

**EVALUACIÓN DE LA OBTENCIÓN DE MELAZA POR MEDIO DE HIDROLISIS
ÁCIDA DE CÁSCARAS DE PLÁTANO DOMINICO-HARTÓN (MUSA AAB
SIMMONDS) A NIVEL LABORATORIO**

LEYDY ALEJANDRA VÁSQUEZ TAUTIVA

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2017**

**EVALUACIÓN DE LA OBTENCIÓN DE MELAZA POR MEDIO DE HIDROLISIS
ÁCIDA DE CÁSCARAS DE PLÁTANO DOMINICO-HARTÓN (MUSA AAB
SIMMONDS) A NIVEL LABORATORIO**

LEYDY ALEJANDRA VÁSQUEZ TAUTIVA

**Proyecto Integral de grado para optar por el título de
INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2017**

Nota de aceptación

Presidente de Jurado Elizabeth Torres Gámez

Jurado 1 Nubia Liliana Becerra

Jurado 2 Javier Francisco Rey

Bogotá D.C. Febrero de 2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería química

Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

A Dios por cuidar de mí y permitir que cada día se renueven las oportunidades de mi vida.

A mis papás por creer en mí, y porque a lo largo de mi vida han estado presentes para apoyarme y enseñarme habilidades que día a día me permiten consolidar los caminos que conducen a alcanzar mis sueños. Son mi ejemplo a seguir. Mi papá Heriberto de Jesús Vásquez Gómez porque gracias a su esfuerzo, fortaleza y colaboración he podido culminar esta meta, que representa mi carrera, mi mamá Nancy Tautiva Dueñas quien ha estado pendiente de mi aconsejándome y animándome a seguir adelante y no decaer ante los obstáculos que se han presentado en mi vida y durante mi carrera profesional.

A mis hermanos Diego Fernando Vásquez Tautiva y Jesús Andrés Vásquez Tautiva quienes en la distancia han compartido conmigo, y son gran parte de mi motivación hacia los logros que me propongo.

También le dedico este trabajo a mis tíos, Nubia Stella Tautiva Dueñas que ha sido como una segunda mamá para mí durante toda mi vida, y Jesús Iván Tautiva Dueñas quienes me han apoyado en momentos de dificultad y representan un ejemplo a seguir ya que en ellos aprecio su responsabilidad, superación y logro a nivel profesional.

Además les dedico esto a mis compañeros y amigos que estuvieron siempre a lo largo de mi formación profesional, en especial a Nataly Tovar Cantor y David Alejandro Osorio con quienes compartí muy lindos momentos y han sido un gran apoyo en este caminar.

A todas las personas maravillosas que he conocido durante esta etapa de mi vida, de las cuales he aprendido y compartido gratos momentos especialmente en la Rumi. A Verónica Rodríguez, Katherine Linares y Eduardo Fajardo por el apoyo que me brindaron al comenzar y finalizar este proyecto.

Leydy Alejandra Vásquez Tautiva

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a:

- *La empresa PROCOL PRODUCTOS COLOMBIANOS S A S. Microempresa ubicada en Bogotá D.C. por todo su apoyo en el desarrollo del proyecto.*
- *A la Ingeniería Química MSc. Martha Cecilia Acosta Moreno por su dedicación, enseñanzas, acompañamiento y ayuda en la elaboración de todo el proyecto.*
- *A las Ingenieras Elizabeth Torres Gámez y Martha Lucía Malangón por el asesoramiento brindado para la elaboración del documento.*
- *A todo el personal de la línea de Biotecnología y nanotecnología de Tecnoparque del Sena Nodo Bogotá por su colaboración, el préstamo de las aulas y disposición de ayuda con el proyecto de grado.*
- *A mi familia que ha sido el motor de mi vida y a todas las personas que me brindaron su apoyo durante el desarrollo de este proyecto de grado.*

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	18
1. GENERALIDADES	19
1.1 PLÁTANO	19
1.1.1 Clasificación	19
1.1.1.1 Plátano hartón	19
1.1.1.2 Plátano dominico hartón	19
1.1.1.3 Plátano dominico	19
1.1.2 Producción	20
1.1.3 Composición	20
1.2 CÁSCARA DE PLÁTANO	23
1.2.1 Caracterización química	26
1.2.2 Caracterización fitoquímica	27
1.2.3 Caracterización biológica	28
1.2.4 Contenido energético	28
1.2.5 Costo del residuo	29
1.3 CARBOHIDRATOS	30
1.3.1 Tipos de carbohidratos	30
1.3.1.1 Monosacáridos	31
1.3.1.2 Disacáridos	32
1.3.1.3 Oligosacáridos	32
1.3.1.4 Polisacáridos	33
1.4 HIDRÓLISIS ÁCIDA	34
1.5 MELAZA	34
1.5.1 Alimentación animal con melaza	36
2. METODOLOGÍA	37
2.1 LUGAR DE LA EXPERIMENTACIÓN	37
2.2 PROCEDIMIENTOS DE CARACTERIZACIÓN	37
2.2.1 Humedad de cáscara y contenido de materia seca	38
2.2.2 Prueba de molisch	38
2.2.3 Prueba de yodo de almidón	39
2.2.4 Prueba Benedict	40
2.2.5 °Brix	40
2.2.6 pH	41
2.2.7 Acidez titulable	41
2.2.8 Extracción soxhlet	41
2.2.9 Determinación del almidón cualitativo	41
2.2.10 Determinación del contenido de cenizas sulfatadas	42

2.2.11	Método dns	42
2.2.12	Determinación del contenido de cenizas sulfatadas	42
2.3	PARÁMETROS DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS	43
2.4	DESARROLLO EXPERIMENTAL	45
2.4.1	Determinación de las características de las cáscaras	45
2.4.1.1	Inspección visual y clasificación	46
2.4.1.2	Valoración de la maduración de las cáscaras de plátano	47
2.4.1.3	Humedad y materia seca	48
2.4.2	Pruebas de determinación de carbohidratos	49
2.4.3	Adecuación de la materia prima para la hidrólisis	50
2.4.4	Diseño de experimentos	51
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
3.1	CARACTERIZACIÓN CÁSCARAS	56
3.2	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	62
3.3	PRODUCTO FINAL	66
4.	ANÁLISIS FINANCIERO	70
4.1	DIAGRAMA DEL PROCESO	70
4.2	REQUERIMIENTOS	72
4.2.1	Equipos, maquinaria y herramientas	72
4.2.1.1	Inversión de equipos	80
4.2.1.2	Inversión de materiales	80
4.2.2	Perfiles de la mano de obra	81
4.2.3	Servicios	83
4.2.4	Depreciación de los equipos	84
4.2.5	Total gastos de producción	84
4.2.6	Utilidad Esperada	84
4.2.7	Gestión de venta y mercadeo del producto	85
4.2.7.1	Producto	85
4.2.7.2	Plaza	85
4.2.7.3	Promoción	85
4.2.7.4	Precio	85
4.2.8	Flujo de caja	85
4.2.9	Opciones de uso del producto tipo melaza	87
4.2.9.1	Alimentos animales	87
4.2.9.2	Mezcla con diversos alimentos	88
4.2.9.3	Pulverizado de forrajes	88
4.2.9.4	Preparación para el ensilaje	88
4.2.9.5	Fermentación de la melaza	88
4.2.9.6	Obtención de alcohol etílico	89
5.	CONCLUSIONES	90

6.	RECOMENDACIONES	91
	BIBLIOGRAFIA	94
	ANEXOS	99

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Valores de tabla de aporte de energía, proteínas, y grasa de algunos alimentos, para plátanos crudos	20
Tabla 2. Composición de la pulpa de Plátano reportada con base en la literatura	21
Tabla 3. Cambios en la composición de la pulpa de plátano Dominico Hartón	22
Tabla 4. Composición de productos agroindustriales con mayor cantidad de almidón y azúcares en Colombia	22
Tabla 5. Composición aproximada de cáscara de Plátano verde	24
Tabla 6. Cambios en la composición de la cáscara de plátano Dominico Hartón	25
Tabla 7. Datos obtenidos de caracterización química de las cáscaras de plátano verde, maduro y cáscaras de banano	26
Tabla 8. Datos obtenidos de caracterización química de las cenizas de las cáscaras	26
Tabla 9. Datos de análisis fotoquímico cualitativo de las cáscaras	27
Tabla 10. Cálculo de la energía bruta, digestible y metabolizable de la cáscara de plátano	29
Tabla 11. Costo de residuos agroindustriales	30
Tabla 12. Ecuaciones empleadas en determinación de %Humedad y %Materia Seca	38
Tabla 13. Condiciones Iniciales para diseño	43
Tabla 14. Modelo planteado por el programa Design Expert.	44
Tabla 15. Respuesta en sólidos solubles del diseño.	51
Tabla 15. (Continuación)	52
Tabla 16. Determinación pH a varios días	58
Tabla 17. Determinación pH cáscaras troceadas	58
Tabla 18. Determinación pH cáscaras sin trocear	58
Tabla 19. Recopilación de resultados de determinación pH, °Brix y Volumen NaOH titulación de las muestras	59
Tabla 20. Análisis de variancia para la respuesta incremento de sólidos solubles	63
Tabla 21. Requisitos para la melaza de caña	67
Tabla 22. Resultados de azúcares reductores totales en muestras de cáscaras y producto tipo melaza	69
Tabla 23. Características obtenidas del producto tipo melaza	69
Tabla 24. Lista de corrientes	70
Tabla 25. Lista de equipos	71

Tabla 26. Estimación de la Inversión de equipos para 16 kg de producto	80
Tabla 27. Estimación de la Inversión de materiales para 16 kg de producto	80
Tabla 28. Tabla de cotizaciones mínimas y máximas	81
Tabla 29. Porcentajes de cotización del empleador y el trabajador	82
Tabla 30. Estimación del costo diario mano de obra empleado	82
Tabla 31. Estimación del costo diario mano de obra ingeniero	82
Tabla 32. Estimación costo total mano de obra proceso para 16 kg	83
Tabla 33. Estimación Costo de servicio de agua	83
Tabla 34. Estimación Costo de energía	84
Tabla 35. Estimación Total costos de producción	84
Tabla 36. Estimación Precio Venta Unitario	85
Tabla 37. Estimación de ventas anuales y proyección; Error! Marcador	no
definido.	
Tabla 38. Flujo de caja	86
Tabla 39. Composición aproximada de Levadura de melazas comerciales.	89
Tabla 40. Curva patrón para método DNS	98

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Clasificación de los carbohidratos según el grado de polimerización (FAO/OMS 1999)	31
Ilustración 2. Reacción Prueba Molisch	39
Ilustración 3. Escala correspondiente a cambiante patrón de almidón	40
Ilustración 4. Muestra de deposición actual de las cáscaras	46
Ilustración 5. Muestras de los tres estados de maduración trabajados en la caracterización	47
Ilustración 6. Cambio observado en las muestras durante los 10 días	48
Ilustración 7. Determinación de humedad y materia seca realizada a las muestras	49
Ilustración 8. Extracción Soxhlet realizada a las cáscaras de plátano	50
Ilustración 9. Valores obtenidos de determinación %Humedad y %Materia Seca en el día 1	57
Ilustración 10. Valores obtenidos de determinación %Humedad y %Materia Seca en el día 5	57
Ilustración 11. Determinación de almidón mediante prueba yodo realizada a las muestras diluidas	60
Ilustración 12. Determinación de almidón mediante prueba de Yodo realizada a muestras sin diluir	60
Ilustración 13. Determinación de carbohidratos mediante prueba Molisch realizada a las muestras	61
Ilustración 14. Determinación de azúcares mediante prueba de Benedict.	62
Ilustración 15. Respuesta Ácido Clorhídrico	64
Ilustración 16. Respuesta Ácido Orto fosfórico	65
Ilustración 17. Respuesta Ácido sulfúrico	65
Ilustración 18. Producto tipo melaza obtenido	68
Ilustración 19. Diagrama del Proceso	71
Ilustración 20. Individual cilindros inteligente vegetal Lavadora QX-1J.	73
Ilustración 21. Especificaciones Lavadoras QX-1J	73
Ilustración 22. Cortador de Vegetales M - 55200	74
Ilustración 23. Especificaciones de Cortador de Vegetales.	74
Ilustración 24. Tanque de mezcla en acero inoxidable	75
Ilustración 25. Especificaciones tanque de mezcla en acero inoxidable.	75
Ilustración 26. Vegetable Dryer HG-420L	76
Ilustración 27. Especificaciones de Vegetable Dryer HG-420L.	76
Ilustración 28. Molino Victoria M - 9991	77
Ilustración 29. Especificaciones de Molino	77
Ilustración 30. Decantadora de talla pilota con tubo de succión Tipo DRC 40	78
Ilustración 31. Características técnicas - tipo DRC 40	78
Ilustración 32. Marmita a vapor	79

Ilustración 33. Características Marmita a vapor	79
Ilustración 34. Curva patrón de glucosa	98
Ilustración 35. Balance de materia operación hidrólisis básica	99
Ilustración 36. Balance de materia operación secado	99
Ilustración 37. Balance de materia operación de molienda	100
Ilustración 38. Balance de materia operación de hidrólisis ácida	101
Ilustración 39. Balance de materia operación centrifugación	101
Ilustración 40. Balance de materia operación de evaporación	102

GLOSARIO

GRADOS BRIX: es la medida de sólidos solubles disueltos en un líquido expresados en sacarosa.

HIDRÓLISIS: es una reacción química que se lleva cabo entre una molécula de agua y otra molécula con enlace glucosídico, una parte de la disociación de la molécula de agua se une a la molécula de azúcar dando como resultado un monosacárido.

JARABE DE GLUCOSA: solución acuosa, viscosa, dulce, incolora o translúcida a ligeramente amarilla, obtenida por la hidrólisis parcial de almidón alimenticio, puede ser a través de ácidos.

MELAZA: es una miel fina o líquido más o menos viscoso, de color pardo oscuro y sabor muy dulce, que queda como residuo de la fabricación del azúcar, a partir de la cual no se puede obtener más azúcar por métodos físicos.

PIENSO: alimento destinado a la alimentación por vía oral de los para animales constituido por una mezcla de cualquier sustancia, producto o materias vegetales, y/o animales, y/o minerales.

RESUMEN

Este trabajo de grado determina la evaluación de desarrollo de un producto tipo melaza producido por hidrólisis ácida de cáscaras de plátano dominico hartón. Con el reporte realizado en el trabajo de grado titulado “Hidrólisis ácida y enzimática con ácido ortofosfórico y cloruro de hidrógeno acuoso, a partir de pulpa de banano (*musa sapientum*) para la obtención de melaza a nivel laboratorio” desarrolló una evaluación del uso de banano para obtener melaza comparando los resultados del tratamientos ácidos. De esta manera el trabajo mencionado proporciona una guía estructurada de procedimientos y un aporte significativo en el conocimiento de la producción de melaza a nivel laboratorio.

La etapa inicial consistió en la caracterización de las cáscaras de plátano aplicando la prueba de Molisch para reconocimiento de carbohidratos, la prueba de yodo para contenido de almidón y el contenido de azúcar cualitativamente mediante la prueba Benedict, cuantitativamente por el método DNS. El seguimiento de índices de maduración como pH y °Brix para conocer si ejercían efectos significativos en el incremento de azúcar.

El diseño de experimentos determinó las mejores condiciones de hidrólisis ácida de las cáscaras de plátano en el desarrollo del proceso a escala laboratorio, empleando como variables el tipo de ácido (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y ácido orto fosfórico), la concentración en g de cáscaras secas y tiempo. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del modelo planteado por el programa Design Expert, se establece una mezcla adecuada correspondiente a 25 g de cáscara en polvo por cada 100 mL de ácido sulfúrico diluido. Después del tratamiento ácido mediante centrifugación, y filtración se separan los residuos sólidos y el sobrenadante se concentra por evaporación de agua obteniendo un incremento hasta 14 °Brix.

Se analizó el producto tipo melaza obtenido evaluando los requerimientos establecidos para una melaza comercial de caña, según la NTC 587, se consideró que las cáscaras de plátano difiere en la composición porcentual de la caña o la remolacha empleadas como materia prima de las melazas que se encuentran en el mercado, y que no se cuenta con una norma específica aplicable a este producto; sin embargo, se aprecia que al evaluar los requerimientos de °brix y azúcares que le permiten ser aplicada a otros usos. Finalmente se evaluaron los requerimientos y la viabilidad financiera del proceso. La experimentación aplicada en este trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá en las instalaciones de Tecnoparque SENA Nodo Bogotá, con el apoyo de la empresa PROCOL Productos Colombianos Ltda.

Palabras clave: Hidrólisis, Ácido sulfúrico, melaza, filtración, concentración.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de grado se evalúa una propuesta de aprovechamiento de las cáscaras de plátano buscando satisfacer la necesidad de su disposición adecuada en la empresa PROCOL PRODUCTOS COLOMBIANOS S A S. Microempresa ubicada en Bogotá D.C. cuya principal actividad es la elaboración de patacón pre frito de diferentes tamaños y Snacks. Que genera aproximadamente 180 kg semanales además debido a que la empresa proyecta un proceso de expansión de producción los residuos también presentaran un incremento en el volumen de desechos sólidos de cáscara a partir de los cuales se busca generar un producto tipo melaza de mayor valor agregado que sea empleada como suplemento energético en alimentación de ganado por su contenido de azúcares.

Proporcionando especial interés al desarrollo de alternativas que no generen un impacto negativo en el ambiente por lo cual diversas investigaciones que hacen referencia al aprovechamiento de los desechos agroindustriales. Evaluar los costos incurridos en el proceso de elaboración de un producto tipo melaza a partir de estos residuos de plátano es primordial para conocer si podría ser una opción efectiva su implementación.

Para esto se evalúa a través de un diseño de experimentos de hidrólisis ácida con 3 ácidos (clorhídrico, sulfúrico y orto fosfórico), la obtención de un producto tipo melaza que pueda mezclarse con alimento para animales o como materia prima de otros productos es una alternativa interesante para industrias como en el caso de PROCOL PRODUCTOS COLOMBIANOS S A S, que busca generar procesos alternos, así como incrementar la eficiencia de su proceso de producción de patacones pre fritos al generar ganancias de sus actuales residuos.

De acuerdo a los objetivos planteados se puede apreciar en este trabajo en primer lugar las generalidades de la materia prima y el proceso de hidrólisis ácida, seguido de la experimentación que inicialmente busca la caracterización de la materia prima, y el desarrollo del diseño de experimentos, de acuerdo a los resultados se logró obtener un producto tipo melaza bajo condiciones adecuadas empleando ácido sulfúrico, y se evaluaron sus características.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la Obtención de melaza por medio de hidrólisis ácida de cáscaras de plátano Dominico–Hartón (*Musa AAB Simmonds*) a nivel laboratorio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las cáscaras de plátano que se emplearan en el proceso para determinar el porcentaje de almidón y azúcares.
2. Realizar tratamiento de hidrólisis ácida evaluando a través de un diseño de experimentos.
3. Establecer los requerimientos técnicos y el diagrama del proceso seleccionado con base en los resultados obtenidos experimentalmente.
4. Determinar el análisis financiero de la implementación del proceso seleccionado.

1. GENERALIDADES

Este capítulo considera algunas características de la cáscara de plátano, y conceptos considerados importantes en la fundamentación de este trabajo de grado. A partir de la literatura se tiene la composición aproximada de las cáscaras de plátano, este es uno de los factores por los que se consideró materia prima adecuada para un potencial aprovechamiento en la producción de este producto tipo melaza.

1.1 PLÁTANO

1.1.1 Clasificación. Los plátanos son plantas que pertenecen a las Monocotiledóneas, de la familia botánica Musáceae del orden Scitamineae. Las especies silvestres *Musa acuminata* "A" y *Musa balbisiana* "B" dieron origen a los plátanos cultivados, que se clasifican de acuerdo a la contribución genotípica y el grado de poliploidía con que está constituido cada clon o cultivar presente en los genomas es indicada con la repetición de letras.¹

Aunque Colombia cuenta con muchas variedades cultivadas, desde un punto de vista comercial se presentan mayormente cultivados los plátanos Hartón, Dominico y Dominico Hartón, cuyo genoma es AAB.²

1.1.1.1 Plátano hartón. Es una variedad que produce frutos de tamaño grande y se cultiva entre 0 y 1.000 m.s.n.m, generalmente en clima cálido.

1.1.1.2 Plátano dominico hartón. Es la variedad cuyos frutos son de tamaño mediano, cultivado entre los 1.000-1.500 m.s.n.m.

1.1.1.3 Plátano dominico. Se caracteriza por adaptarse bien en condiciones de la zona alta por encima de los 1.500 m.s.n.m., y hasta los 1.900 m.s.n.m.

¹ PLATANEROS. Todo sobre el cultivo de la musa paradisiaca unesur-colon-zulia. En: Platanerosdelzulia. [en línea]. (10 de junio de 2010). Disponible en: <<http://platanerosdelzulia.blogspot.com.co/2010/06/origen-del-plátano-el-banano-y-plátano.html>>. [Citado el 8 de marzo de 2016]

² VARIEDADES. En: Plátano del Quindío. [en línea]. (8 de septiembre de 2010). Disponible en: <<http://www.platanodelquindio.com/2010/09/variedades.html>>. [Citado el 8 de marzo de 2016]

1.1.2 Producción. Según estadísticas presentadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Colombia ocupa el quinto lugar en la evaluación de la posición mundial de países productores de plátano, con una participación del 8,19% de la producción mundial. En el año 2014 alcanzó una producción de 3.419.023 toneladas de plátano representadas en 402.238 hectáreas, de las cuales el 80% de la producción corresponde a los departamentos Quindío, Meta, Antioquia, Tolima, Caldas, Córdoba, Risaralda, Valle, Nariño y Cauca.³

1.1.3 Composición. El plátano se encuentra en la lista de alimentos que contienen cantidades significativas de diferentes nutrientes proporcionada por la FAO cuyos valores se especifican en la Tabla 1. De modo más detallado la Tabla 2 muestra los valores porcentuales significativos de almidón, azúcares, fibra y humedad de la pulpa de plátano reportada en la literatura.

Tabla 1. Valores de tabla de aporte de energía, proteínas, y grasa de algunos alimentos, para plátanos crudos.

Alimento	% Parte comestible	en 100 g de parte comestible			
		Energía kcal	Proteínas g	Grasa g	Hidratos g
Plátanos, crudos	66	135	1,2	0,3	31,9

Fuente. FAO. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.

³ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL COLOMBIA. . En: Sioc. [en línea]. (julio de 2014). Disponible en:< <http://sioc.minagricultura.gov.co/index.php/opc-documentoscadena?ide=25>>. [Citado el 22 de marzo de 2016]

Tabla 2. Composición de la pulpa de Plátano reportada con base en la literatura.

COMPONENTE	%	COMPONENTE	%
<i>Humedad</i>	57.30	<i>Almidón</i>	33.88
<i>Materia seca</i>		Amilosa	9.65
<i>Proteína</i>	1.32	Amilopectina	24.23
Leucina	0.09	<i>Fibra</i>	3.52
Valina	0.07	Celulosa	1.09
Thr (treonina)	0.07	Hemicelulosa	1.08
Phe (fenilalanina)	0.07	Lignina	1.35
Ile (Isoleucina)	0.05	<i>Azúcares</i>	2.77
Lys (Lisina)	0.04	Glucosa	0.62
His (Histidina)	0.03	fructosa	1.08
Trp (Triptófano)	0.02	Sacarosa	1.08
Met (Metionina)	0.01	<i>Cenizas</i>	0.88
		potasio (K)	7.36E-01
Glu (Acido glutámico)	0.25	magnesio (Mg)	6.30E-02
Asp (Acido Aspartico)	0.19	Calcio (Ca)	1.15E-02
Gly (Glicina)	0.09	Sodio (Na)	1.78E-03
Ala (Alanina)	0.08	Hierro (Fe)	7.92E-04
Ser (Serina)	0.08	fosforo (P)	6.73E-02
Pro (Prolina)	0.07	<i>Vitaminas</i>	7.06E-03
Arg (Arginina)	0.06	Vitamina A	3.46E-05
Tyr (Tirosina)	0.04	carotenos	2.08E-04
Cys (Cisteina)	0.03	vitamina B-1	2.91E-05
<i>Grasas</i>	0.32	vitamina B-2	4.16E-06
Laurico (12:0)	2.38E-03	Vitamina C	6.79E-03
Myristic (14:0)	0.01		
Pentadecanoic (15:0)	0.00		
Palmitico (16:0)	0.12		
Stearic (C18:0)	0.01		
Arachidic (C20:0)	0.00		
Oleico (C18:1)	0.01		
Linoleic (C18:2)	0.07		
Alfa Linoleic (C18:3)	0.07		

Fuente. Artículo Evaluación y simulación de la producción de glucosa a partir del plátano y sus residuos como alternativa competitiva en el mercado nacional

Durante el proceso de maduración la pulpa de plátano presenta cambios en su composición, en la Tabla 3 es posible evidenciar de modo más sencillo a través de los datos la variación de azúcares, sólidos solubles totales, pH y almidón en las cáscaras, en tres diferentes estados de maduración.

Tabla 3. Cambios en la composición de la pulpa de plátano Dominico Hartón

	VERDE	AMARILLO	SOBREMADURO
Sólidos solubles totales (%)	5	26	31
Azúcares totales (%)	5	25	35
Almidón (%)	68	62	57
Acidos orgánicos (% Acido málico)	0.6	1.3	0.8
pH	6.2	4.6	4.5
Minerales :			
Hierro, Fe (ppm)	93	99	
Calcio, Ca (%)	0.21	0.15	
Fósforo, P (%)	0.10	0.10	

Fuente. Artículo Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano.

En la Tabla 4 se puede apreciar que el plátano es uno de los productos agroindustriales con mayor cantidad de almidón y azúcares, además de contar con un alto porcentaje de producción.

Tabla 4. Composición de productos agroindustriales con mayor cantidad de almidón y azúcares en Colombia

Materia prima	Celulosa	almidón	grasa	Azúcares	Agua	Proteína	ceniza	Producción Anual (ton)
pulpa de banano	0.80	18.40	0.62	2.1	74.45	3.10	0.53	2136110
pulpa de plátano	2.40	35.66	0.38	1.85	57.37	1.15	1.19	2957360
pulpa de yuca	0.59	26.24	0.30	1.09	69.31	0.79	1.68	2264460
pulpa de maíz	7.90	58.08	3.48	2.10	19.00	8.34	1.10	1498270
pulpa de ñame	0.56	12.10	0.06	3.23	79.90	3.31	0.84	346986
pulpa de papa	0.05	24.00	0.35	0.12	74.42	0.62	0.44	1998250

Fuente. Artículo Evaluación y simulación de la producción de glucosa a partir del plátano y sus residuos como alternativa competitiva en el mercado nacional

El hecho de que Colombia produzca anualmente grandes cantidades de plátano, consecuentemente es la razón por la cual se generan grandes cantidades de residuos orgánicos derivados del plátano. Usualmente el cultivador y los consumidores no aprovechan eficientemente los residuos; esto se hace evidente al percibir que uno de los principales fines que se da a estos es el uso como abono para cosecha, sin embargo cuando las cáscaras de plátano carecen de una disposición adecuada pueden generar un impacto negativo y de contaminación para el medio ambiente. El PhD en Química, docente de la UN sede Manizales Carlos

Ariel Cardona Álzate afirma que estos residuos: “Al generar el crecimiento de diversos microorganismos en zonas donde no deberían crecer, se pueden afectar otros cultivos, obstruir cañadas, acumular agua y formar hongos en lugares inadecuados”.⁴

Industrialmente el aprovechamiento de estos residuos puede resultar atractivo si se genera una opción rentable para todas las partes, tanto los productores como los consumidores en grandes cantidades podrían explotar su valor agregado a través de procesos que permitan su transformación que permitan por ejemplo la extracción de glucosa. El ingeniero químico Sergio Duque Quinaya, del Grupo de Investigación de Procesos Químicos Catalíticos y Biotecnológicos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales afirma que no solo del almidón concentrado en la pulpa del plátano, sino que además de la transformación de cáscara de plátano se puede obtener glucosa, aunque con otra variedad de carbohidratos.⁵

1.2 CÁSCARA DE PLÁTANO

La cáscara de plátano está compuesta por una matriz lignocelulósica, la cual consiste de lignina que posee alcoholes aromáticos tales como siringil, guayacilo, p-hidroxifenol y fenilpropano; hemicelulosa que contiene polímeros de hexosas (D-glucosa, D-manosa y D-galactosa), pentosas (D-xilosa y L-arabinosa) y algunos azúcares ácidos; y celulosa que es un polímero lineal de alto peso molecular de D-glucosa unidas por enlaces glucosídicos β -1,4. Esta última puede ser transformada a azúcares, a estos componentes se puede acceder mediante tratamiento ácido y térmico.⁶ La Tabla 5 presenta la composición aproximada de las cáscaras de plátano verde.

⁴ JARAMILLO, Á. M. En: UN Periódico, Unimedios. [en línea]. (12 de febrero de 2011). Disponible en: < <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/residuos-del-platano-renta-para-productores-1.html> >. [Citado el 22 de marzo de 2016]

⁵ AGENCIA DE NOTICIAS UN. EN: UN Periódico. [en línea]. (13 de noviembre de 2015). Disponible en <http://www.manizales.unal.edu.co/index.php/noticias/39-ano-2015/4732-hasta-las-cascaras-del-platano-tienen-glucosa> >. [Citado el 22 de marzo de 2016]

⁶ SERGIO H. DUQUE QUINAYA. evaluación y simulación de la producción de glucosa a partir del plátano y sus residuos como alternativa competitiva en el mercado nacional. p. 9. Tesis maestría investigativa (Ingeniería química). Universidad Nacional de Colombia sede Manizales Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Instituto de Biotecnología y Agroindustria. Disponible en línea. < <http://www.bdigital.unal.edu.co/47021/1/8112503.pdf> >

Tabla 5. Composición aproximada de cáscara de Plátano verde.

COMPONENTE	%	COMPONENTE	%
Humedad	81.60	Almidón	5.23
Materia seca		Amilosa	1.49
Proteína	1.35	Amilopectina	3.74
Leucina	0.09	Fibra	5.67
Valina	0.07	Celulosa	1.68
Thr (treonina)	0.07	Hemicelulosa	1.08
Phe (fenilalanina)	0.07	Lignina	2.90
Ile (Isoleucina)	0.05	Azúcares	0.71
Lys (Lisina)	0.05	Glucosa	0.33
His (Histidina)	0.03	fructosa	0.36
Trp (Triptófano)	0.02	Sacarosa	0.02
Met (Metionina)	0.01	Cenizas	1.25
		K	1.12
Glu (Acido glutámico)	0.25	Ca	4.72E-02
Asp (Acido Aspartico)	0.19	P	4.90E-02
Gly (Glicina)	0.09	Mg	1.90E-02
Ala (Alanina)	0.08	Na	1.23E-02
Ser (Serina)	0.08	Fe	5.43E-04
Pro (Prolina)	0.07	Cu	2.55E-05
Arg (Arginina)	0.06	Zn	4.77E-04
Tyr (Tirosina)	0.04	Mn	2.72E-04
Cys (Cisteína)	0.03	Pectina	3.71
Grasas	0.49	GaIA (Ac. galacturonico)	3.71
Laurico (12:0)	3.72E-03		
Myristic (14:0)	0.02		
Pentadecanoic (15:0)	0.01		
Palmitico (16:0)	0.19		
Stearic (C18:0)	0.02		
Arachidic (C20:0)	0.01		
Oleico (C18:1)	0.02		
Linoleic (C18:2)	0.11		
Alfa Linoleic (C18:3)	0.12		

Fuente. Artículo Evaluación y simulación de la producción de glucosa a partir del plátano y sus residuos como alternativa competitiva en el mercado nacional

De modo similar a la pulpa en las cáscaras el estado de maduración influye en cambios de composición presentados, Tabla 6.

Tabla 6. Cambios en la composición de la cáscara de plátano Dominico Hartón

COMPOSICIÓN	VERDE	AMARILLO
FIBRA (%)	8.6	9.0
Azúcares Totales (%)	6	16
Azúcares Reductores (%)	4	13
Almidón (%)	52	42
Nitrógeno (%)	1.4	1.4
Fósforo (%)	0.18	0.16
Potasio (%)	3.4	3.7
Calcio (%)	0.21	0.23
Magnesio (%)	0.08	0.10
Manganeso (ppm)	11	15
Zinc (ppm)	16	18
Cobre (ppm)	11	9
Hierro (ppm)	102	149

Fuente. Artículo Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano.

Clara Bolívar y Ana Rojas,⁷ realizaron un análisis basándose en el promedio sobre 62 unidades verdes y 49 unidades maduras, sobre los cuales determinaron el contenido de cáscaras en el plátano verde entre 40% y 50%, y en el maduro entre el 25% y el 30%. Las cáscaras frescas presentaron una humedad entre 86,8 y 88,5% en el verde y entre 86% y 87% en la maduro. Para las muestras presecadas el porcentaje es de 6,14% para el verde y en el maduro 10,40%.

También realizaron la caracterización química, fitoquímica y biológica de cáscaras de plátano en estado verde y maduro partiendo de muestras secas o frescas según los procedimientos convenientes de acuerdo a la determinaciones, a su vez comparando con datos de las cáscaras de banano reportados en la literatura previamente, debido a la similitud que presentan en su composición.

⁷ CLARA BOLÍVAR Y ANA ROJAS. caracterización química y biológica de la cáscara de plátano dominico hartón (musa paradisiaca) verde y maduro. Tesis (Química). Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

1.2.1 Caracterización química. La caracterización química que se realizó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica y método colorimétrico, los valores reportados se presentan en la Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7. Datos obtenidos de caracterización química de las cáscaras de plátano verde, maduro y cáscaras de banano.

DETERMINACIÓN	PLÁTANO VERDE	PLÁTANO MADURO	CÁSCARA DE BANANO VERDE Y MADURO
% Humedad	6,14	10,40	-
% Cenizas	8,97	10,55	16,5
% Fibra	6,37	7,87	13,0
% Proteína Total	5,18	6,14	7,7
% Proteína digestible	3,52	4,10	-
% Extracto Etéreo	3,20	5,92	6,0
% Extracto Libre de Nitrógeno	70,04	69,12	56,8

Fuente. Caracterización química y biológica de la cáscara de plátano dominico hartón (musa paradisiaca) verde y maduro.

Tabla 8. Datos obtenidos de caracterización química de las cenizas de las cáscaras

DETERMINACIÓN	PLÁTANO VERDE	PLÁTANO MADURO	CÁSCARA DE BANANO VERDE Y MADURO
% K *	4,93	4,74	5,72
% Mg	0,13	0,11	0,23
Fe (p.p.m.)	1,3	1,1	-
Ca (p.p.m.)	2,6	4,7	0,35
Mn (p.p.m.)	0,2	0,2	-
Na (p.p.m.)	2,4	2,3	Trazas
P (p.p.m.)	4,0	2,0	0,32

Fuente. Caracterización química y biológica de la cáscara de plátano dominico hartón (musa paradisiaca) verde y maduro.

1.2.2 Caracterización fitoquímica. A partir del análisis fotoquímico cualitativo las cáscaras se detectó un contenido porcentual 19,3 a 22,9 de polisacáridos compuestos por D Glucosa, D(+) Galactosa, D(-) Fructuosa y D(+) Xilosa. Mediante extracción de sustancias con diferentes solventes, de los datos de la Tabla 9 dedujeron la presencia de taninos, ácidos, proteínas, mucilagos, disacáridos, alcaloides, heterósidos, y esterole no saturados. Algunos polisacáridos con contenido de gomas y pectinas, aminos como la 5-hidroxitriptamina de interés clínico, alcaloides totales identificando la tiramina, vitamina c, β - caroteno y azúcares totales y azúcares reductores.

Tabla 9. Datos de análisis fotoquímico cualitativo de las cáscaras.

DETERMINACIÓN	PLÁTANO VERDE	PLÁTANO MADURO	MÉTODO EMPLEADO	CÁSCARA DE BANANO
Taninos	2,28	3,97	Espectrofotométrico	-
	2,35	2,65	Polvo de piel	-
Vitamina C (mg/100g)	8,96 a	59,1 a	Colorimétrico	138
	14,56	66,4		
Beta Caroteno (mg/100g)	11,8	15,6	Colorimétrico	16,6
5-Hidroxitriptamina (mcg/100g)	90 a 100	87 a 97	Colorimétrico	50 a 150
% Alcaloides Totales	2,33	2,79	Volumétrico	-
Azúcares Totales (% Sacarosa)	23, 60	46,71	Volumétrico	22,0
Azúcares Reductores (% Sacarosa)	15,04	45,10	Volumétrico	-
% Polisacáridos Totales	19,3	22,9	Gravimétrico	-
% Polisacáridos en sol. en ...	13,5	16,3	Colorimétrico	-

Fuente. Caracterización química y biológica de la cáscara de plátano dominico hartón (*musa paradisiaca*) verde y maduro.

El análisis comparativo mostró que los azúcares totales hallados en la cáscara de plátano son más altos que los encontrados en el banano; Se detectó la presencia de los siguientes azúcares en alto porcentaje: D Glucosa, D(+) Galactosa, D(-) Fructuosa y D(+) Xilosa. Además de ácido Galacturónico, componente fundamental de las pectinas.

Al hacer un corte de la cáscara observaron una sustancia pegajosa, bastante adhesiva e insoluble en agua, la cual se ennegrece en contacto con el aire. Al explorar el comportamiento de algunas sustancias adhesivas y gomosas frente a diferentes reactivos permitió que se clasificara el polisacárido extraído como pectina deesterificada, almidón, carboximetilcelulosa y goma ghatti.

1.2.3 Caracterización biológica. La caracterización biológica demostró que en la cáscara existen principios activos que inhiben el crecimiento de los hongos *Tricophyton mentagrafitas* y de una variedad de *Penicillium*. Además aceleran y modifican el crecimiento de *Aspergillus glaucus* y *Aspergillus niger*. No presentó actividad frente a bacterias. Observaron que aun cuando crezcan microorganismos en la cáscara durante el almacenamiento, la pulpa se conserva sana.

1.2.4 Contenido energético. Como lo reportan Clara Bolívar de Mora y Ana Mercedes Rojas los datos de la Tabla 7 evidencian un alto contenido de Extracto Libre de Nitrógeno (70%) en estos residuos, fuente interesante de carbohidratos y alto contenido energético de las cáscaras de posible utilidad en implementación a la industria alimentación animal.

También destacan que aunque no puede considerarse fuente principal de proteína, en buena parte es digestible (63-67%) y para evaluar este residuo como forraje, calcularon la energía digestible, a partir de los coeficientes de digestibilidad del forraje de maíz, presentados en la

por carecer de los coeficientes de la cáscara de plátano; debido a que además de ser cáscara se comporta como una hierba. De dicho cálculo se concluye que la energía digestible constituye del 74 al 76% de la energía Bruta, siendo la mayor parte energía metabolizable.

Tabla 10. Cálculo de la energía bruta, digestible y metabolizable de la cáscara de plátano.

DETERMINACIÓN	COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD	CÁSCARA DE PLÁTANO VERDE	CÁSCARA DE PLÁTANO MADURO
Proteína	49	1,57	2,84
Extracto Etéreo	70	3,15	8,82
Fibra Cruda	69	2,76	5,17
Extracto Libre de Nitrógeno	69	50,44	46,09
Total de Nutrientes Digestibles		57,90	62,90
Energía Digestible = Total de Nutrientes Digestibles * 44 (kcal/ kg)		2,548	2,768
Energía Metabolizable = Energía Digestible * 0,82 (kcal/ kg)		2,089	2,270
Energía bruta (kcal/ kg)		3,402	3,626

Fuente. Caracterización química y biológica de la cáscara de plátano dominico hartón (musa paradisiaca) verde y maduro.

Otro aspecto interesante es como fuente de potasio que representa del 4,74% al 4,93% de la composición de la cáscara aprovechable para el mejoramiento de suelos, y un contenido destacado de magnesio de interés en la alimentación del ganado vacuno.

1.2.5 Costo del residuo. Una vez obtenidos plátanos pre fritos a partir de plátano y generar como residuo principal la cáscara, existe la necesidad de aprovechamiento y producción de compuestos con valor agregado agroindustrial con una alternativa rentable que genere ganancias proporcionada.

Emplear como materia prima desechos agroindustriales disminuye el costo de producción en un proceso que plantee el uso de azúcares puros. La siguiente tabla muestra el costo en dólares de residuos agroindustriales como materia por tonelada, para una demanda de una tonelada por hora.

Tabla 11. Costo de residuos agroindustriales.

Residuo agroindustrial	Costo total USD/ton
Bagazo de caña	\$ 10.62
Vástago de banano	\$ 17.32
Tusa de maíz	\$ 14.28
Cáscara de piña	\$ 14.13
Residuos de Mango	\$ 61.08
Otros residuos de palma	\$ 17.57
Cáscara de plátano	\$ 27.09
Cascarilla de café	\$ 34.21
Aserrín	\$ 49.73
Corteza de Madera	\$ 49.73

Fuente. Artículo Evaluación y simulación de la producción de glucosa a partir del plátano y sus residuos como alternativa competitiva en el mercado nacional.

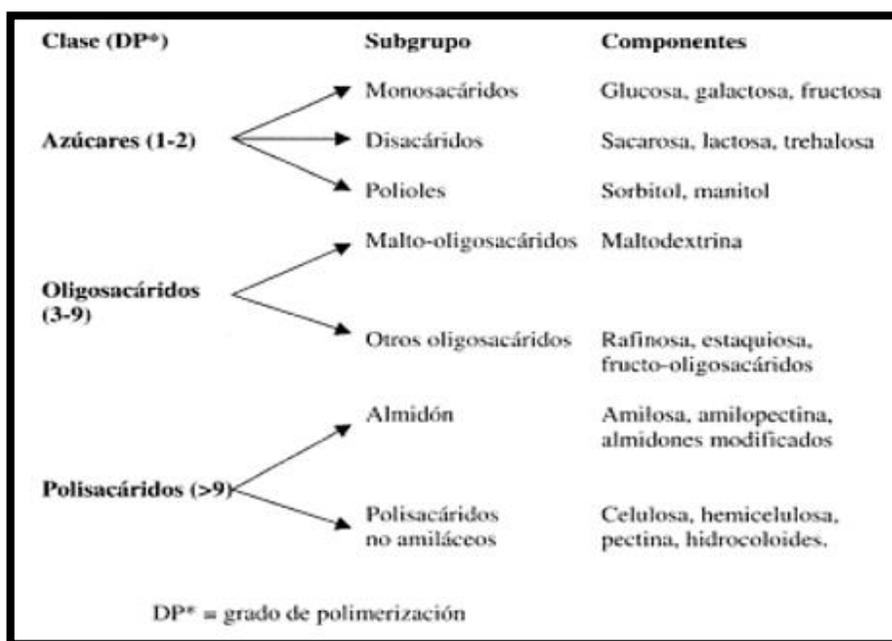
1.3 CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son aldehídos o cetonas polihidroxiados, constituyen entre el 40 y el 80% del total de la energía alimentaria en el mundo, aunque ser aporte energético es la función principal de los carbohidratos, también desempeñan otras funciones como el ahorro de las proteínas, la regulación del metabolismo de las grasas o de naturaleza estructura del organismo. Según la Fao en la dieta humana, los carbohidratos se encuentran en forma de almidones y de diferentes azúcares.⁸

1.3.1 Tipos de carbohidratos. Los carbohidratos pueden clasificarse según el número de carbonos que contengan y el grado de polimerización en azúcares, oligosacáridos y polisacáridos como se puede apreciar en la Ilustración 1.

⁸ FAO. Carbohidratos. Disponible en línea. < <http://www.fao.org/nutrition/requisitos-nutricionales/carbohydrates/es/>>

Ilustración 1. Clasificación de los carbohidratos según el grado de polimerización. (FAO/OMS 1999)



Fuente. Caracterización química y biológica de la cáscara de plátano dominico hartón (musa paradisiaca) verde y maduro.

1.3.1.1 Monosacáridos. Los azúcares simples o monosacáridos son las unidades más sencillas de los carbohidratos, por esto no pueden ser hidrolizados, poseen de 3 a 7 átomos de carbono, se denominan según el número de carbonos empleando el sufijo osa. Se clasifican de acuerdo al grupo funcional en aldosas y cetosas, y por el número de átomos de carbono en triosas, tetrasas, pentosas, y Hexosas. Todos los monosacáridos son azúcares reductores, tienen al menos un -OH hemiacetálico libre, algunos monosacáridos importantes son:

- **Glucosa:** es el carbohidrato más importante y abundante en la naturaleza, es una hexosa porque contiene 6 átomos de carbono, y una aldosa por el grupo carbonilo en el extremo de la molécula, y el organismo puede sintetizar todos los derivados glucídicos a partir de esta. es una molécula que cristaliza como α -glucosa-monohidrato, y a partir de su estructura lineal, la D-glucosa sufre una ciclación hacia su forma hemiacetálica para dar sus formas D-glucofuranosa y F-glucopiranososa.

Industrialmente la glucosa se utiliza en la preparación de jaleas, mermeladas, dulces y refrescos, entre otros productos. Tanto el jarabe de glucosa como la dextrosa se obtienen a partir de la hidrólisis enzimática de almidón de cereales.

- **Fructosa:** es el carbohidrato más dulce, el azúcar encontrado en frutas, miel y vegetales, es una cetohexosa con un grupo ceto en posición 2, isómero funcional de la glucosa porque tiene un grupo oxo de la glucosa y la galactosa. Es una hexosa que cicla en furano.

Es una molécula levógira que no cristaliza fácilmente, se puede producir de la degradación de sacarosa o la hidrólisis de algunos carbohidratos. El costo de elaboración industrial de la fructosa a partir de almidón es relativamente bajo, por lo que se emplea generalmente como edulcorante.

1.3.1.2 Disacáridos. Unión de dos monosacáridos iguales o distintos mediante un enlace O-glucosídico cada pareja de monosacáridos está unida por un átomo de oxígeno, puede ser α o β en función del -OH hemiacetal o hemicetal. Pueden ser obtenidos por hidrólisis de polisacáridos, así como hidrolizarse a dos moléculas de monosacáridos. Los disacáridos se dividen de acuerdo a su poder reductor en azúcares reductores y azúcares no reductores, como la sacarosa.

- **Sacarosa:** es un disacárido conocido como azúcar común, formado por la unión de una molécula de glucosa y una de fructuosa, mediante un enlace glucosídico β -(1-2) a través de grupos carbonilos anoméricos. Es no reductor puesto que el enlace se forma entre dos grupos potencialmente reductores de los monosacáridos. es dextrorrotatoria, aunque al hidrolizarse obtiene un poder levorrotatorio de la fructosa, como resultado de su hidrólisis que puede ser en presencia de Ácidos diluidos o enzimas invertasas que generan una mezcla equimolar de glucosa y fructosa conocida como azúcar invertido que suele utilizarse en azúcares comerciales como caramelos o dulces de azúcar batidos con clara de huevo.

Industrialmente la sacarosa se utiliza en la elaboración de glucosa y como reactivo en el laboratorio.

1.3.1.3 Oligosacáridos. Son polímeros con un número de unidades monoméricas desde 2 hasta 10 unidades de monosacáridos, mediante enlaces acéticos que pueden ser lineales o ramificados, normalmente son soluble en agua. El grupo más importante de los oligosacáridos es el de los disacáridos. Cuando se forma un oligosacárido uno de los azúcares debe perder su hidroxilo anomérico para formar el enlace glucosídico.

1.3.1.4 Polisacáridos. Son carbohidratos complejos formados por la unión de 10 o cientos de monosacáridos simples los cuales se unen repetitivamente mediante enlaces glucosídicos, de estos enlaces covalentes se desprende una molécula de agua, por lo cual en su ruptura por hidrólisis se agrega una molécula de agua para dividirlo en múltiples monosacáridos. Característicamente son coloides que no tienen color y poseen alto peso molecular Cumplen funciones estructurales y de reserva energética como los que guardan glucosa.

Se distinguen dos tipos de polisacáridos según su composición, los homopolisacáridos que están formados por la repetición de un monosacárido y los heteropolisacáridos que están formados por la repetición ordenada de un disacárido formado por dos monosacáridos distintos.

- **Almidón:** este polisacárido reserva energética de glucosa en los vegetales, está formado por largas cadenas de glucosa en forma de gránulos, está compuesto de amilosa y por amilopectina, aunque la relación entre estas varía dependiendo del origen del almidón.

El almidón está formado por la fracción amilosa de cadena recta por 250 a 300 moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos alfa-1,4; y una fracción amilopectina presenta ramificaciones constituida por 1.000 a 3.000 unidades de glucosa conectadas por uniones 1-4 y 1-6 en los puntos de ramificación, la mayor parte es conformada por amilopectina y en menor proporción amilasa, esta última tiene facilidad para adquirir conformación helicoidal, es insoluble en agua fría; y en agua caliente se hincha formando engrudo.

Los tamaños y las formas de los granos de almidón de las células del endospermo, varía de un cereal a otro, son insolubles en agua fría, pero pueden contener agua al aumentar la temperatura, este proceso se conoce como gelatinización esta se produce la lixiviación de la amilosa.

Tras disolución de almidón en agua se gelatiniza porque la estructura cristalina de las moléculas de amilosa y amilopectina se pierde y éstas se hidratan. A temperatura ambiente este gel se reordenan las moléculas, debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente y reaccionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos por lo que se presenta insolubilización y la precipitación espontánea de las moléculas de amilosa, lo que se conoce como retrogradación.

- **Celulosa:** la celulosa es un homopolisacárido compuesto por una larga cadena desde cientos hasta varios miles moléculas de β -glucosa se forma por la unión de moléculas de β -glucopiranososa mediante enlaces β -1,4-O-glucosídico.

Tiene una estructura lineal o fibrosa, es insoluble en agua, y debido a sus fibras compactas constituye la pared celular de las células vegetales; a pesar de que contiene glucosas los animales no la pueden digerir y utilizar como fuente de energía. Sin embargo es una importante fibra dietética, además constituye la materia prima del papel y de los tejidos de fibras naturales. La acetilación parcial de la celulosa produce el acetato (de rayón), utilizado como fibra sintética.

1.4 HIDRÓLISIS ÁCIDA

Según Tapia⁹, la hidrólisis ácida es un proceso en el que se duplican o triplican enlaces por adición electrofílica, a partir de una reacción de hidratación, como es el caso de la conversión de celulosa o de almidón en glucosa.

La enzima alfa-amilasa actúa sobre almidones crudos y gelatinizados catalizando la hidrólisis de amilosa y amilopectina del almidón¹⁰, al romper enlaces 1,4 interiores; requiere de un activador, es sensible a una acidez elevada, el pH óptimo de acción está dentro del rango 5-7, es resistente al calor.

Dentro de los pretratamientos efectivos y más frecuentes se encuentra el uso de ácido en bajas concentraciones. El tratamiento ácido reduce lignina ácida hidrolizada con concentraciones 0.7 – 3.0 % en peso se ha generado alta solubilización y recuperación de hemicelulosa logrando altos niveles de hidrólisis de celulosa¹¹.

1.5 MELAZA

La melaza también conocida como miel final según la norma ICONTEC 587 de 1994 se define como jarabe o líquido denso y viscoso, separado de la misma masa cocida

⁹ TAPIA Juan, DOMINGUEZ María, citado por VILLENA William. EN: Estudio De La Cinética De La Hidrólisis Ácida Del Bagazo De Caña De Azúcar Sin Pretratamiento Para La Obtención De Azúcares Reductores Revista Iberoamericana de Polímeros, México. [en línea]. (2011). Disponible en <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/MAY11/dominguez.pdf> >. [Citado el 25 de marzo de 2016]

¹⁰ CARRASCAL Fabián. Obtención de dextrinas de alta solubilidad y mínima retrogradación a partir de almidón industrial de yuca. Trabajo de Grado (Químico). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Disponible en línea. <
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/457/2/116245.pdf>>

¹¹ LIU, C. and Wyman, citado DUQUE Sergio. EN: The Effect of Flow Rate of Very Dilute Sulfuric Acid on Xylan, Lignin, and Total Mass Removal from Corn Stover Ind. Eng. Chem. Res. 43, pp. 2781-2788. [en línea]. (2004). Disponible en <http://www.cert.ucr.edu/research/ses/wymanpublications/The%20Effect%20of%20Flow%20Rate%20of%20Very%20Dilute%20Sulfuric%20Acid%20on.pdf> >. [Citado el 25 de marzo de 2016]

final y de la cual nos es posible cristalizar más azúcar por métodos inusuales. Según Olbrich¹² la palabra “melazas” se deriva del latino *mel*, que significa “miel”, y se empleaba en el contexto *mellacea*, es decir, una sustancia parecida a la miel como sustancia, sufre un cambio en el significado debido al -aza sufijo español, que expresa un engrosamiento, como una miel crudo gruesa, de espesor. Este autor también las clasifica en: a) Verdaderas melazas (aguas madres de la extracción de la sacarosa, efluentes finales, subproductos de la fabricación del azúcar), b) sustancias del tipo de las melazas (aguas madres de la extracción de azúcares distintos de la sacarosa) y sustancias similares a las melazas (productos principales, objetivo inmediato de la producción; es decir, no hay productos colaterales, efluentes finales ni aguas madres).

Esta mezcla contiene sacarosa, azúcar invertido, sales, entre otros compuestos, normalmente resulta durante la producción del azúcar mediante la cristalización repetida hasta alcanzar alta viscosidad y no sea posible una cristalización adicional de la sacarosa, generalmente contiene glucosa de 30% a 45%, 40-60% de dextrina y 15-20% de agua.

Normalmente la melaza es obtenida del proceso de producción de la caña de azúcar, a partir de un proceso que comprende la molienda con adición de agua caliente se exprime la caña para extraer la sacarosa, la eliminación de la mayor cantidad de impurezas presentes por calentamiento, decantación y filtración de la mezcla, posteriormente se concentra eliminando parte del líquido mediante evaporación, mediante la combinación adecuada de presión y temperatura transforma el jarabe en cristales y mediante una serie de centrifugas de alta velocidad se separan de la solución, luego los cristales se secan y adecuan pertinentemente para los consumidores y la melaza se clasifica según el azúcar total y el contenido de humedad, así: melaza superior blackstrap si contiene 23.4% de agua o menos, y 53.5% o más de azúcares totales o melaza blackstrap si está compuesta por 23.5% a 26.4% de agua y 48.5% a 53.5% de azúcares totales.

La melaza producto residual de la industria azucarera empleada en la alimentación animal, se diferencia de la melaza que es empleada como materia prima en la producción de azúcar, un ejemplo es la melaza de remolacha que no es apta para el consumo humano pues es amarga, sin embargo se utiliza en la alimentación de ganado vacuno.

Entre los usos de estos jarabes pueden reemplazar el azúcar, lo que hace que los productos adecuados para los suministros para diabéticos; también de la melaza se pueden obtener diversos tipos de alcoholes mediante fermentación.

¹² OLBRICH, H. Molasses. In P. Honing, ed. Principles of sugar technology, New York. vol III. En: Aprovechamiento de melazas. (1963); p. 3.

