico biodegradable con almidón de yuca. El Espectador Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca. universidad eafit, 97.
- [4] De La Torre, R., Rivera Procel, S., Ruiz Mendieta, J., & Veloz, J. (2009). Proyecto para reciclar el almidón de la yuca para la fabricación de fundas plásticas orgánicas.
- [5] PERÚ, U. T. (2019). Importación de bolsas biodegradables a base de almidón de yuca de Indonesia para su distribución en la ciudad de Lima en el año 2020. Universidad tecnológica del Perú, 89
- [6] Avilés, G. R. (2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. económico, M. d. (2021). leyes de política de precios. Bogota: colombia.
- [7] ICA. (2016). Normas nacionales. Colombia: ministerio de agricultura y desarrollo rural.
- [8] Menoscal Chichanda, R. E. (2017). Elaboración de láminas biodegradables a partir de los residuos del almidón de yuca (Manihot esculenta).
- [9] Calceta: Calceta: ESPAM.sostenible, m. d. (2021). Colombianos son cada vez más conscientes a la hora de “usar bolsas plásticas”: Min ambiente. Bogota: minambiente.
- [10] Edmundo Arroyo B, H. A. (2014). Obtención, caracterización y análisis comparativo de Lima: Universidad de Lima.

- [11] Avilés, G. R., Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Food Science and Technology, 28(3), 718-726.
- [12] Meneses, J., Corrales, C. M., & Valencia, M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Revista EIA, (8), 57-67.
- [13] Núñez, A., Michelena, G., Carrera, E., & Álvarez, X. (2009). Estudios sobre la recuperación y purificación de ácido láctico para la producción de plásticos biodegradables. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 43(2), 20-29.
- [14] Arroyo Benites, E., & Alarcón Cavero, H. A. (2013). Obtención y caracterización de polímeros biodegradables a partir del almidón de papa, yuca y maíz.
- [15] Avilés, G. R. (2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Ingeniería y ciencia, 2(4), 5-28.
- [16] Trujillo Rivera, C. T. (2014). Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot Esculenta Crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos