

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación

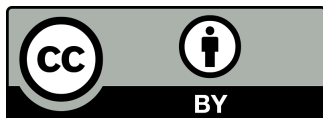
**Propuesta de elaboración de bioplástico en base a
almidón de yuca para vasos descartables**

Reynaldo Adhemir Paredes Vega

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Industrial

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, las personas que siempre están detrás de mí, apoyándome para superarme constantemente. Gracias a ellos y su insistencia es que me encuentro en este camino de formación y cumpliendo una meta pospuesta por muchos años.

A mi abuelita la persona que se volvió mi compañera desde hace más de 3 años, y que lucha día a día con mi cambio de carácter, gracias por aguantar mis cambios de humor en mis momentos de saturación de las actividades de la universidad y el trabajo.

A mis hermanos, sobrinos, mis primos y tíos que gracias a la unión familiar me ayudaron a salir adelante constantemente y no claudicar en este camino tan inestable, y aprender que cuando uno lo quiere lo puede lograr sin importar cuán difícil sea llegar a la meta.

Y por último a Dios y a la vida que siempre nos dan segundas oportunidades para salir a delante, para retomar un camino que dejamos en pendiente y a ser mejores personas pensando en el prójimo, al medio ambiente el cual se ve afectado constantemente por la peor plaga de todos los tiempos “El ser humano”, motivo por el cual me motivó a proponer este trabajo.

Agradecimiento

Quiero agradecer por medio de este trabajo a mis padres un pilar importante en mi vida que me ayuda a no dejarme caer o vencer por las circunstancias de la vida, y saber que siempre contaré con ellos y con mis hermanos que siempre están ahí para cuando los necesito.

Así mismo a mi amigo Mauricio, quien me apoyo en el desarrollo del tema y ayudó en los momentos de indecisión en la toma de un tema a investigar, sé que logrará sus metas caminando a la par con la búsqueda de reducir el impacto ambiental por la contaminación.

A mi asesora por la paciencia que me tuvo al momento de realizar esta investigación, gracias Ing. Leydi Manrique por toda su comprensión y su apoyo para lograr completar mi investigación y darme las pautas necesarias para saber encaminar este proyecto.

Índice de Contenidos

Resumen	ix
Abstract	xi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1 Formulación del Problema:.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General:	2
1.3.2 Objetivo Específico:.....	2
1.3 Justificación e importancia:	3
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes del problema.....	5
2.1.1 Tesis de Elaboración de plástico en base a almidón de papa	5
2.1.2 Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de papa.....	5
2.1.3 Polímeros biodegradables a base de almidón de yuca.....	6
2.1.4 Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa	6
2.1.5 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de un bioplástico elaborado con harina de yuca gelatinizada.....	6
2.1.6 Bioplástico a base de cáscara de plátano	7
2.2 Bases teóricas	8
2.2.1 Reseña histórica del Origen de los Bioclásticos:	8
2.2.2 Contaminación por el uso de Plásticos derivados del petróleo	9
2.2.3 Bioplásticos	11
2.2.4 Bioplástico Vegetal.....	12
2.2.4.1 Bioplástico a base de almidón de papa	12
2.2.4.2 Bioplástico a base de almidón de cascara de plátano	13
2.2.4.3 Bioplástico a base de almidón de maíz	13
2.2.4.4 Polímero Biodegradable de almidón de Yuca.....	14
2.2.5 La Yuca.....	14
2.2.6 Características del almidón de Yuca	16
2.2.7 Componentes presentes en el Almidón	17
2.2.7.1 Amilosa	17

2.2.7.2 Amilopectina.....	18
2.2.8 Propiedades Fisicoquímicas del Almidón	20
2.2.9 Propiedades funcionales del almidón	22
2.2.9.1 Gelatinización.....	23
2.2.9.2 Gelificación y retrogradación	24
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	29
3.1 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución	29
3.2 Extracción del almidón de yuca:.....	30
3.3 Proceso de Extracción a nivel Artesanal	32
3.4 Proceso de Extracción a nivel intermedio: Uso parcial de maquinaria.....	35
3.5 Proceso de Extracción a nivel completo: Uso de maquinaria.	40
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	48
4.1 Identificación de requerimientos.....	48
4.2 Análisis de la solución.....	49
4.3 Diseño.....	50
4.3.1 Elaboración de almidón de yuca:.....	50
4.3.2 Elaboración de Molde:.....	51
4.3.3 Elaboración de bioplástico para prototipo:	52
CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN	53
5.1 Construcción	53
5.1.1 Etapa de Extracción de Almidón:.....	53
5.1.2 Preparación del molde de vaso:	56
5.1.3 Preparación del bioplástico para el molde:	58
5.2 Pruebas y resultados	62
5.2.1 Prueba de resistencia a fluidos:.....	62
5.2.2 Prueba de biodegradabilidad:.....	63
5.2.3 Prueba de características mecánicas:	65
CONCLUSIONES	67
TRABAJOS FUTUROS.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS.....	75
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	76

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Proceso de extracción de almidón - Elaboración propia.....	27
Ilustración 2. Elaboración de almidón de yuca - Elaboración propia.....	50
Ilustración 3. Elaboración de molde - Elaboración propia.....	51
Ilustración 4. Elaboración de bioplástico - elaboración propia.....	52

Lista de figuras

Figura 1. Mapa del nivel del porcentaje de contaminación a nivel mundial	11
Figura 2. La Yuca, tomado de “La Súper Yuca”	14
Figura 3. Mapa de cultivo de la yuca en el Perú.....	15
Figura 4. Imagen del valor nutricional de la Yuca.....	16
Figura 5. Esquema de la amilosa.....	18
Figura 6. Esquema de la amilopectina	18
Figura 7. Propiedades de los componentes del almidón	19
Figura 8. Características de los gránulos de almidón.....	21
Figura 9. Representación esquemática de los cambios de los gránulos de almidón durante el proceso hidrotérmico.	23
Figura 10. Lavado con los pies.	32
Figura 11. Pelado con la mano.	33
Figura 12. Rayado manual.....	33
Figura 13. Colado de material fibroso.	34
Figura 14. Secado sobre tejado.	35
Figura 15. Lavado y pelado de raíz de yuca.	36
Figura 16. Rayadora de yuca.....	37
Figura 17. Lavadora y tamizadora.....	38
Figura 18. Canales de sedimentación.....	39
Figura 19. Secado en patios.	39
Figura 20. Recepción de la raíz de yuca.	40
Figura 21. Pre limpiado de la yuca.....	41
Figura 22. Lavado y pelado de yuca en cadena.....	41
Figura 23. Inspección manual de calidad de yuca.....	42
Figura 24. Triturador de yuca.....	42
Figura 25. Desintegrador de yuca.	43
Figura 26. Tamizadora o extractora.	43
Figura 27. Tanque de bombeo de almidón de yuca.	44
Figura 28. Filtro de vacío.	45
Figura 29. Maquina centrifugadora.	45
Figura 30. Silo de enfriamiento del almidón y almacenamiento de fibra.	46
Figura 31. Raíz de Yuca	54

Figura 32. Medallones de Yuca	54
Figura 33. Molido de Yuca – Imagen propia.....	55
Figura 34. Almidón y agua extraído de la yuca	55
Figura 35. Sedimentación del almidón de Yuca	56
Figura 36. Silicona de tubo	57
Figura 37. Base de molde de vaso para prototipo.....	57
Figura 38. Glicerina	58
Figura 39. Agua destilada.	59
Figura 40. Almidón de yuca seca.....	59
Figura 41. Bioplástico de almidón de yuca.....	60
Figura 42. Prototipo de vaso de almidón.....	60
Figura 43. Vista lateral de Prototipo de vaso de almidón de yuca	61
Figura 44. Vista superior de Prototipo de vaso de almidón de yuca	61
Figura 45. Vista lavado de Prototipo de vaso de almidón de yuca	62
Figura 46. Prueba de resistencia a líquidos del Prototipo de vaso de almidón de yuca....	63
Figura 47. Almidón de yuca solidificado	63
Figura 48. Hinchamiento del polímero de almidón de yuca.....	64
Figura 49. Descomposición del polímero de yuca.....	65
Figura 50. Curva de deformación.....	66

Resumen

El constante aumento del uso de plásticos derivados del petróleo los cuales no son degradables en tiempos razonables ha provocado que se tomen medidas drásticas que prohíban su uso, buscando nuevas materias primas para elaborar plástico más amigable con el medio ambiente para el reemplazo de vasos descartables.

El uso de material orgánico para la elaboración de bioplástico data desde el año de 1869 cuando se creó a base de algodón con un proceso caro, pero esta idea fue desestimada a inicios de 1910 con la aparición del plástico de polímero de petróleo lo cual dejó zanjada la idea en el pasado.

En la actualidad, se ha logrado realizar múltiples pruebas en la búsqueda del mejor plástico vegetal pasando por la extracción de almidón de productos como: papa, plátano, yuca; las cuales mezcladas con sustancias plastificantes se puede obtener un producto que cumpla con las características.

La elaboración de bioplástico en base a almidón de yuca cuenta con un proceso que va desde la cosecha de la raíz, pasando por su lavado y pelado, la etapa de molido y extracción del almidón por colado, para terminar con la sedimentación y purificación de la base obtenida. Este proceso nos permite obtener un producto que al ser mezclado con glicerina y agua destilada crean un bioplástico de fácil amoldado.

La biomasa obtenida sirve para la fabricación de vasos de bioplástico y cumple con los estándares requeridos tales como la resistencia a los fluidos y los cambios de

temperatura; por otro lado, está la prueba de biodegradabilidad sometiendo a agua dulce, salada y el impacto de la radiación solar en las cuales se concluye que cumple con dos factores la biodegradabilidad y la solución en líquidos sin contaminar por el uso de productos naturales; siendo viable la elaboración de vasos descartables en base al uso de almidón de yuca.

Palabras clave: Plásticos, degradables, bioplástico, yuca, plastificante, almidón, biomasa, biodegradabilidad, descartables.

Abstract

The constant increase in the use of petroleum-based plastics, which are not degradable in reasonable times, has led to drastic measures being taken to prohibit their use, looking for new raw materials to make more environmentally friendly plastic for the replacement of disposable cups.

The use of organic material for the production of bioplastic dates back to 1869 when it was created from cotton with an expensive process, but this idea was rejected in the beginning of 1910 with the appearance of petroleum polymer plastic, which left the idea behind.

Currently, multiple tests have been carried out in the search for the best vegetable plastic through the extraction of starch from products such as: potatoes, plantains, cassava; which mixed with plasticizing substances can obtain a product that meets the characteristics.

The production of bioplastic based on cassava starch has a process that goes from the harvest of the root, going through its washing and peeling, the stage of grinding and extraction of the starch by casting, to finish with the sedimentation and purification of the obtained base. This process allows us to obtain a product that, when mixed with glycerin and distilled water, creates an easily molded bioplastic.

The biomass obtained is used for the manufacture of bioplastic vessels and complies with the required standards such as resistance to fluids and temperature changes; on the other hand, there is the biodegradability test submitting to fresh water, salt water and the impact of solar radiation, which concludes that biodegradability and the solution in liquids uncontaminated by the use of natural products comply with two factors; making viable disposable cups based on the use of cassava starch.

Palabras clave: Plastics, degradable, bioplastic, cassava, plasticizer, starch, biomass, biodegradability, disposable.

Introducción

El bioplástico se perfila a ser la solución a los productos elaborados en base a polímeros derivados del petróleo, buscando erradicarlos del mundo y parar su agresivo crecimiento de contaminación contra la flora y fauna de nuestro planeta; se buscan medidas que no afecten al consumidor y que sean amigables con el ambiente.

La yuca rica en almidón es una materia prima que crece en la selva y sierra del Perú en abundancia, y que por sus características se presta para la elaboración de un bioplástico que cumpla las características y especificaciones que los productos biodegradables demandan; en especial los vasos descartables hechos en muchos casos de derivados del petróleo o tecnopor los cuales no presentan propiedades biodegradables y su tiempo en el ambiente es excesivo antes de su desintegración.

La búsqueda de la viabilidad de un bioplástico en base al uso del almidón de yuca, así como, un proceso que nos permita lograrlo, es la base de esta investigación, fijando como meta el obtener las características de un producto que sirva como sustituto de los vasos descartables convencionales.

Los puntos que se tocarán en esta investigación serán los siguientes:

El planeamiento del estudio, nos brindará un enfoque amplio sobre la realidad por la cual se está planteando la investigación sobre el almidón de yuca.

La segunda etapa nos brindará información sobre investigaciones similares, las cuales son base para entender el comportamiento y los procesos para la obtención del almidón.

En la etapa de la Metodología se analizarán los procesos que se pueden seguir para la obtención de almidón desde la cosecha hasta su secado.

Después de ver los diversos procesos se analizará cuál es el proceso a tomar, seguido del análisis de las características del mismo.

En la búsqueda de ver si es factible se procede con la construcción de un prototipo para analizar las características del bioplástico.

Una vez conseguido el prototipo se le someterá a pruebas ambientales con reacciones básicas para ver su reacción y biodegradación.

Consiguiendo las características del prototipo se puede ver futuras aplicaciones ya no solo en vasos descartables.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

En estos tiempos el uso de materiales plásticos ha aumentado en cifras exorbitantes, ya que este material está presente constantemente en muchos procesos de fabricación, así como en muchas necesidades de uso cotidiano y se ha mostrado con una tendencia agresiva a su demanda.

Debido a que en los últimos años se ha visto afectado el ambiente por la gran demanda de este derivado es que se busca darle solución a este problema agresivo. Como se sabe el plástico proviene del petróleo, sustancia que no es biodegradable a tiempos razonables, esto sumado a la crisis petrolera y la constante suba de este insumo, hace que se analicen nuevos materiales para suplantar el uso del petróleo. La necesidad de esta problemática ha hecho que se busque productos biodegradables en tiempos razonables y que cumplan las características especificadas por las nuevas normativas mundiales pro-ambiente, el uso de almidón vegetal es una de las opciones más accesibles y practicadas. Por este motivo es que se busca crear el proceso por el cual se genere plástico biodegradable en base al almidón de Yuca para usarlo en vasos de un solo uso y que sean biodegradables.

Se plantea establecer un prototipo de prueba para revisar una serie de variables al momento de verificar la viabilidad del proyecto, por tal motivo se piensa establecer un

proceso correcto de elaboración de los pasos a seguir al momento del desarrollo del prototipo base. Con el fin de hacer un producto de reemplazo y que cubra la necesidad del consumidor sin variar el fin básico del producto.

1.1.1 Formulación del Problema:

General:

¿Cuál es el proceso adecuado para elaborar bioplástico en base al almidón de yuca para la fabricación de vasos descartables?

Específico:

¿Cómo se genera el Bioplástico a partir de un producto ecológico (yuca) que procesos se siguen y cómo podemos aplicarlo en la elaboración de vasos desechables que sean degradables?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General:

Construir la propuesta de elaboración de Bioplástico en base a almidón de Yuca para vasos descartables

1.3.2 Objetivo Específico:

Establecer el proceso por el cual convertimos a la yuca en Bioplástico:

- Extracción del almidón de yuca.
- Mezclado con otras sustancias para generar plasticidad.
- Proceso de amasado para que sea compacto.
- Almacenamiento.
- Vertido de la masa en los moldes para darles la forma y tamaños de los vasos.

1.3 Justificación e importancia:

Según las Naciones Unidas el aumento de la producción de plásticos en el años 1950 fue de 1,6 toneladas por persona en el mundo, tan solo al año 2016 este porcentaje se elevó llegando a ser de 23,3 toneladas por persona aproximadamente; cifras que son alarmante debido a que estos desperdicios afectan a la flora y fauna del planeta . (1)

A través de campañas propuestas por la organización como #Mareslimpios busca concientizar el uso de plásticos y la limpieza de océanos; con esta finalidad es que se ha propuesto que para el año 2022 se realice una drástica baja en la producción y uso de plásticos de un solo uso. Según proyecciones hechas por las Naciones Unidas se estima que para el año 2050 los océanos tendrán más desechos plásticos que peces, valores que son alarmantes para la fauna marítima del planeta. (1)

Debido a las nuevas leyes en pro del medio ambiente (LEY Nº 30884: LEY QUE REGULA EL PLÁSTICO DE UN SOLO USO Y LOS RECIPIENTES O ENVASES DESCARTABLES) (2) es importante la sustitución de productos plásticos derivados del petróleo ya que el uso de vasos desechables es muy común en nuestro tiempo, al ser un producto recurrente retirarlo del mercado no es muy fácil, por ende, su sustitución por un producto ecológico y biodegradable es una solución viable.

En búsqueda de una solución a este problema se opta por una sustancia que cumpla la misma función pero que sea biodegradable. El Bioplástico, compuesto a base de productos orgánicos que está certificado como degradable por acción de los microorganismos.

A través de este proyecto se busca la elaboración de un insumo sustituto del plástico derivado del petróleo por Bioplástico a base de almidón de yuca mediante un proceso de fermentación, para la elaboración de productos descartables (vasos, platos, cubiertos, bolsas, etc.) que son de uso común.

Se realizará verificaciones en sus prototipos para lograr encontrar la mejor fórmula en base de las mejores respuestas experimentales encontradas para poder encontrar el prototipo adecuado para poder cubrir la necesidad, enfocándonos en la demanda y las normas de limitación de uso de productos no biodegradables.

Debido a la problemática ambiental que afronta nuestro planeta por el volumen en crecimiento de desechos que terminan en los océanos y las nuevas medidas tomadas por el Estado con respecto al uso excesivo de plásticos derivados del petróleo es que surge esta propuesta. A través de este proyecto se busca reducir el impacto ambiental que se vio afectado por el exceso de uso de productos no biodegradables que se encuentran fuera del control de la sociedad, tales como, platos, bolsas, envases cubiertos, entre otros. Pero en este caso nos centraremos en los vasos descartables; los cuales en una sociedad como la nuestra se ven presente en comercios masivos y minoristas como infaltables acompañantes de las bebidas que consumimos a diario. Con esta problemática es que se busca el cambio de este producto por uno que sea más amigable con el medio ambiente y que cumpla con las indicaciones permitidas por el Estado, una buena opción es la elaboración de bioplástico de almidón vegetal, siendo específicos Almidón de Yuca, cuyo producto es abundante en la selva peruana y es característico de la sierra también, siendo un producto de un consumo no tan elevado como el de la papa pero que tiene propiedades similares, con estas características es que se piensa elaborar el proceso de implementación de este bioplástico para el reemplazo de los derivados del petróleo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Tesis de Elaboración de plástico en base a almidón de papa

Según el informe elaborado por MEZA P., nos habla de la elaboración de bioplástico en una primera etapa en base a chuño siendo la mejor opción entre las diversas variedades de papa, se realiza una serie de estudios para verificar la composición del almidón para ver el nivel de biodegradación. Se usó para la elaboración del producto agua destilada, ácido acético y glicerina productos que también son biodegradables por especies de *Bacillus circulans* y *Aspergillus funigatus* según la investigación. (3)

2.1.2 Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de papa

Según en la investigación de CHARRO M., se usa la extracción del almidón de la papa, la cual es sometida a la mezcla con diversas sustancias plastificantes, finalmente se obtiene que el complemento ideal sea la Glicerina para establecer un producto estable y que cumpla las exigencias requeridas. Concluye con la investigación indicando que, para las diversas características físicas, químicas y degradación; varían las cantidades de almidón y cualquiera de los plastificantes en una cantidad específica. (4)

2.1.3 Polímeros biodegradables a base de almidón de yuca

Según RUIZ G., lo más importante para la elaboración de biomasa en base a yuca es analizar las condiciones que debe cumplir y las características adecuadas para que este cumpla propiedades biodegradables, se establecen los procesos adecuados para el procesamiento mediante la extracción, mezclado correcto como lo determina sus características.

Para que un polímero sea biodegradable se tienen que realizar muchas mezclas del almidón con un agente plastificante, en este caso se optó por el uso de la glicerina el cual mezclado con agua y sometido a procesos de mezclado se obtienen tiras de plástico con un espesor reducido, para luego pasar a ser molidos para producir escamas pequeñas que alimentarán una extrusora para obtener una biomasa que puede ser amoldable. (5)

2.1.4 Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa

En la tesis de HOLGUIN J., se plantea la elaboración de plástico en base al almidón de papa planteando procesos en base a estudios, los agrupa de acuerdo a sus características, con la finalidad de escoger el mejor proceso teniendo en cuenta factores tales como la calidad del material final y el tiempo de producción.

Concluye afirmando que se puede obtener un buen plástico mediante el proceso de matriz de reforzamiento, se obtiene un plástico resistente y que podría ser usado en varias oportunidades; en el tema económico se obtiene un producto económico y fácil de fabricación en masivo. (6)

2.1.5 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de un bioplástico elaborado con harina de yuca gelatinizada

En la tesis de BEJARANO N., se evalúa las propiedades de un bioplástico elaborado por harina de yuca gelatinizada, las propiedades químicas y físicas tales como: presión, temperatura, densidad, flexión, tensión, absorción, entre otros.

Concluye indicando que la gelatinización favorece en el aumento de las propiedades mecánicas; las bajas presiones y temperaturas favorece la formación de poros y con esto la expansión disminuye la densidad. Entre otras conclusiones. (7)

2.1.6 Bioplástico a base de cáscara de plátano

En la investigación de MENDOZA J., se da a conocer el uso de cáscara de plátanos, así mismo, las aplicaciones y propiedades para llamar la atención de los consumidores, establecer normas y conciencia sobre los residuos plásticos y motivar a la industria.

En conclusión, obtuvieron la extracción del almidón de la cáscara de plátano, y mediante técnicas estudiadas se produjo la elaboración del bioplástico por medio del método a base de vinagre y glicerina ya que hacían más flexible y resistente el bioplástico. (8)

2.1.7 Bioplástico: Solución Ambiental

El proyecto de GODINEZ M., busca elaborar diversas variedades de bioplástico para para el uso de las personas en su día a día; opciones como la elaboración de películas plásticas para la recolección de heces de perros, y el reemplazo de bolsas de transportes de plantas o venta. El principal objetivo es llegar a la sociedad y concientizarlos en el uso excesivo de plásticos que contaminan y tomar medidas para reducir su uso y uso de productos amigables.

Hoy en día el plástico es considerado como la mayor producción a nivel mundial y siendo una materia que demora en degradarse con el tiempo tiene que ser sustituida. (9)

2.1.8 Elaboración de un plan de Negocios para determinar la factibilidad de la producción de Bioplástico a partir de papa en contra de la contaminación en Colombia

El proyecto de FERNANDES J. y VARGAS P., busca elaborar una propuesta de reemplazo de los productos no biodegradables por bioplástico, en el informe hace referencia al elevado costo que representa la implementación de este proceso para erradicar los mayores envases que contaminan como son; bolsas, botellas, tapas. (10)

El objetivo principal del proyecto es usar los polímeros que se extraen del almidón que es una fuente renovable y usando una materia prima que es abundante en Colombia, como es la papa, la cual es cultivada en la zona andina del país, ocupa 133.865 hectáreas y su consumo anual por persona es de 62 Kg. Convirtiéndose en una materia abundante la cual podría dar una calidad de vida al país. (11)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Reseña histórica del Origen de los Bioclásticos:

La aparición del uso de sustancias orgánicas para la sustitución data del año 1869 y nos hace referencia a John Wesley Hyatt Jr. Quien crea un sustituto del marfil en base a la extracción de la celulosa del algodón para crear películas plásticas, años después se crean nuevas películas plásticas las cuales fueron usadas en películas fotográficas, de video o el famoso celofán que hasta estos tiempos se sigue usando para la protección de materiales frágiles, esta data del año 1912.

El científico Sergéi Lébedev de nacionalidad rusa fue el primero en crear el primer polímero sintético a base de petróleo (1910) y con esto se daría inicio a la era del plástico como lo conocemos hasta estos tiempos, desplazando de lado todas las ideas ecológicas estudiadas hasta esos años.

Al pasar de los años se vio que el impacto ambiental que traía este producto generaba gastos millonarios al ser material desechable y no ser biodegradable lo cual se vio más evidente en la segunda parte del siglo XX, esto sumado a la crisis petrolera sufrida por los EE UU, hizo que sea más evidente la dependencia del producto por el petróleo. En el

año de 1976 una compañía británica (Imperial Chemical Industries) sería la iniciaría la creación de un producto que usaría la denominación de bioplástico, en 1983 fue presentado el primer plástico totalmente biodegradable con la denominación de "Biopol"; pero esto no acabó con la demanda del derivado de petróleo ya que el producto degradable llegó a costar 20 veces más que el polímero de petróleo, provocando que el bioplástico sea dejado de lado. Se tuvo que esperar hacia la década de los noventa en la cual se desentierro las ideas de un plástico biodegradable y amigable con el ambiente y es así que en nuestros tiempos es más viable el uso y el encontrar productos en base a un plástico biodegradable, esto sumado a las nuevas leyes instauradas en búsqueda de un cuidado mayor del ambiente. (10)

2.2.2 Contaminación por el uso de Plásticos derivados del petróleo

En los últimos tiempos hemos generado una adicción al uso de plástico desechable, cada minuto se compran alrededor de un millón de botellas tan solo para las bebidas, por otro lado, alrededor de 5 billones de bolsas desechables son usadas anualmente, productos que son usados una vez y después es botado en el medio ambiente.

Entre los años 50`s y 70`s la producción de plástico derivado del petróleo se realizaba en cantidades mínimas por lo cual la contaminación era baja y en su mayoría controlable.

Hacia los años 90`s la cantidad de plástico producido y desechos se multiplicó por hasta tres veces de las décadas anteriores.

Ya a inicios del nuevo milenio la producción de desperdicios plásticos se vio incrementada a tal nivel que supera las cuatro décadas anteriores.

En la actualidad, la cantidad de desechos producidos equivale al peso de todas las personas del planeta alrededor de los 300 millones de toneladas.

En estos tiempos se puede ver que tan solo el 9% de estos desechos son reciclados, un 12% es quemado, pero la gran parte de estos desechos son almacenados o terminan en el medio ambiente convirtiéndose en un contaminante a largo plazo para nuestro planeta, lo que ocasiona muchas veces los cambios agresivos en el medio ambiente y que nos vemos afectados. Alrededor de 8 millones de toneladas de plástico termina en los océanos alimentados por ríos principalmente de Asia y África.

De continuar en este camino hacia el año 2050 la población marina de nuestros océanos se verá superada en número por los residuos plásticos, tan solo en nuestro país al día se concentran 1`973 988 Kg. De residuos de los cuales una cuarta parte está siendo mal administrada y posiblemente termine en ríos o esquinas contaminando el ambiente. (13)

En Perú se producen alrededor de 18 toneladas de desperdicios, con tal cantidad se podría llenar tres veces el Estadio nacional, de los cuales poco menos del 50% de estos son provenientes de la capital. (14)

Uno de los mayores problemas en nuestra sociedad y país es el abuso excesivo de productos hechos a base de tecnopor, un producto también derivado del petróleo, el cual está presente en muchos de los productos que consumimos a diario, comidas a domicilio o para llevar, así como, las bebidas calientes o como sustituto de los de plástico convencionales, la falta de conocimientos y aun la falta de conciencia ambiental nos hace abusar de este producto, al ser un tipo de plástico que no puede ser reutilizable por su deterioro rápido al contacto de las sustancias, no se le puede aplicar temas de reuso o reciclaje, y muchas veces terminan en vertederos o en ríos provocando un foco contaminante que para reducirse requiere más de medio siglo.

Con el fin de combatir el uso inescrupuloso de estos productos derivados del petróleo, hoy en día se busca implementar nuevas materias primas mucho más amigables con el medio ambiente y en estos tiempos muy de moda la búsqueda de productos naturales de corto tiempo de degradación, es así, que aparece los bioplástico.

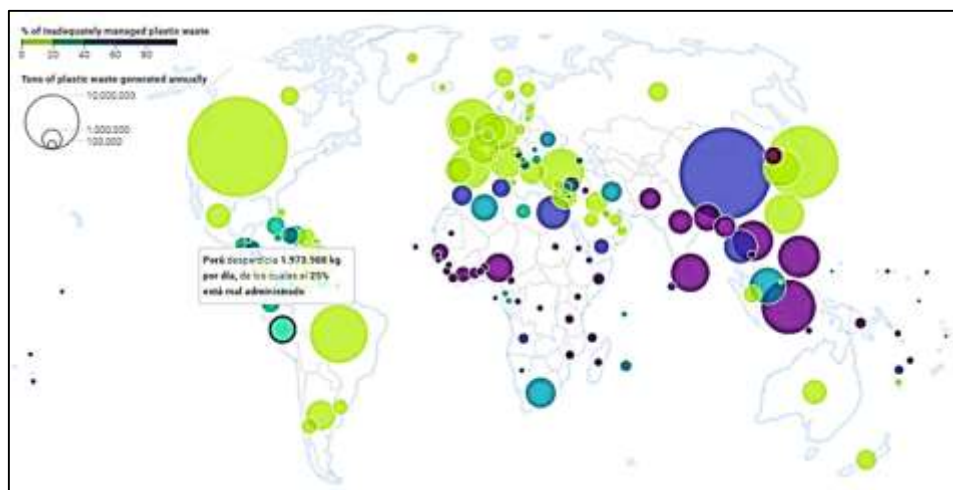


Figura 1. Mapa del nivel del porcentaje de contaminación a nivel mundial, obtenido de “Nuestro planeta se está ahogando en plástico”, por La Organización de las Naciones Unidas del Ambiente, 2019.

2.2.3 Bioplásticos

Para empezar a ahondar en el tema de los Bioplásticos tenemos que hablar de sus predecesores, quienes fueron los que dieron origen a las ideas de la innovación el producto que reemplaza al plástico derivado del petróleo; Los polihidroxialcanoatos (PHA), que son bio poliésteres sintetizados a niveles intracelulares por acción de las bacterias produciendo una fermentación de la glucosa y los lípidos, con el fin de generar reservas de carbono, energía y nutrientes.

Estos biopolímeros tienden a ser térmicos y presentan cualidades similares a la de los plásticos derivados del petróleo, pero a su vez pueden ser desintegrados por las mismas bacterias que los producen o por las bacterias del entorno, lo cual convertía a este producto es biodegradable en tiempos similares a los desechos orgánicos. Debido a que el proceso de fabricación es alto es que se dejó de trabajar con esta materia ya que en muchos casos era elevado el costo con respecto a la elaboración de plástico convencional.

La crisis de los 70`s por el petróleo a nivel mundial, hizo que la investigación acerca de los PHA resurgiera, la empresa ICI fue la pionera en la producción de este polímero a escala industrial con la denominación de “Biopol” usando como base la bacteria RAISTONIA EUTROPHA, a pesar de ello no dejó de ser elevado sus costos de producción, pero pudo encontrar mercado en países como Alemania. Con el paso de los

años la estabilidad en los precios del petróleo hizo caer nuevamente la elaboración de este biopolímero.

En la actualidad y debido a la problemática ambiental es que esta práctica retoma con fuerza en el tema de producción de plástico orgánico derivado de los vegetales, pasó por muchas etapas hasta llegar encontrar la combinación ideal para que la fermentación de los vegetales obtenga la consistencia necesaria para cubrir los coeficientes y características ideales usando la misma cepa bacteriana se pudo crear el polihidroxibutirato (PHB) el cual básicamente se extrae de la glucosa. A nivel mundial ya se vienen realizando este proceso para la elaboración de PHA a través del proceso de fermentación, pero usando productos económicos, ejemplos como el de Brasil que usa la melaza de la caña o Estados Unidos y Corea que llevan investigando en sustratos de origen netamente vegetal, se vienen replicando en varias partes del mundo innovando en productos de orígenes oriundos o de producción excesiva que favorecen a que sea económicamente factible. (15)

2.2.4 Bioplástico Vegetal

Con el avance de la tecnología y la búsqueda de mejorar las condiciones ambientales es que se busca la implementación de soluciones que reemplacen los plásticos contaminantes, es por eso que se implementa el uso de diversos productos orgánicos en la elaboración e implementación de biopolímeros:

2.2.4.1 Bioplástico a base de almidón de papa

Siendo la papa uno de los cuatro productos más consumidos a nivel mundial, se convierte en un producto de fácil acceso y que se puede encontrar en varios lugares, por otro lado, es un producto rico en almidón entre sus principales utilidades de este producto es la fabricación de colorantes, espesantes, aglomerantes, entre otros productos.

Este almidón extraído es fácil de procesar con agua fría, su viscosidad es muy alta, buenos niveles de retrogradación, claridad de la pasta para los alimentos; representa el 20 % de la papa. Después de ser modificado física, química y enzimáticamente este

almidón adquiere propiedades propias plásticas, a través de procesos bajos en recursos haciéndolo mucho más barato que los plásticos convencionales, obteniendo un producto atractivo para el mercado y de fácil uso para la concientización del planeta. (6)

2.2.4.2 Bioplástico a base de almidón de cascara de plátano

Los desechos obtenidos del plátano son ricos en almidón el cual tiene varios usos, entre los cuales podemos rescatar el tratamiento de aguas y la polimerización. No todos los plátanos son óptimos para la extracción de almidón ya que entre más maduro este se convierte en azúcares.

El porcentaje de almidón que se puede encontrar es aproximadamente el 70 a 80% en base seca y de la cáscara se puede extraer un 50%; existen dos métodos para extraer el almidón del plátano, un método seco y el otro húmedo; el método seco puede obtener hasta un 49.62% del almidón, mientras que el proceso húmedo extrae un 56.76%. La diferencia sería en el tema de costos ya que el tratamiento húmedo es más costoso por la demanda de agua, tiempo y espacios; por otro lado, el seco no demanda tantos costos y se puede extraer en menor espacio y no requiere muchos equipos, generando un menor impacto al medio ambiente. (8)

2.2.4.3 Bioplástico a base de almidón de maíz

El maíz es uno de los productos más consumibles debido a sus grandes variedades la extracción de su almidón requiere grandes cantidades de estas partículas que al ser mezcladas con agua forman una masa poco viscosa, está compuesta mayormente de glucosa.

El almidón extraído se debe conservar en lugares secos y frescos, alejado de sustancias con fuertes olores. La masa es versátil, siendo un polvo blanco y fino con sabor característico.

Entre sus principales usos cotidianos podemos mencionar que es usado como espesante de comidas, repostería, fabricación de papel, alimento para mascotas, cremas para cuidado de la piel y bioplástico. (16)

2.2.4.4 Polímero Biodegradable de almidón de Yuca

El polímero biodegradable se obtiene de la mezcla seleccionada del almidón extraído de la yuca con glicerina para lograr la compactación, algunos plastificantes y agua; los cuales son procesados en un molino hasta lograr una masa uniforme la cual es extraída en forma de bandas de un espesor específico que son cortadas y molidas posteriormente formar pequeñas escamas que serán extruidas.

Estas muestras son secadas para pasar a la extrusión donde se harán pruebas de temperatura, torque y velocidad de rotación.

Se evalúan las características mecánicas físicas y químicas a través de pruebas de tensión, calorimetría, análisis termo gravimétrico, análisis infrarrojo y de morfología. (5)

2.2.5 La Yuca

Conocida también con el nombre de mandioca o casava, es un producto que data de hace 4000 años en la región, de gran reconocimiento a nivel mundial por su composición nutricional similar a la papa. Es un alimento que brinda mucha energía rica en vitaminas y minerales, que favorecen al crecimiento y desarrollo de las personas.



Figura 2. La Yuca, tomado de “La Súper Yuca”, por Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo – PromPerú

Es un producto que se puede cosechar en cualquier mes del año y que en nuestro país es abundante en la selva oriental del país.



Figura 3. Mapa de cultivo de la yuca en el Perú, tomado de “La Súper Yuca”, por Comisión

Este producto tiene la propiedad de poder crecer en cualquier tipo de condiciones lo cual lo vuelve un producto atractivo para el mundo; puede crecer en trópicos húmedos y cálidos, con inviernos fríos o lluvias de verano; en suelos áridos y de escasa fertilidad, así como, lugares de escasa lluvia o de sequías largas.

Por la variedad de vitaminas que contiene es un producto atractivo para la vista (vitamina A) y para el envejecimiento (vitamina C), un antioxidante natural. (17)

Valor nutricional	
Componentes / Components	Por 100g / Per 100g
Agua / Water	59,6 g
Energía / Energy	168 kcal
Grasa / Fat	0,28 g
Proteína / Protein	1,36 g
Sodio / Sodium	14 mg
Carbohidratos / Carbohydrates	38,05 g
Fibra / Fiber	1,8 g
Potasio / Potassium	271 mg
Fósforo / Phosphorus	27 mg
Magnesio / Magnesium	21 mg
Hierro / Iron	0,27 mg
Calcio / Calcium	16 mg
Vitamina C / Vitamin C	20,6 mg
Vitamina A / Vitamin A	25 UI
Vitamina E / Vitamin E	0,19 mg
Vitamina B1 / Vitamin B1	0,087 mg
Vitamina B2 / Vitamin B2	0,0048mg
Niacina / Niacin	0,854 mg
Folato /	27 mg

Figura 4. Imagen del valor nutricional de la

Yuca, tomado de “La Súper Yuca”, por

Comisión PromPerú, (2015).

2.2.6 Características del almidón de Yuca

Es quizás el polímero más valioso que puede existir extraído de una gran variedad de vegetales como son: Semillas de cereales, tubérculos, raíces, semillas de leguminosas, frutas, troncos y hojas.

La yuca tiene un alto contenido de almidón y a su vez proporciona la amilasa, haciendo de este producto muy importante a nivel industrial, además de las propiedades ricas en calorías. Es la segunda fuente de almidón solo por detrás del grano de maíz,

sobre el de la papa o el trigo, es usado mayormente como almidón nativo sin ser modificado, pero al natural también se obtiene propiedades de estados como consistencia, viscoso y nivel constante de pH y temperatura; y propiedades tales como gelificación, dispersión por eso es usada a nivel industrial. (18)

2.2.7 Componentes presentes en el Almidón

Está compuesto por glucosa dispuesta en 2 elementos: amilosa y amilopectina; presente en las macromoléculas es que se obtiene las características de polimerización o ramificación lo cual afecta de manera directa en los procesos de degradación. Estos componentes son los que permiten identificar las propiedades funcionales del almidón, químicas y físicas. (18)

2.2.7.1 Amilosa

Polímero lineal constituido de moléculas de glucosa unidos por enlaces glucosídicos α -D-(1 $\rightarrow$ 4), la cantidad varía de acuerdo al tipo de almidón, están en un rango de 1000 unidades de glucosa en base a cada molécula de amilosa y presentando formación de espiral. La abundancia de hidroxilos en los extremos le da características hidrofílicas a este polímero, obteniendo atracción por el agua. Por otro lado, debido a la linealidad, los polímeros de la amilosa tienden a formar agrupaciones estrechas y paralelas a través de la formación del puente de hidrógeno establecido entre hidroxilos de los polímeros contiguos disminuyendo su aceptación por el agua.

En estado diluido, su tamaño de asociación de los polímeros tiende a incrementarse. La formación lineal de la amilosa suma a la composición de películas resistentes. A este fenómeno que se lleva a nivel intermolecular de la amilosa se le conoce como *retrogradación*.

La amilosa forma en grandes números de moléculas orgánicas complejos insolubles como alcoholes alifáticos, ácidos monoglicéridos y ácidos grasos lineales; esto hace que se precipite la cristalización obteniéndose la separación de la amilopectina. Obtiene propiedades afines al yodo, el color de este complejo depende de su nivel de polimerización cuando es mayor a 40 tiende a azul y cuando es menor a este valor tiende a ser rojo. (18)

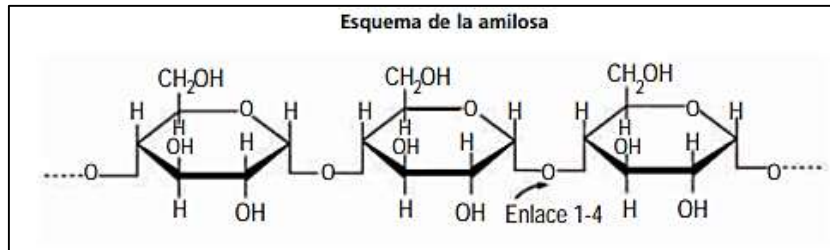


Figura 5. Esquema de la amilosa, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal J., Sánchez T. 2007.

2.2.7.2 Amilopectina

Polímero ramificado que forma cadenas lineales constituidas por 15 a 35 moléculas de glucosa, y estas cadenas están enlazadas formando puntos de ramificación. El gran tamaño y su naturaleza reducen la movilidad de los polímeros y a su vez interviene en la formación de niveles de enlaces de hidrógeno de manera significativa. La amilopectina se caracteriza por presentar claridad y estabilidad para la repulsión a gelificar cuando es almacenado, llegan a formar películas más fuertes y flexibles tal cual la amilosa y no forma complejos con el yodo y su coloración es azul profundo. (18)

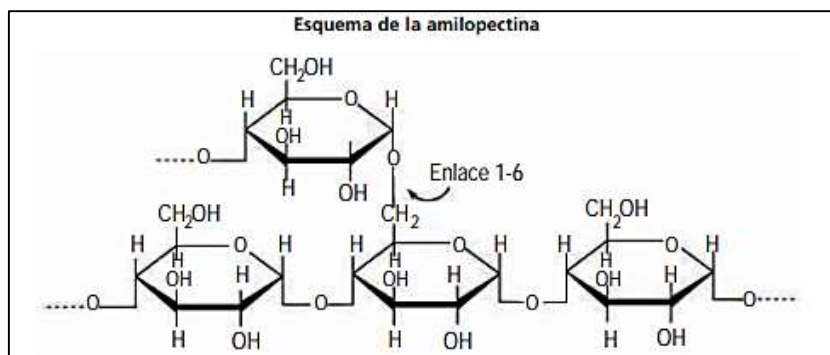


Figura 6. Esquema de la amilopectina, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal J., Sánchez T. 2007.

Propiedades de los componentes del almidón		
Propiedad	Amilosa	Amilopectina
Estructura	Lineal	Ramificada
Longitud promedio de la cadena	Aprox. 1 000	20-25
Peso molecular	40 000 hasta 10 ⁶	200 000 hasta 10 ⁸
Grado de polimerización	Aprox. 1 000	10 000-100 000
En solución	Hélice extendida o enrollada	Esfera irregular
Estabilidad en soluciones acuosas	Retrograda	Estable
Acomplejamiento	Con facilidad	Con dificultad
Retrogradación	Rápida	Muy lenta
Gel	Firme e irreversible	Suave y reversible
Formación de complejos	Favorable	Desfavorable
Patrón de rayos X	Cristalino	Amorfo
Digestibilidad de la β -amilasa	Casi completa	Cerca de 60 %
Reacción con yodo	19-20 %	5-9 %
Color con la solución de yodo	Azul profundo	Violeta
Longitud de onda máxima (nm)	Aprox. 660	530-550

Figura 7. Propiedades de los componentes del almidón, tomado de “Guía técnica para la producción y el análisis de almidón de yuca”, por Skeist (1977) y Aspinal (1983).

La amilopectina con sus estructuras lineales también es óptima para formar complejos, pero debido a que son cortas las partes lineales, las hélices que se forman son cortas por lo cual las moléculas que se pueden introducir también son pequeñas. Lo cual indica que la amilosa es mejor construyendo hélices para guardar hasta 120 moléculas de glucosa.

Los niveles de amilosa que se pueden encontrar en el almidón dependen del origen de este. Almidones como el del maíz casero, trigo, papa y yuca contienen alrededor de 18% a 28% de amilosa, encontrando a la papa y yuca en el extremo inferior de estos cuatro; el almidón de yuca suele tener entre 17 a 22% de amilosa. La estructura y la cantidad de ambos es juegan un factor muy importante en la obtención de las propiedades fisicoquímicas del almidón. Como muestra el siguiente cuadro:

La organización entre las moléculas de la amilosa y amilopectina con enlace hidrógeno entre los grupos alcohólicos, de manera directa o mediante las moléculas del agua, permite la aparición de partes cristalinas, que son capas que presentan un alto número de ramificaciones; y también, algunas partes amorfas, que son capas menos organizadas pero ricas en puntos de enlace “ α -D-(1 $\rightarrow$ 6)”. Dando al almidón una composición semi-cristalina, adquiriendo propiedades que ante permite diferenciar los diferentes tipos de almidón a través de la proyección de los “rayos x” en 3 tipos de espectros; así se podrá saber si proviene de cereales, raíces y tubérculos. Pero esta

clasificación presenta una excepción en el caso de la yuca ya que su espectro termina siendo muy similar al de los cereales.

2.2.8 Propiedades Fisicoquímicas del Almidón

Estas nos permiten determinar el uso del almidón de yuca en el proyecto. Entre las propiedades más importantes que encontraremos serán la proximal (presenta la proteína cruda, extracción de etéreo, fibra cruda, entre otros), las particularidades del grano (tamaño, origen cristalina, forma y color), el contenido de amilosa y su peso molecular.

Siendo el contenido de la proteína muy bajo en la yuca como en la papa tan solo con un 0.1%, comprándolo con el maíz o arroz que está entre los 0.35% y 0.45% respectivamente. Pero el residuo de la proteína tiende a afectar el sabor y olor del almidón de los cereales sumado a que son propensos a formar espuma.

Presentan un pequeño porcentaje de lípidos los gránulos de almidón de yuca y papa, que comparados con el de los cereales como el arroz y maíz vendrían a ser de un 0,8% y 0.6% respectivamente. Esta propiedad favorece al almidón de yuca ya que estos lípidos forman un complejo con la amilosa, la cual es propensa a reprimir el hinchamiento y la solubilización de los gránulos del almidón; lo cual permite que sólo a temperaturas altas mayores a 125°C para que se rompa la composición amilosa-lípido y disolver la fracción de amilosa. Gran parte de los lípidos tienen una “cadena de ácido graso esterificado con ácido fosfórico”. El encontrar grasas puede traer problemas en el almacenamiento por la inclinación al enredo. (20)

Características de los gránulos de almidón							
Almidón	Tipo	Morfología	Diámetro (µm)	Contenido de amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)	Temperatura de gelificación (°C)	Propiedades de cocción
Maíz	Cereal	Redondo poligonal	5-30	25	62-72	80	Gel opaco
Maíz ceroso	Cereal	Redondo poligonal	5-30	<1	63-72	74	Claro cohesivo
Yuca	Raíz	Ovalado truncado	4-35	17	62-73	63	Claro cohesivo tendencia a gelificar
Papa	Tubérculo	Ovalado esférico	5-100	20	59-68	64	Claro cohesivo tendencia a gelificar
Trigo	Cereal	Redondo lenticular	1-45	25	58-64	77	Gel opaco
Arroz	Cereal	Esférico poligonal	3-8	19	68-78	81	Gel opaco
Sago	Tronco	Ovalado truncado	15-65	26	69-74	74	Gel opaco

Figura 8. Características de los gránulos de almidón, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Taggart (2004).

Las presencias de estos gránulos del almidón de yuca tienen característica de no ser uniformes tanto en tamaño como en su forma: presenta una característica redonda con terminales obstruidos, núcleo establecido y un tamaño que oscila entre 4-35 mm con promediado en 20 mm. Los del almidón de arroz, maíz y maíz casero son poliédricos, por otro lado, en el caso de la papa son ovoides y son los de mayor tamaño oscila en 50-100mm, en promediado en 33 mm. El tamaño del maíz casero es entre 5-30 mm, promediado en 15 mm, de manera parecida al del almidón de yuca. Las partículas más pequeñas le pertenecen al arroz los cuales se encuentran entre los 3-8 mm, siendo estos los que más resisten a procesos que demande elevadas temperaturas, por ejemplo, la esterilización, y poseen mayor digestión. En el siguiente cuadro podemos apreciar algunas de las características fisicoquímicas de los almidones, en algunos gránulos de almidón se puede ver la relación con su proporción de amilosa/amilopéctina. (21)

El nivel de cristalización del almidón de yuca es de alrededor de un 38%. La cristalinidad del gránulo es debida de manera esencial a la amilopectina. Las partículas de almidón de yuca sometidos a la difracción de los rayos X lo califican como de clase intermedio (clase C), los patrones de los almidones de cereales se clasifican clase A, y los almidones de frutas y tubérculos de clase B. (22)

2.2.9 Propiedades funcionales del almidón

Estas propiedades de funcionamiento de los almidones se ven dependiendo de la relación entre la amilosa y la amilopectina. Esta relación siempre es constante entre los cultivos de amilosa, pero si cambia dependiendo de la variedad entre una misma especie o también a nivel de las variedades de las plantas. (18)

Es esencial para aprender a comprender el potencial industrial del uso del almidón de yuca conocer y comprender las propiedades funcionales de este. Estas propiedades están determinadas por factores de genética, así como por los factores de la longevidad de la planta, la temporada de cosecha, fertilidad de suelo y precipitaciones fluviales, entre otros. (18)

Sus principales características funcionales del almidón de yuca son: Solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, tendencia a retrogradar, propiedades de pasta (entre las cuales podemos mencionar: estados viscosos, consistentes, estables del gel, claridad, resistencia al corte y formación de películas), digestión de enzimas y capacidad emulsificador. (18)

Mientras el proceso hidrotérmico, el almidón se ve afectado con una serie de alteraciones que afectan sobre su estructura, transitando por tres fases: gelatinización, gelificación y retrogradación, provocando el aumento de su estructura, hidratación, fusión y quiebre de las partículas del almidón. (18)

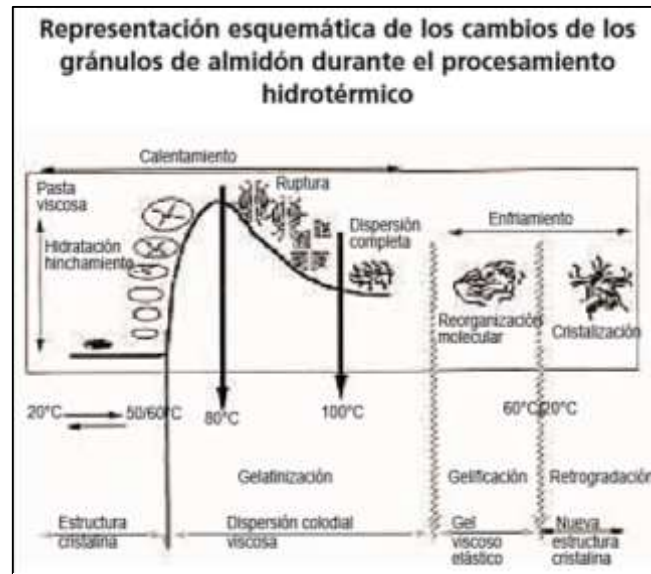


Figura 9. Representación esquemática de los cambios de los gránulos de almidón durante el proceso hidrotérmico, tomado de "Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca", por López (1994).

2.2.9.1 Gelatinización

La primera fase en la cual el agua se implanta en todos los gránulos del almidón, pasando a producirse el primer hinchamiento que se puede revertir. Durante el proceso de cocción, se solubiliza la amilosa y el almidón afronta una separación coloidal provocada por una etapa constante o diluyente que es requerida en la amilosa y una etapa de dispersión de los gránulos de almidón inflamado y enriquecidos en la amilopectina. Las partículas conservan su propiedad óptica incluida la capacidad de reflejar la luz polarizada ("birrefringencia"), la cual hace referencia a la formación lineal de las moléculas dentro de las partículas. Se puede percibir que las partículas de almidón de yuca presentan un nivel bajo de birrefringencia a temperaturas entre 58-64°C, en comparación con las partículas del maíz que se encuentra entre los 62-68°C. (18)

De continuar con las elevadas temperaturas, las partículas de agua alrededor de las partículas de almidón quiebran los enlaces de hidrógeno en el interior de los de estos, estos reciben el agua y se tienden a hinchar. Este proceso se realiza de manera irreversible siempre y cuando alcance temperaturas críticas dependiendo de la humedad del ambiente, esto es definido como la temperatura vítrea T_g ("Temperatura de

gelatinización”) característica de los almidones, y por ende depende de la concentración de la suspensión. Cuando la molécula se encuentra por completo hidratada se empezará a expandir abriéndose la hélice de la cadena hacia el extremo más externo y la cadena lineal más corta (amilosa) se termina difundiendo. Llegada esta temperatura también se incrementará el hinchamiento y la birrefringencia empieza a desaparecer; a este fenómeno se le conoce como gelatinización. (23). Este proceso se da en un intervalo de temperatura limitado, produciendo la inflamación de las partículas y la dilución parcial de los polímeros, polímeros que propicia la presencia de las propiedades de viscoelasticidad que aparecen en un amplio intervalo de temperatura.

Los cambios en el volumen por la absorción de agua van de la mano con el aumento de la viscosidad hasta que esta llega a su máximo a un punto llamado PICO DE VISCOSIDAD, en el cual los gránulos rompen y ocurre una propagación de amilosa y amilopectina, produciéndose una mezcla de partículas inflamadas de amilopectina, gránulos fundidos, y moléculas diluidas de amilosa. (24) La formación de esta viscosidad es resultado del nivel más alto de hidratación, el cual forma una pasta o lo que se conoce como engrudo, mientras la temperatura siga incrementándose y sea mayor a la de gelatinización, los enlaces continúan destruyéndose, las moléculas de agua buscarán unirse a los hidroxilos libres y los gránulos seguirán hinchándose. Este proceso llevará a que el almidón se vuelva más soluble. (18)

2.2.9.2 Gelificación y retrogradación

Después de la etapa de gelatinización, a través de esta parte de enfriamiento aparecen dos facetas la gelificación y la retrogradación.

A partir de la gelificación las moléculas empiezan a perder su propiedad de solubilidad y su tendencia es a asociarse. La retrogradación se caracteriza por la etapa del estado cristalino de la cadena de los polímeros que se agregan con el gel, cuando la pasta del almidón es enfriada y normalmente ocurre en tres estados:

- A) Debido al rompimiento de los enlaces intermoleculares que presenta la configuración helicoide se da la dilatación de la cadena.
- B) La reorientación de las moléculas debido a la pérdida de la capacidad de agua.
- C) La formación de una estructura cristalina con las moléculas contiguas provocada por la formación de enlaces de hidrógeno. (25)

Esta cristalización traerá consigo un fenómeno denominado sinéresis, que consta de la repulsión de un porcentaje del disolvente fuera del gel, produciendo que el nivel de viscosidad decaiga. El grado de retrogradación es provocado por factores como la amilosa, amilopectina, tamaño de la molécula, temperatura, pH y los componentes diversos que presente el almidón en el ambiente.

La composición de la amilosa favorece a la formación de muchos medios de enlace entre las moléculas vecinas, por tal motivo la retrogradación está asociada por mucho con la fracción de amilosa, sumado a su alto peso molecular. El nivel alto de concentración de amilosa permite la formación de geles opacos, fuertes y que sufren sinéresis. Los niveles bajos de amilosa ocasionan que se generen dispersiones claras y que la viscosidad no llegue a gelificar. (18)

Biotecnología: La biotecnología nos habla de la combinación de dos factores como son: productos orgánicos y la tecnología. La tecnología es usada para modificar los productos orgánicos y modificar su composición y usarlo para la creación de un nuevo producto o su implementación en otro ya existente.

Abarca el tema de investigación de las bases y las diversas aplicaciones que se les puede dar de acuerdo a las necesidades que se desea cubrir hay sea a nivel tecnológico como biológico. (11)

Bioplástico: Son algunos tipos de plásticos básicamente de material orgánico en su producción y que por ende tienen propiedades biodegradables, es el principal remplazo del plástico convencional, pero que debido a que no son sintéticos no se puede hablar específicamente de plástico como tal hay que no derivan del petróleo, pero dicha denominación se le asocia ya que están creados con la finalidad de sustituir a los plásticos de un solo uso.

El objetivo principal de los Bioplásticos es suplantar a los plásticos de un solo uso tales como: las bolsas de uso diario ya sea de supermercados o en tiendas pequeñas, las envolturas de los productos que en muchos casos son usadas y botadas a discreción sin medir su efecto, estos entre otros desechos generan cantidades inmensas de basura la cual al no ser biodegradable se acumulan y contaminan el ambiente.

En el caso de los productos degradables también producen cantidades similares de desperdicios, pero su principal característica y beneficio es que después de un tiempo

empiezan su proceso de disolución o degradación lo cual hace que no permanezcan en su estado de uso, beneficiando el proceso de exterminio de estos desechos.| (12)

Almidón: Se puede obtener de tubérculos tales como maíz, trigo, arroz, papa y la tapioca; si proviene de ellos se denomina fécula; y si proviene de un cereal se le denomina almidón. Sus propiedades son diversas de acuerdo del producto de donde se extrae y su variedad. Esto también varía a sus propiedades compuestas por dos sustancias la amilasa y la amilopectina. (13)

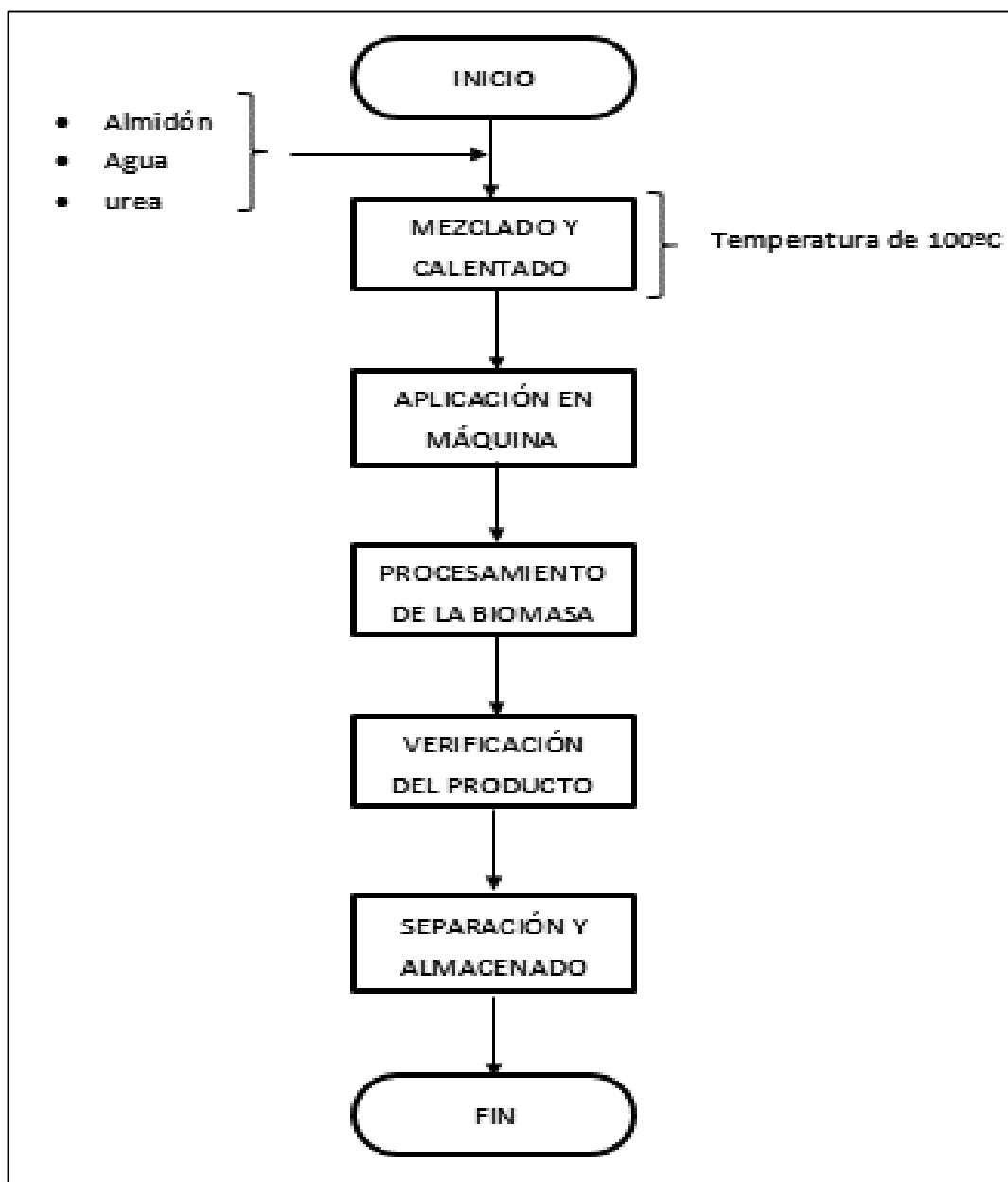


Ilustración 1. Proceso de extracción de almidón - Elaboración propia

2.3 Definición de términos básicos

Poliestireno: Es un plástico versátil usado para la elaboración de múltiples utensilios de consumo, dado que es un plástico duro y sólido se usa en envases que requieren transparencia.

Polietileno: Es un material termoplástico blanquecino, de transparente a traslúcido, y es fabricado en finas láminas.

Polipropileno: Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno.

Macromolécula: Es una molécula de gran tamaño creada comúnmente a través de la polimerización de subunidades más pequeñas. Por lo general, se componen de miles, o más, de átomos.

Gelatinización: Es un proceso por el cual las moléculas granuladas del almidón empiezan a absorber líquidos, sometiendo la mezcla a temperaturas entre los 60 a 70°C haciendo que la mezcla adquiera características solubles mediante el calor, el proceso se da a nivel de las zonas intermicelares amorfas ya que son menos organizadas y más accesibles al proceso.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

La metodología aplicada para este proyecto es principalmente explicar el proceso necesario y exacto para la extracción del almidón de la yuca en base a diversas técnicas, analizar cuál es el proceso correcto para lograr las características necesarias para que cumpla con lo establecido.

La obtención de la biomasa para proceder a amoldarse y hacerle pruebas de resistencia y biodegradación, para que cumpla su función de reemplazo del plástico de un solo uso no degradable.

Este proceso resulta más simple que el de sus similares como el maíz, cereales u otros productos, esta industrialización del almidón de yuca represente más del 80 % de las importaciones del mercado por parte de los países en crecimiento, pero el porcentaje de la elaboración de este producto a nivel mundial solo representa menos del 10%.

La extracción de este producto es demasiado versátil ya que se puede desarrollar en tres sectores o ámbitos sociales facilitando su proceso, pero no manteniendo la calidad debida que la pureza mejora con la maquinaria. Tenemos desde procesos artesanales, procesos de uso intermedio de maquinarias y los procesos de uso íntegro de maquinaria

en todas las etapas. Viéndolo desde este punto de vista la mecanización de este proceso eleva el nivel de extracción de la materia prima y a su vez eleva el nivel de rentabilidad del producto. (18)

A continuación, se indicará el proceso básico de preparación de la yuca para la extracción del almidón:

3.2 Extracción del almidón de yuca:

El proceso empieza desde la cosecha de la yuca, precisamente esta etapa es muy importante para lograr obtener un producto de buenas características.

Una vez cosechada la yuca esta tiene entre un día a máximo dos para llegar a la planta o lugar de extracción para evitar de sus características y propiedades fisiológicas y evitar se contaminen con microbios que provocan el deterioro o putrefacción del producto. El corto tiempo desde el inicio al final del proceso es esencial para tener como resultado un producto de alta calidad y mejores cualidades para su manipulación. (18)

El proceso para la obtención del almidón a través del cual se obtendrá la materia cuenta con 6 pasos básicos:

3.2.1 Lavado:

La etapa del lavado irá acompañado del pelado, primero se tendrá que quitar el exceso de tierra que está presente en la yuca, se frota una raíz contra a otra para facilitar el retiro durante el lavado, la pérdida del peso por este lavado representa como máximo el 3%, al proceder con el pelado debemos conservar la cáscara ya que también presenta contenido de almidón.

3.2.2 Rayado:

Proceso extrae las moléculas de almidón de la yuca a través del raspado de la raíz. Se busca la liberación de las partículas de almidón que se encuentran en los filamentos de la raíz de yuca. El rayado correcto determinará la calidad del almidón que se recolectarán, si este no es adecuado no se conseguirá extraer el almidón de las fibras de la yuca, si el rayado es deficiente este se perderá entre la viruta extraída. Si la fibra es muy fina esta podría dañar las partículas de almidón en ellas provocando su deterioro a

nivel de las enzimas y la pérdida del nivel de densidad, provocando que el sedimentado sea lento debido a estas causas.

3.2.3 Colado:

Proceso de separación del bagazo de las raíces del líquido blanco lechoso. Este proceso de extracción es el que nos permitirá la separación de la fibra de la yuca de la sustancia blanquecina similar a la leche que segrega esta, se recomienda que este proceso se repita por dos veces ya que las fibras demasiado finas podrían pasarse. (18)

3.2.4 Sedimentado:

El producto lechoso extraído es separado de acuerdo a la densidad de la sustancia. A través de un proceso de centrifugado en el cual las partículas de almidón son separadas del exceso de agua que presenta la solución. (18)

3.2.5 Secado:

Proceso para extraer el exceso de humedad del producto más denso. De acuerdo a la tecnología que se maneje, ya que de ser un proceso artesanal exponiéndose al sol podríamos esperar que se logre el secado ideal, o en un proceso artesanal mediante procesos de calor buscando su evaporación, el objetivo es lograr reducir hasta un 12 a 13 por ciento esta humedad. (18)

3.2.6 Tamizado:

Proceso de molido del producto seco para hacerlo fácil de trabajar. De igual manera que en el proceso anterior depende de la tecnología o proceso que se realice. En un proceso artesanal se realizaría por medio de unas cernidoras de malla muy fina que permitirían la limpieza del almidón y a su vez la separación de las partículas. Pero si el proceso se realiza con el apoyo de la tecnología pasará por un molino para lograr que la partícula sea más fina y con el mismo objetivo de separar el almidón. (18)

3.3 Proceso de Extracción a nivel Artesanal

Esta metodología es la más trabajosa y la que produce los niveles de resultados más bajos debido a que el proceso es en su totalidad manual, normalmente este proceso se les atribuye a familias de campesinos convirtiéndose en un sustento familiar. La materia procesada por día oscila entre 50 a 60 kilogramos por persona, consiguiendo un porcentaje bajo de extracción de materia de almidón solo llegando hasta un 20% aproximadamente. Viéndolo desde el lado de extracción por kilo de cada 6 de raíces de yuca se logra 1 de almidón. (18)

La etapa del lavado de las raíces es uno de los procesos que se realiza de manera manual y si la demanda es grande se puede optar por el uso de los pies como lo muestra la figura.



Figura 10. Lavado con los pies, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Luego de estar limpias las raíces se procede con el pelado el cual se realiza usando cuchillos, para retirarles la cáscara o la corteza de está, buscando prepararlas para la etapa de rayado. (18)



Figura 11. Pelado con la mano, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

La parte del rayado es uno de los procesos que se realiza con elementos creados o improvisados, usando latas que fueron adaptadas con perforaciones estáticas o un cilindro acerado que presenta las adaptaciones de las latas. (18)



Figura 12. Rayado manual, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Después de la etapa de rayado la pulpa que se obtiene es transferida en telas que se encuentran colgando en unas armazones de madera que por debajo de ellos tienen unos bandejas o depósitos, este proceso de lavado se realiza administrandoles agua y

exprimiendo la pulpa con los telares de forma manual, logrando recolectar en los depósitos inferiores la sustancia lechosa de almidón. (18)

El éxito de este proceso y su mayor eficiencia depende de factores como la calidad de la yuca, el estilo de rayado que se emplea, la cantidad de personas que intervienen en el proceso y la habilidad ganada con la práctica. (18)



Figura 13. Colado de material fibroso, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Finalmente, una vez se haya logrado obtener las partículas de almidón se empezará a retirar el exceso de líquido que termina en la parte superior, y la masa que se queda en el fondo se procede a desmenuzar para facilitar su secado. Para mejorar el proceso se puede verter la masa en los tejados sobre una superficie de zinc o también una base de madera, este almidón tiene que ser constantemente movido para lograr un secado eficiente. (18)



Figura 14. Secado sobre tejado, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

3.4 Proceso de Extracción a nivel intermedio: Uso parcial de maquinaria.

A esta escala de una extracción a nivel semi mecanizado se puede a realizar la producción mayor hablamos de entre 1 a 10 toneladas en materia extraída de almidón en cada día, con una variabilidad del rendimiento del proceso entre el 17 a 25 % lo cual hace referencias a raíces frescas. (18)

El proceso de lavar y pelar se realiza por medio de un tambor con forma de cilindro en donde a través de chorros de abundante agua y la fricción del choque entre las raíces se van descascarando las vasijas presentan agujeros en los costados por los cuales va saliendo los residuos del interior, este depósito es abastecido de agua por dos tuberías que ingresan por los extremos y una central la cual tiene por finalidad quitar la cáscara e impurezas que tiene la yuca. (18)



Figura 15. Lavado y pelado de raíz de yuca, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Con una capacidad que oscila entre la tonelada a tonelada y media por hora, y un consumo de agua de alrededor de un libro por cada kilogramo de raíz de yuca. Un tiempo de procesado de 5 minutos con lo cual efectiviza el proceso de purificación de las raíces. (18)

El proceso de rallado se realiza en un cilindro de madera forrado con una lámina de hierro el cual presenta perforaciones con patrones de 1 a 2 por centímetro cuadrado, este cilindro gira a una velocidad de entre 1200 a 1300 rpm, teniendo como resultado la pulpa de la raíz de yuca uniforme. Esta máquina rinde alrededor de tonelada y media de raíz por hora. Este proceso se realiza en seco generalmente, pero si se busca que el proceso de filtrado continúe se le agrega un poco de agua. Este rallador tiene que ser reemplazado constantemente debido al desgaste provocado por el agua y la merma. (18)



Figura 16. Rayadora de yuca, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Luego del proceso de rayado se pasa al proceso de colado la cual se realiza en un cilindro sujeto a un a un eje de rotación media y con aspas que realizan el mezclado de la masa con agua, con una revolución de giro entre 20 a 22 por minuto, por el cual se descarga la masa por los costados, en su interior presenta una malla el cual hace el filtrado dejando pasar solo la solución blanca, evitando que la fibra de la yuca no pase. Esta máquina puede colar entre 250 a 300 KG de la fibra rayada. La relación del almidón obtenido con respecto a la merma generada, tendrá mucha que ver con la malla o filtro que se use, con una malla más fina se puede mejorar la calidad del almidón que se recoge, si lo que se busca es evitar que la lechada que se obtiene sea más pura se puede realizar un segundo colado a través de una tamizadora que mediante la vibración logrará retirar las fibras delgadas. (18)



Figura 17. Lavadora y tamizadora, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Después este producto pasará por la etapa de sedimentación la cual permitirá separar la proteína, la lechada y las fibras finas, pasando por canales en un proceso que demora 3 horas, para luego pasar a unos tanques en los cuales estará entre 6 a 8 horas; se obtendrá tres capas al final la capa superior será de agua la intermedia será de almidón con proteínas al cual se le denomina mancha, y la inferior es el almidón. El exceso de agua que llega hasta la superficie es retirada a través de la vía de desagües, la llamada mancha es llevada a los ríos para su lavado evitando con esto la contaminación de los desagües. El único límite en este tipo de procesos es el sedimentado ya que de aplicarse recipientes más pequeños dependería de la cantidad de estos para saber cuánto almidón se produciría. (18)



Figura 18. Canales de sedimentación, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Obtenido el sedimentado este producto presentara un nivel de humedad de casi el 50 % este pasara a ser reeditado de los canales y desmoronado para ponerlo en patios de cemento para agilizar su secado en búsqueda de un nivel por menor del 12%, para mejorar el proceso de secado en los patios se le sobrepondrá un plástico negro de calibre 6, con la única finalidad que el color atraiga la radiación e intensifique el proceso. Este proceso requiere grandes extensiones de patios para una industria mediana y unas condiciones de clima favorables para el proceso. (18)



Figura 19. Secado en patios, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Por último está el proceso de volver polvo este material secado a través de procesos de molido y tamizados para convertirlo en una especie de harina, este proceso termina con el colado en mallas las cuales definirán la calidad del almidón que se busca comercializar. (18)

3.5 Proceso de Extracción a nivel completo: Uso de maquinaria.

Un proceso en el cual se caracteriza por el uso automatizado y completo de maquinaria de nivel, lo que conlleva que la cantidad de materia procesada sea alta, entre 15 a 150 toneladas al día; con un rendimiento de planta del 27 al 33 %. (18)

Por lo general el proceso empieza desde la cosecha el cual se realiza con el apoyo de maquinaria para luego ser trasladado en camiones con pesajes establecidos y controlados. Esta materia no puede pasar mucho tiempo para su proceso, con la finalidad que la calidad del almidón sea la mejor, un proceso que demora como máximo 24 horas desde que se almacena hasta su proceso de limpieza. (18)



Figura 20.Recepción de la raíz de yuca, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

El producto almacenado pasará a ser elevado al área de limpieza en el cual por medio de bandas transportadoras la cual presenta aspas giratorias las cuales a su paso irán masajeando las raíces provocando su lavado y pelado a la vez. Esto sumado a los chorros de agua a presiones altas ayudan a que se pueda limpiar por completo la raíz, este proceso completo permite llevar un control de los desechos a través de sus paredes permeables. (18)



Figura 21. Pre lavado de la yuca, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).



Figura 22. Lavado y pelado de yuca en cadena, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Posterior a su lavado pasará a una etapa de clasificación de la calidad de la materia prima, se realizará por medio de bandas transportadoras y la inspección será un proceso manual el cual ayudará a retirar las imperfecciones que se pasaron en su lavado, el final de este proceso es no dañar o afectar los procesos futuros para no ver comprometida la calidad del producto final. (18)



Figura 23. Inspección manual de calidad de yuca, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Después de la verificación del producto este pasará a una trituradora la cual permitirá que los pedazos mantengan un tamaño estándar entre 2 a 3 cm. Conseguido la uniformidad de la raíz este pasará a ser elevado a un rayador industrial, el cual es una máquina que desintegra la yuca para realizar la extracción del almidón a nivel molecular. (18)



Figura 24. Triturador de yuca, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Luego pasa a una etapa de extracción de las impurezas en la cual se busca retirar las fibras gruesas y pequeñas, así como las impurezas que se generan en la pulverización de la materia, este proceso se realiza a través de un lavado adicionando agua a la sustancia y buscando la separación del almidón. (18)



Figura 25.Desintegrador de yuca, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

La solución obtenida pasa a una etapa de purificación en la cual por medio de dos máquinas centrifugadoras se busca lograr la concentración y pureza de la lechada, en una primera etapa se somete a una máquina giratoria con forma de plato la cual busca retirar las fibras delgadas que pudieron pasar, la segunda etapa busca lograr un nivel de concentración mediante el centrifugado de su viscosidad. El exceso de agua usada en este proceso de centrifugado es retroalimentado a la etapa de lavado y pelado para su reúso para luego terminar en la etapa de tratado de fluidos de la planta. (18)



Figura 26.Tamizadora o extractora, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Después de ser concentrada la materia de almidón esta será enviada por medio de bombas a una etapa de agitado proceso por el cual se busca se mantenga la concentración del producto y evitar se separe la mezcla lograda. Para después pasar a la separación de la mezcla extrayendo el excedente de agua, el cual se puede realizar por dos métodos; el primero un que se realiza por medio de un filtro al vacío y el segundo mediante un proceso que gira a altas revoluciones. Se puede obtener mejor con el centrifugado que con el filtro al vacío en una relación de 35% a 48% de humedad respectivamente. (18)



Figura 27. Tanque de bombeo de almidón de yuca, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

La materia deshidratada pasa a la etapa de secado a través de un secador neumático buscando evaporar el nivel de agua existente aún en la masa, llevándolo a temperaturas entre los 120 a 170°C. (18)



Figura 28. Filtro de vacío, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).



Figura 29. Máquina centrifugadora, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Por último, el almidón seco ya casi en polvo con un nivel de humedad entre 12 a 13% y con 58°C, se llevará a unos silos en los cuales se busca bajar la temperatura y almacenar hasta pasar al proceso de envasado, esto es muy importante ya que si se envasara directo del proceso de secado el producto se condensaba y se formaría una especie de gelatina o formación de grumos en los empaques. (18)



Figura 30. Silo de enfriamiento del almidón y almacenamiento de fibra, tomado de “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, por Aristizábal, Johanna y Sánchez, Teresa (2007).

Tabla 1. Cuadro de presupuesto de gastos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Computador	1	S/.1600.00	S/.1600.00
Mueble	1	S/.400.00	S/.400.00
Silla	1	S/.120.00	S/.120.00
Impresora	1	S/.120.00	S/.120.00
Material de oficina y escritorio	0	--	S/.85.00
Alquiler de local	1	S/.850.00	S/.850.00
Servicio de Luz	1	S/. 45.00	S/. 45.00
Servicio de Internet	1	S/. 60.00	S/. 60.00

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1 Identificación de requerimientos

Estamos identificando la viabilidad de la elaboración de un sustituto a los vasos de plástico en base a derivados del petróleo enfocándonos en la investigación de productos naturales ricos en almidón y que estén al alcance de la sociedad para poder utilizarlo; en este caso tomamos a la yuca siendo rico en almidón y un producto abundante de nuestro país.

Se ve que a través del uso de la yuca y extrayendo las partículas de almidón se puede usar esta materia para crear un plástico que pueda sustituir a los derivados del petróleo; analizaremos el proceso correcto a seguir para poder conseguir una masa que cumpla con las características de los vasos que se plantea reemplazar.

Un punto de vista ecológico es el que apoya esta iniciativa buscan que el producto que se encuentre sea amigable con el ambiente y que los tiempos de degradación sean cortos y que esté en su proceso no afecte al ecosistema ni deje secuelas a futuro; por otro lado, también se busca que al reemplazar a los vasos convencionales este no altere el producto ni las características de las sustancias que se consuman por medio de este nuevo vaso.

Pensando en lograr comprobar la factibilidad del proceso es se plantea realizar un proceso adecuado que cumpla con las exigencias y las normas establecidas por el

estado para los productos desechables, buscando que su convivencia con el medio ambiente no se prolongue por mucho tiempo.

4.2 Análisis de la solución.

En la búsqueda de lograr el objetivo planteado se elaborará mediante un proceso artesanal consiguiendo como primer punto lograr conseguir la harina de yuca mediante los procesos explicados en el capítulo 3, se buscará un proceso para lograr conseguir en primer lugar la materia prima en este caso el almidón de yuca, siguiendo un proceso al alcance de la mano de forma artesanal de manera similar que el proceso de que se plantea en el capítulo anterior.

Se tiene que buscar la combinación de plastificante adecuado para la masa de almidón buscando entre la urea y la glicerina cual trabaja mejor en el proceso, y de ser necesario se buscará el uso de otras sustancias que permitan lograr que el almidón de yuca logre la plastificación adecuada para resistir el moldeado y las pruebas resistentes del producto.

Por otro lado, se tiene que ver el material adecuado para la elaboración del modelo adecuado del molde que se usará para elaborar el vaso, productos como el caucho o la silicona ayudan a formar moldes que ayudan a la masa no se quede adicionada con la base y también ayudan para su desmoldado seguro sin afectar el prototipo.

Se busca conseguir que el producto final tenga las características adecuadas y similares del vaso convencional y que el proceso sea el más adecuado para cumplir con su función. Se elaborará un proceso de extracción del almidón, para luego pasar al proceso de lograr la materia plastificante y el moldeado será el paso final para la comprobación de sus características.

4.3 Diseño.

4.3.1 Elaboración de almidón de yuca:

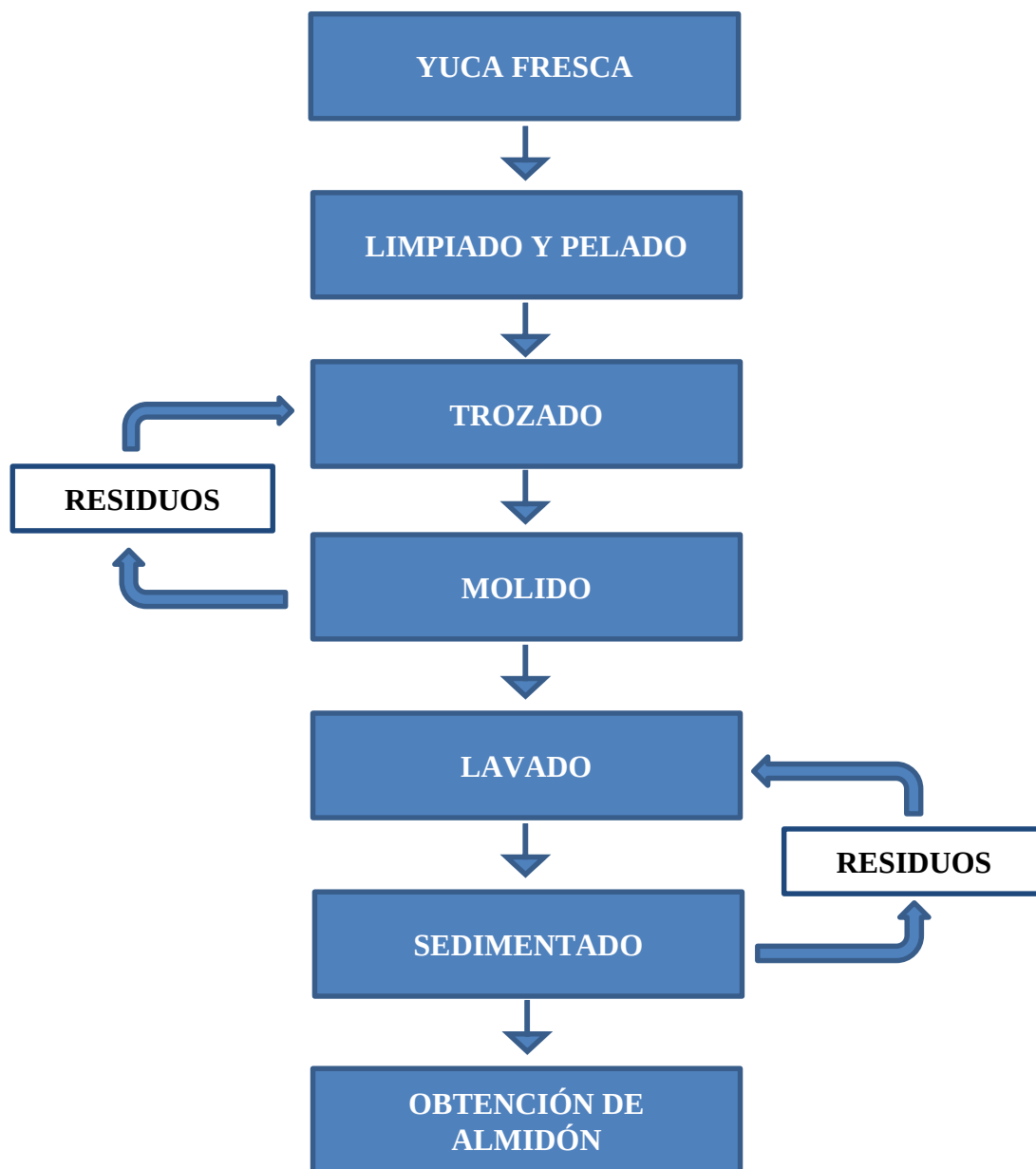


Ilustración 2. Elaboración de almidón de yuca - Elaboración propia

4.3.2 Elaboración de Molde:

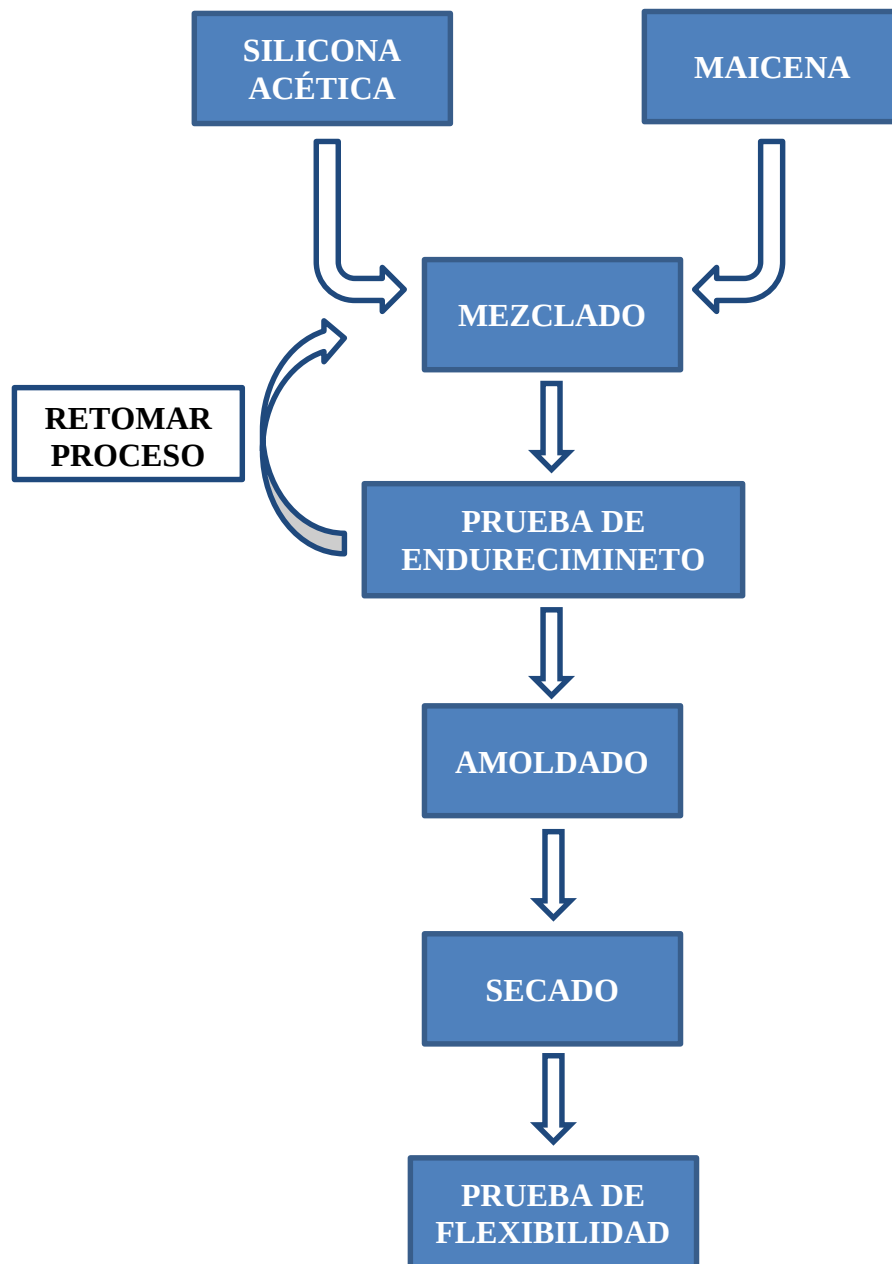


Ilustración 3. Elaboración de molde - Elaboración propia

4.3.3 Elaboración de bioplástico para prototipo:

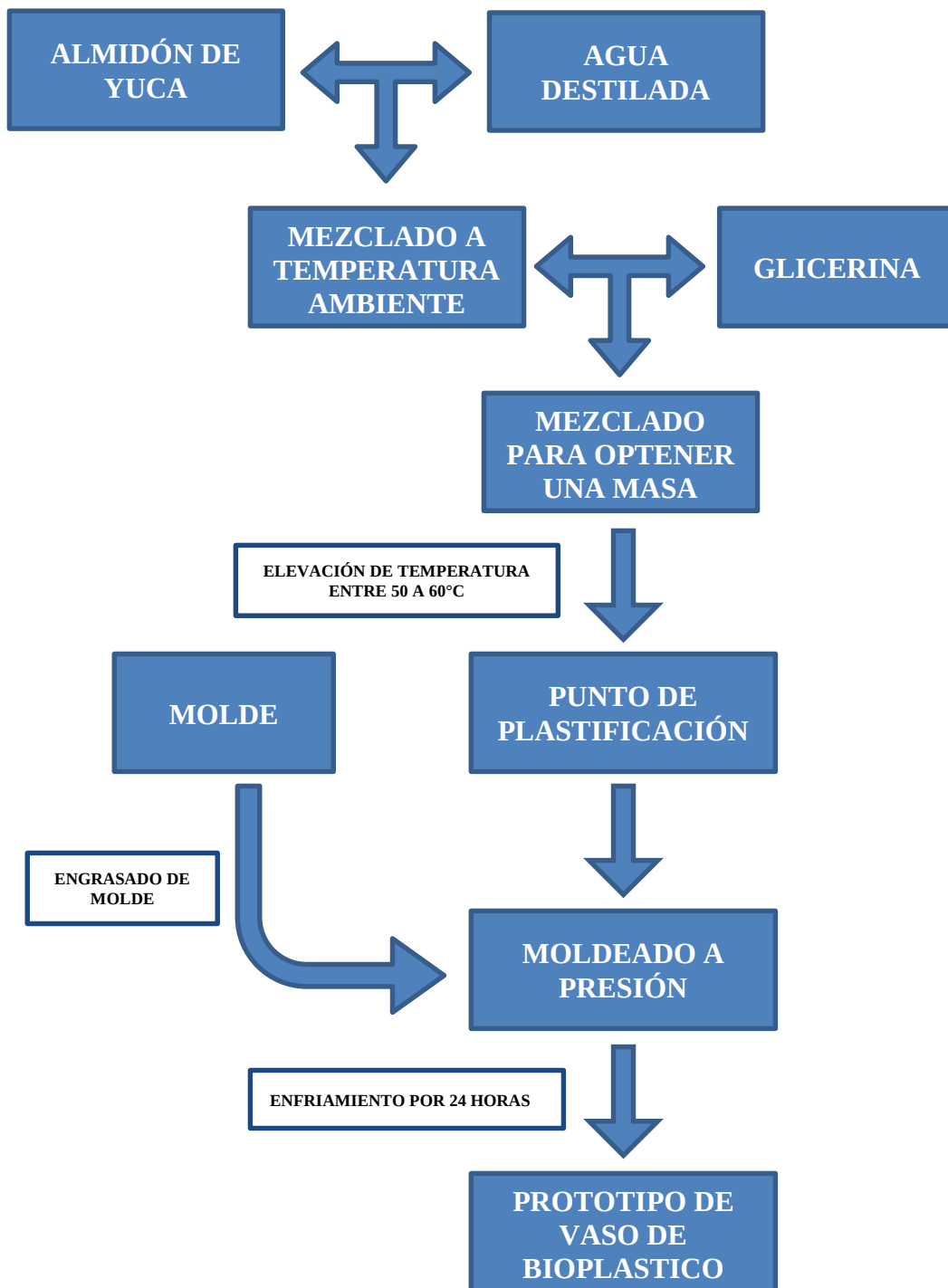


Ilustración 4.Elaboración de bioplástico - elaboración propia

CAPÍTULO V

CONSTRUCCIÓN

5.1 Construcción

5.1.1 Etapa de Extracción de Almidón:

En esta etapa empezaremos por conseguir la materia prima para la elaboración del bioplástico empezando por la obtención del producto base que es la yuca la cual procederemos a procesar de manera artesanal en búsqueda de extraer su almidón el cual representará entre el 22 al 28% de la cantidad procesada.

Se procede al lavado de la raíz de yuca limpiando las impurezas y retirando el excedente de tierra que puedan presentar, una vez retirada las impurezas externas se procederá a pelar retirando la cáscara gruesa del producto para poder procesar la fibra interna del producto se realiza de manera manual con la ayuda de un cuchillo se hace un corte a largo de la raíz de unos 4 a 5 mm. De profundidad buscando no retirar gran cantidad de la fibra interna. Y como si fuera una cebolla se le retira la capa de madera que presenta.



Figura 31. Raíz de Yuca – Imagen propia

Una vez obtenida la yuca limpia y sin la cáscara gruesa se procederá a cortar en medallones de unos 2 a 3 centímetros para facilitar su proceso de machacado o molido el cual nos ayudará a extraer pedazos más pequeños y a su vez lograr romper los enlaces moleculares para que se libere el almidón interno.



Figura 32. Medallones de Yuca – Imagen propia



Figura 33.Molido de Yuca – Imagen propia

En este caso se optó por la ayuda de un martillo para ayudar a destrozar la yuca hasta lograr una masa grumosa buscando una uniformidad en tamaños, el objetivo de esta etapa es lograr conseguir que la fibra y el almidón rompan su unión para proceder a su extracción.

Con la ayuda de una malla o colador se realizará la extracción de la lechada presente en la masa. La yuca triturada colador al cual se le suministrará agua fluida de manera fluida lavando la masa con la ayuda de la mano, con la ayuda de la mano se presionará la yuca trozada y húmeda dentro del colador, buscamos lograr conseguir la mayor cantidad del líquido blanco parecido al lavado que se le hace al arroz, rápidamente se podrá apreciar que en el fondo se empieza a asentar una película de almidón.



Figura 34.Almidón y agua extraído de la yuca – Imagen propia

Una vez obtenida la sustancia de característica lechosa se procederá a dejar reposar por un tiempo de 18 horas a un día luego del cual se tendrá que proceder a retirar el exceso de agua que sale a la superficie, se comenzará a visualizar una separación notoria de una sustancia blanca que se va quedando al fondo del envase, y por encima de esta un agua casi transparente que vendría a ser el exceso de agua del almidón. Este proceso se realiza por dos días en los cuales tendremos como objetivo lograr alcanzar el almidón más puro sin excesos de agua para que se logre una masa más compacta y resistente al moldeado.



Figura 35.Sedimentación del almidón de Yuca – Imagen propia

En la Figura 35 podemos apreciar como luego de un tiempo se empieza a sedimentar el almidón en el fondo del envase, y el exceso de agua empieza a sobreponerse tomando una coloración amarillenta, como se explicó este proceso lleva entre 18 a 24 horas para poder conseguir que todo el almidón se sedimente en el fondo, el tiempo ayuda a lograr obtener la pureza y mayor cantidad de esta fécula.

5.1.2 Preparación del molde de vaso:

Para la elaboración del molde se necesitará un polímero que permita conservar la forma y que sea de fácil manipulación. Se elige por usar silicona en pasta que se puede

encontrar en cualquier ferretería la cual se mezclara con maicena para convertirlo en pasta fácil de manipular y que se logre un secado rápido.



Figura 36. Silicona de tubo – Imagen propia

Se procede a extraer la silicona del tubo en un recipiente y se le agrega 100 gramos de maicena por cada tubo de silicona, con la ayuda de una espátula o la mano aislada con aceite se procede a mezclar hasta lograr un punto en el cual se empieza a solidificar la silicona, en este punto se deposita en un recipiente el cual servirá para mantener la base del molde del vaso.

El vaso que se usará como molde se procede a aislar con aceite untando por todo la parte externa de este, con la ayuda de la mano se introduce el vaso en la masa de silicona haciendo presión para lograr quede compacto dentro de la masa. Como se puede apreciar en la figura 37.



Figura 37. Base de molde de vaso para prototipo – Imagen propia

El mismo proceso se realiza para conseguir el molde interno del vaso, se prepara la masa y antes de ingresarla en el vaso se procede a aislar el interior con aceite para evitar

que se pegue la masa de silicona al vaso de vidrio. Al momento de agregarlo se tiene que aplicar una presión con los dedos para lograr la compactación de la masa dentro del vaso ya que de quedar una estación vacía afectaría al molde provocando imperfecciones en este.

El proceso de secado no demora ya que la silicona es de rápido endurecimiento y se conseguirá una compactación que permite su manipulación gracias a su grado de flexibilidad parcial, permitiendo su fácil retiro del molde cuando el bioplástico sea adherido.

5.1.3 Preparación del bioplástico para el molde:

La etapa de conseguir la masa de bioplástico consta de un proceso de reacción del almidón que se obtuvo del sedimentado mezclándolo con un plastificante, en este caso usaremos GLICERINA, el cual logrará la reacción plastificante con la ayuda un soluble de agua purificada como es agua destilada:



Figura 38. Glicerina



Figura 39. Agua destilada.



Figura 40. Almidón de yuca seca

Después de casi 18 horas para el secado del almidón terminará en forma de grumos los cuales se pueden soltar fácilmente con la ayuda de la mano en un depósito se mezclara el almidón con el agua destilada buscando que se forme una masa uniforme evitando se formen grumos.

Una vez lograda la masa se agrega la glicerina en relación de por dos medidas de la masa una de glicerina se mezclara buscando uniformizar la masa para proceder a activar el proceso de plastificación con la ayuda del calor. Con la ayuda de una cocina se calienta la masa por un tiempo de 3 a 5 minutos hasta lograr un punto de plástico derretido una masa elástica que logra un punto compacto.



Figura 41. Bioplástico de almidón de yuca.

El bioplástico obtenido se procede a vaciar al molde del vaso el cual tiene que ser aceitado previamente para evitar que se pegue en sus paredes y se tapa con el molde interno ejerciendo presión para que la masa se extienda por las paredes del vaso cubriendo todas las superficies del molde, entre más tiempo se deje pasar la masa de bioplástico se empezará a endurecer y será difícil amoldarse, es por eso que el proceso se realiza con mucha rapidez evitando que se solidifique antes de lograr la forma que se le quiere dar.



Figura 42. Prototipo de vaso de almidón

Una vez logrado darle la forma con la ayuda de la presión de un peso o una compactadora se dejará secar el prototipo por un día para que logre tomar una forma maciza el bioplástico logra un punto de endurecimiento en el sol una de las propiedades de esta biomasa.

El molde de silicona ayuda a su desmoldado permitiendo su maniobrabilidad y evitando afectar en el producto, luego del proceso de secado se pasa al desmoldado con

la ayuda de una cuchilla delgada se ayudará al retirado del molde tratando de no afectar el vaso de bioplástico.

El producto obtenido es un vaso de bioplástico de almidón de yuca el cual será sometido a pruebas de resistencia, deformación y degradación.



Figura 43. Vista lateral de Prototipo de vaso de almidón de yuca



Figura 44. Vista superior de Prototipo de vaso de almidón de yuca

El prototipo logrado presenta un endurecimiento resistente, se pudo lograr su solidificación después de 48 horas de secado el color amarillento es característico del almidón, presenta una rigidez que permite contener en su interior líquidos, al estar compuesta por productos naturales tales como el almidón, la glicerina y el agua destilada;

hace que este producto al ser consumido no sea toxico o dañino. Se puede apreciar en la figura 45 que la apariencia mejora cuando se humecta el prototipo retirando las impurezas ocasionadas por el molde de silicona.



Figura 45. Vista lavado de Prototipo de vaso de almidón de yuca

5.2 Pruebas y resultados

El producto obtenido se tendrá que verificar que cumpla las condiciones y especificaciones de los bioplásticos, debe ser resistente a líquidos ya que al ser un envase de bebidas tiene que ser resistente a los productos y las variedades de líquidos.

Se busca también determinar la reacción al ambiente, así como, su impacto al calor ya sea ambientar como de los líquidos que contendrá.

5.2.1 Prueba de resistencia a fluidos:

Se extrae una porción de almidón seco que se sometió al calor y se puede apreciar que su endurecimiento y compactación lo hace resistente al agua fría a tal punto que no pierde su forma o estructura, lo que no pasa si lo sometemos a agua caliente entre 70 a 80°C en la cual empieza a perder su composición y comienza su proceso de disolverse.

Es por eso que se le agrega la glicerina y el agua destilada buscando que sea resistente a los cambios de temperatura pero no llegue a disolverse. Pero si se puede verificar que el bioplástico sometido a líquidos en altas temperaturas después de unos 20

minutos empezará a perder su rigidez, característica de los envases sometidos a sustancias con temperaturas elevadas.



Figura 46. Prueba de resistencia a líquidos del Prototipo de vaso de almidón de yuca



Figura 47. Almidón de yuca solidificado

5.2.2 Prueba de biodegradabilidad:

Para ver las características de degradación se realiza pruebas sometiendo al polímero encontrado a agua dulce, salada y desechos sanitarios:

Cuando se deja en **agua dulce** por un tiempo determinada una porción del polímero se puede apreciar que no se procede una degradación o la emisión de CO_2 , debido que el bioplástico de almidón presenta gran cantidad de puentes de Carbono en su composición, lo que se puede apreciar es que el empieza a hincharse la muestra debido a la absorción de agua en el interior de las moléculas de almidón por tener características hidrofílicas.

Este hinchamiento de las moléculas hace que el polímero empiece a separarse y el plastificante usado (glicerina) se empiece a disolver en el líquido, convirtiéndose en una disolución del bioplástico más que una degradación.

Esta característica reacción en agua dulce si se puede calificar como un producto que no permanece mucho tiempo en el ambiente en este caso en agua dulce por lo que sería un producto Biosoluble y de corto tiempo de permanencia en el ambiente y al ser elaborado con productos naturales no representa un factor tóxico en agua.



Figura 48. Hinchamiento del polímero de almidón de yuca

Para el caso de **agua salada y desechos sanitarios** el proceso de biodegradación se realiza con la presencia de CO_2 debido a la aparición de un hongo característico de los vegetales *Aspergillus Níger*, este permite que el producto vegetal empiece su proceso de degradación hasta la mineralización o descomposición liberando sus compuestos solubles que pueden ser reusados por las plantas.

Este hongo llega a aparecer en el día 20 a 25 de sometido al bioplástico a agua salada o desechos sanitarios, en el caso de estos dos agentes el proceso de degradación tiene un proceso más largo pero no tanto como los derivados del petróleo, se puede decir que entre 6 a 8 meses tarda en degradarse en condiciones ambientales.

Pero este no es un factor que pueda afectar ya que al ser elaborado con productos naturales y no tóxicos su impacto a la naturaleza no genera alteraciones tanto para la flora como para la fauna. En el siguiente cuadro podemos apreciar un comparativo entre la mineralización o descomposición del polímero en agua salada y en desechos sanitarios.

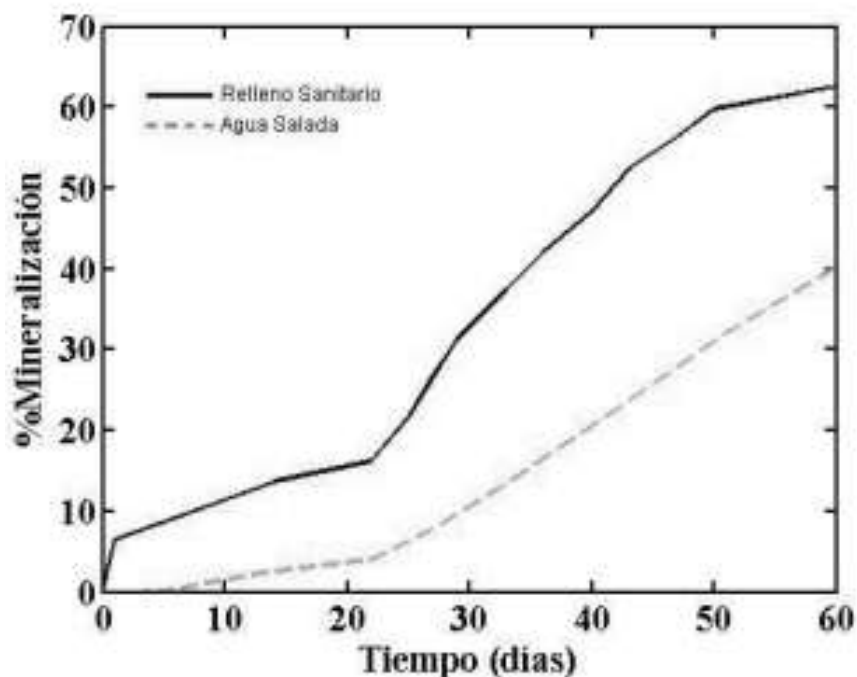


Figura 49. Descomposición del polímero de yuca, tomado de "Polímeros biodegradables a base de almidón de yuca", (2007).

5.2.3 Prueba de características mecánicas:

Una de las pruebas mecánicas a la cual se somete a los polímeros vegetales es la exposición de a la luz del sol lo cual incluye el calor y la radiación factores que afectan directamente en la estructura y estabilidad del **vaso de bioplástico**.

Se puede apreciar que de someterse el polímero a la **luz solar** este empieza a perder su estructura de puentes de carbono por el ingreso de la luz ultravioleta causando que su nivel de flexibilidad pase a un nivel de fragilidad, subiendo su flexibilidad en aproximadamente un 20% y perdiendo un 24% su nivel de resistencia al esfuerzo externo.

A diferencia de las pruebas de degradación, en esta no se produce una alteración de su estructura, más bien es un aumento en sus propiedades mecánicas del producto.

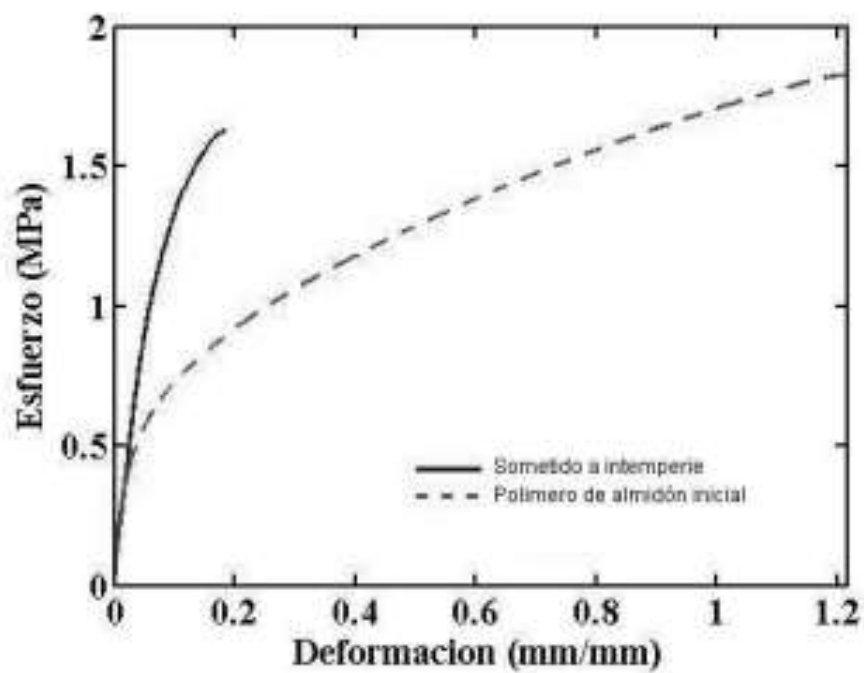


Figura 50. Curva de deformación, tomado de "Polímeros biodegradables a base de almidón de yuca", (2007).

CONCLUSIONES

La contaminación por los plásticos derivados de petróleo está causando daños al ambiente en muchos casos irreparables, la búsqueda de un producto alternativo que cumpla con las especificaciones solicitadas por las nuevas normativas es viable a través del uso de almidón vegetal como materia prima para la elaboración de envases sustitutos.

La yuca es un producto rico en almidón y que se cosecha en el Perú convirtiéndose en una materia prima al alcance para su inclusión en procesos de elaboración de bioplástico como sustituto del polímero derivado del petróleo.

El almidón de yuca es un producto que se ha estado trabajando buscando la manera más productiva y factible para su comercialización, pasando por procesos artesanales, semimecanizado hasta llegar a procesos totalmente mecanizados; logrando en el proceso obtener almidón de mejor calidad y procesando mayores cantidades de materia prima.

La elaboración de bioplástico en base a almidón de yuca es viable con la ayuda productos naturales como la glicerina como factor plastificante y agua destilada como solvente, tratados mediante un proceso artesanal y consiguiendo una masa moldeable y resistente.

Se puede fabricar vasos de bioplástico de almidón de yuca, dándole forma a la biomasa obtenida con la ayuda de un molde de silicona en un proceso práctico y siguiendo el proceso de manera adecuada cumpliendo las especificaciones establecidas.

El vaso elaborado con el almidón de yuca es resistente para poder contener líquidos en su interior hasta una temperatura 70 a 80°C que no altere su estructura física, es tan resistente como un vaso convencional.

El prototipo logrado cumple características de biodegradabilidad y disolución; en agua dulce, agua salada y desechos sanitarios; no es tóxico por sus características naturales y es amigable con el medio ambiente, sus características mecánicas son alteradas en contacto con la luz solar, siendo una mejor opción que los polímeros derivados de petróleo.

Es viable la propuesta de elaboración de vasos en base a almidón de yuca como sustitutos de los convencionales que tengan propiedades de biodegradabilidad y es posible establecer un proceso desde su extracción del almidón hasta lograr un prototipo que cumpla con las especificaciones de degradación que requieren los desechos.

TRABAJOS FUTUROS

En base a los resultados encontrados en la elaboración del bioplástico se pueden generar nuevas ideas de producción o nuevos prototipos:

Se puede lograr elaborar utensilios para comer en base al bioplástico, tales como cucharas, tenedores, cuchillos o platos descartables los cuales se degradan con facilidad en cortos tiempos en el ambiente.

La implementación de un proceso industrial para la extracción y elaboración del bioplástico, facilitando su producción y logrando procesar cantidades más grandes de yuca, buscando la masificación y la mejora de la calidad de almidón extraído.

Se puede lograr también la implementación de una planta de envases biodegradables con un mejor acabado y logrando cumpla con estándares de calidad, para una producción masiva y un proceso fluido, logrando la industrialización del proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) **Noticias ONU.** Naciones Unidas. (12 de Mayo de 2017). [Fecha de consulta: 15 de enero de 2020] Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2017/05/1378771>.

(2) **Diario Oficial del Bicentenario El Peruano.** Diario oficial del Bicentenario El Peruano. *Diario oficial del Bicentenario El Peruano*. (8 de Diciembre de 2018). [Fecha de consulta: 19 de enero de 2020] Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-los-recipientes-ley-n-30884-1724734-1/>.

(3) **Meza Ramos, Paola nathali.** Universidad Agraria la Molina. *ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE ALMIDÓN*. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental) Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016. [Fecha de consulta: 24 de enero de 2020] Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

(4) **Charro Espinosa, Monica Margarita.** Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de patata. *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de patata*. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Quito: Universidad Central del Ecuador. 2015. [Fecha de consulta: 24 de enero de 2020] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

(5) **Ruiz Avilés, Gladys.** Polímeros biodegradables a base de almidón de yuca. *Polímeros biodegradables a base de almidón de yuca*. Tesis (Título de Magíster en Ingeniería de Procesamiento de Polímeros). Medellín: Universidad EAFIT. 2005. [Fecha de consulta: 25 de enero de 2020] Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2.

(6) **Holguin Cardona , Juan Sebastian.** Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa. *Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa*. Tesis (Título en Ingeniería Química). Bogotá: Universidad de América. febrero de 2019. [Fecha de

consulta: 24 de enero de 2020]. Disponible en:
<http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>.

(7) **Bejarano Arana, Nathalia.** Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de un *Bioplástico elaborado con harina de yuca gelatinizada*. Tesis (Título en Ingeniería Agroindustrial). Santiago de Cali: Universidad de San Buenaventura Cali. 2014. [Fecha de consulta: 25 de enero de 2020] Disponible en:
http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2443/1/Evaluacion_Fisioquimica_Bioplastico_Harina_De_Yuca_Bejarano_2014.pdf.

(8) **Mendoza Ynofuentes, Jenemy, y otros.** Bioplástico a base de cáscara de plátano. [Fecha de consulta: 28 de enero de 2020] Disponible en:
<https://es.scribd.com/document/354118268/Bioplasticos-a-Base-de-Cascara-de-Platano#logout>.

(9) **Godínez Cardoso, Maria Fernanda , y otros.** Bioplásticos Solución Ambiental. *Bioplásticos Solución Ambiental*. Ciudad de México: Instituto Asunción de México, 16 de Febrero de 2016. [Fecha de consulta: 26 de enero de 2020] Disponible en:
<http://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Memoria-Congreso-2016/trabajos-ciencias-biologicas/biologia/11.pdf>.

(10) **Fernández Morales , José Jhon y Vargas Romero, Paola Andrea.** Elaboración de un plan de negocios para la factibilidad de la producción de bioplástico en Colombia . *Elaboración de un plan de negocios para la factibilidad de la producción de bioplástico en Colombia* . Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2015. [Fecha de consulta: 28 de enero de 2020] Disponible en:
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13350/PRODUCCI%D3N%20DE%20BIOPL%C1STICOS.pdf;jsessionid=38580EAE06A375B59E562288EBFCC51A?sequence=2>.

(11) **Federación de papa.** Cultivo de la papa. *Cultivo de la papa*. (26 de Septiembre de 2014). [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020] Disponible en:
http://www.fedepapa.com/?page_id=401.

(12) **ZEApplast** . ZEApplast productos biodegradables . *ZEApplast productos biodegradables* . 2012 [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.zeaplast.cl/plasticos-biodegradables/historia-de-los-bioplasticos+-20>.

(13) **Ambiente, Organización de las Naciones Unidas**. Nuestro planeta se está ahogando en plástico. *Nuestro planeta se está ahogando en plástico*. 2019. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020] Disponible en: <https://www.unenvironment.org/interactive/beat-plastic-pollution/>.

(14) **Pulgar-Vidal Otárola , Manuel, y otros**. Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú. *Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú*. San Isidro, Lima. 2012. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2020] Disponible en: <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20140423145035.pdf>.

(15) **De Almeida, Alejandra** . Bioplásticos: una alternativa ecológica . *Bioplásticos: una alternativa ecológica* . Química Viva, Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2004. ISSN 1666-7948 [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2020] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86330305.pdf>.

(16) **García Quiñonez, Alma Verónica**. OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ. *OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ*. Santa Tecla: Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Enero de 2015. ISBN: 978-99961-50-21-0 [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020] Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>.

(17) **PromPerú**. Super Yuca. *Super yuca*. 2015. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020] Disponible en: <https://peru.info/es-pe/superfoods/detalle/super-yuca>.

(18) **Aristizábal , Johanna y Sánchez, Teresa**. Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca . *Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca*. 2007. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

(19) **Wurzburg, Otto B.** *Modified Starches: Properties and Uses*. Boca Raton : CRC Press, 1986. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

(20) **Hurtado, John jairo.** *Valorización de las amiláceas «no-cereales» cultivadas en los países andinos: estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes*. Bogotá : Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1997. 164 pp. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

(21) **Delpeuch, D. y Guevara, C.** *Características de los almidones de plantas alimenticias tropicales: acción del alfa-amilasa, hinchazón y solubilidad*. Paris : Ann. Technol, 1980. 29(1): 53-67. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

(22) **Rickard, J. E.** *Las propiedades fisicoquímicas del almidón de yuca*. s.l. : Tropical Science, 1991. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

(23) **Waniska, R. D. y Gómez, M. H.** *Comportamiento de dispersión del almidón. Junio:Tecnología Alimentaria.*, 1992. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

(24) **Howling, D.** *La influencia de la estructura del almidón en sus propiedades reológicas*. s.l. : Química de Alimentos, 1980. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

(25) **Mestres, C.** *Comparación de varios procesos para hacer pasta de maíz.* s.l. : J. Cereal Sci, 1993. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

(26) **Centro de Biotecnología.** Centro de Biotecnología. *Centro de Biotecnología*. [En línea] [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2020] Disponible en: <https://www.centrobiotecnologia.cl/comunidad/que-es-la-biotecnologia/>.

(27) **Arriols, Enrique.** Ecología Verde. *Ecología Verde*. (12 de Marzo de 2018). [En línea] [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2020] Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-bioplasticos-y-como-se-producen-1187.html>.

(28) **Castell, Pere.** Investigación y ciencia. *Investigación y ciencia*. (Setiembre 2009). [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2020] Disponible en: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/biocarburantes-489/el-almidn-1136>.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO EN BASE A ALMIDÓN DE YUCA PARA VASOS DESCARTABLE

PROBLEMA	OBJETIVOS	RESULTADOS	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es el proceso adecuado para elaborar bioplástico en base al almidón de yuca para la fabricación de vasos descartables?	OBJETIVO GENERAL Construir la propuesta de elaboración de Bioplástico en base a almidón de Yuca para vasos descartables	La metodología aplicada para este proyecto es principalmente explicar el proceso necesario y exacto para la extracción del almidón de la yuca en base a diversas técnicas, analizar cuál es el proceso correcto para lograr las características necesarias para que cumpla con lo establecido.	La metodología aplicada para este proyecto es principalmente explicar el proceso necesario y exacto para la extracción del almidón de la yuca en base a diversas técnicas, analizar cuál es el proceso correcto para lograr las características necesarias para que cumpla con lo establecido.
PROBLEMA ESPECÍFICO ¿Cómo se genera el Bioplástico a partir de un producto ecológico (yuca) que procesos se siguen y cómo podemos aplicarlo en la elaboración de vasos desechables que sean degradables?	OBJETIVO ESPECÍFICO Establecer el proceso por el cual convertimos a la yuca en bioplástico: • Extracción del almidón de yuca. • Mezclado con otras sustancias para generar plasticidad. • Proceso de amasado para que sea compacto. • Almacenamiento. • Vertido de la masa en los moldes para darles la forma y tamaños de los vasos.		EXTRACCIÓN DEL ALIDON DE YUCA • Lavado • Rayado • Colado • Sedimentado • Secado • Tamizado DESCRIPCIÓN DEL PROCESO • Mezclado y Calentado. • Aplicación en máquina. • Verificación de Biomasa. • Separación y amoldado.