Las melazas empleadas comúnmente, las melazas de remolacha y caña, son un importante producto secundario de la industria azucarera, que de acuerdo a su constitución en la cual se aprecia un alto contenido de azúcar considerándose que pueden emplearse para la nutrición animal, como fuente de energía y refuerzo para piensos de baja calidad. Industrialmente “las fábricas de azúcar blanco, según la planta que traten, producen un promedio de 4% de melazas de remolacha y de 3% de melazas de caña, lo que en relación con el azúcar producido, representa el 25% para el caso de la remolacha, y el 35% en el de la caña”¹³ Que son aprovechadas al extraerse las sustancias que estas contienen o como sustrato en la producción de levadura, alcohol etílico, ácidos orgánicos y otras sustancias orgánicas.

1.5.1 Alimentación animal con melaza. La melaza se emplea como alimento de ganado ovino, vacuno, cerdos y aves, debido a que contienen hidratos de carbono, materia inorgánica, oligoelementos, y relativamente pocas proteínas, por lo cual es mejor sintetizada como alimento de rumiantes, estos descomponen las células bacterianas como fuente de nitrógeno en la síntesis de proteínas bacterianas. Por lo cual algunas veces se complementa la deficiencia proteínica de las melazas con adición de nitrógeno inorgánico como urea.

¹³ FAO. Food and agriculture organization of the United Nations en world imports and exports of molasses. Rome

2. METODOLOGÍA

Este capítulo describe los procedimientos empleados en las pruebas durante la ejecución de los objetivos propuestos. Previo al proceso se realizó una caracterización de los criterios de maduración de las cáscaras considerados indicadores posibles de la calidad del producto final, no se emplean técnicas complejas para que posteriormente puedan ser de fácil aplicación, repetibles, y económicos.

Presenta la evidencia de varias etapas que describen el desarrollo experimental del proceso a nivel laboratorio para la obtención del producto tipo melaza, y del método estadístico de diseño de experimentos a partir del cual se analizan los datos obtenidos en el proceso.

A través de un tratamiento de hidrólisis ácida, evaluando 3 tipos de ácidos y la proporción de cascaras de plátano. Este proceso fue considerado al explorar el entorno previsto en la empresa y la lectura de antecedentes como (hidrólisis ácida y enzimática con ácido ortofosfórico y cloruro de hidrógeno acuoso, a partir de pulpa de banano (*musa sapientum*) para la obtención de melaza a nivel laboratorio), entre otros.

2.1 LUGAR DE LA EXPERIMENTACIÓN

La etapa inicial que comprende la recolección de las muestras se realizó en las instalaciones de la microempresa PROCOL PRODUCTOS COLOMBIANOS S A S ubicada en la ciudad de Bogotá D.C.; las etapas posteriores y los ensayos pertinentes se realizaron en los laboratorios de la Red TecnoParque Colombia Nodo Bogotá del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA.

2.2 PROCEDIMIENTOS DE CARACTERIZACIÓN

2.2.1 Humedad de cáscara y contenido de materia seca. El procedimiento empleado para la medición del contenido de humedad y de materia seca, se realizó a partir de lo descrito por B.K. Dadzie et J.E. Orchard ¹⁴ en el libro evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos primero se toma el peso de los crisoles vacíos, posteriormente se adicionan aproximadamente 10 g de muestras de cáscara para también obtener y registrar su peso. Se llevan las muestras a una mufla a 103°C durante 24 horas, finalmente se refrescan en un desecador por 1 hora, se pesan y realizan los cálculos respectivos empleando las ecuaciones de la Tabla 12.

Tabla 12. Ecuaciones empleadas en determinación de %Humedad y %Materia Seca.

ECUACIONES HUMEDAD Y MATERIA SECA	
Peso fresco de la muestra (D)	$(D) = B - A$
Peso de la muestra seca (E)	$(E) = C - A$
% del contenido de humedad	$\% H = ((D - E)/D) \times 100$
% del contenido de materia seca	$\% MS = 100 - (\% H).$

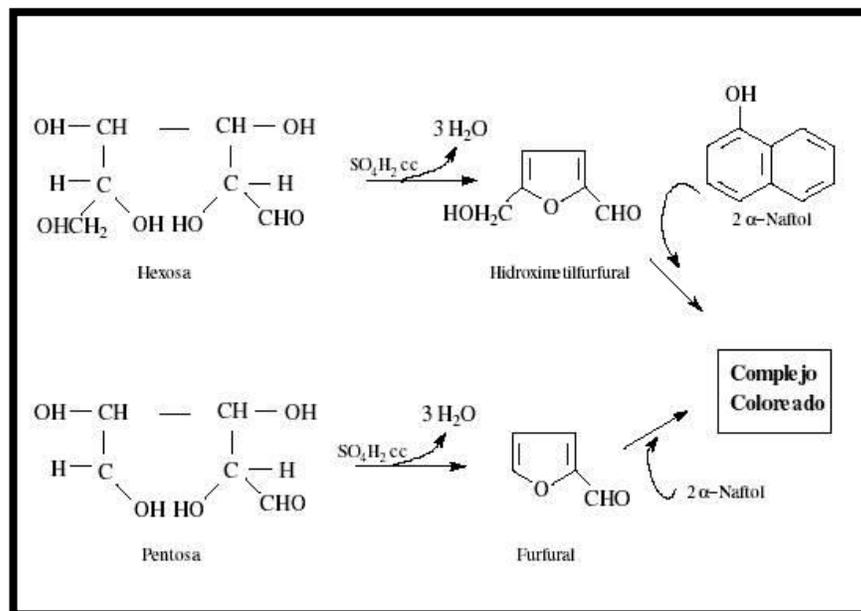
Fuente. Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos.

2.2.2 Prueba de molisch. De acuerdo a lo estipulado por Nuria Bolaños¹⁵ en el manual de laboratorio la Química de Alimentos, para este método se necesitan 3 ml de disolución de muestra a la que se añaden 2 gotas de reactivo de Molisch, y se mezcla bien. Consecutivamente de manera cuidadosa se adicionan 2 ml de ácido sulfúrico concentrado. Consiste en que en la superficie de separación de ambas capas se produce la deshidratación del azúcar en medio ácido fuerte formando furfural y en combinación con α -naftol forma un anillo de color oscuro en dicha interfase.

¹⁴ B.K. Dadzie; J.E. Orchard. Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. En: Guías técnicas Inibap. Vol. 2; p. 14

¹⁵ BOLAÑOS, Nuria; LUTZ, Giselle; HERRERA, Carlos. Extracción del almidón de diferentes tejidos vegetales y estudio de algunas de sus propiedades. En: Manual de laboratorio la Química de Alimentos. Costa Rica. ed. 1 (2003); p. 10.

Ilustración 2. Reacción Prueba Molisch



Fuente. Química de Alimentos: Manual de laboratorio

2.2.3 Prueba de yodo de almidón. Siguiendo la metodología recomendada por Nuria Bolaños¹⁶ en el manual de laboratorio la Química de Alimentos, se realiza la evaluación visual del cambio de coloración de la muestra coloreada en las secciones transversales de la cáscara por 5 segundos con el reactivo yoduro potásico/yodo. Ante un contenido de almidón toma color azul oscuro y es un indicador útil de madurez; consecuentemente cuando no hay presencia de almidón no ocurre el cambio de color. En la Ilustración 3 la escala corresponde al grado de color de la cáscara asignada al cambiante patrón del almidón.

¹⁶ *Ibíd.*, p. 11.

Ilustración 3. Escala correspondiente a cambiante patrón de almidón.



Fuente. Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos.

2.2.4 Prueba Benedict. Se realiza para el reconocimiento de azúcares mediante una reacción de oxidación que resulta positiva ante una coloración de azul a rojo con la formación de un precipitado rojo de óxido de cobre I. A 0,5 mL de la muestra de pH 10 regulado con NaOH 3 M, se añaden 5 mL del reactivo de Benedict y se coloca en baño de agua en ebullición. Se efectúa esta prueba de acuerdo a la metodología establecida por Nuria Bolaños¹⁷ en el manual de laboratorio la Química de Alimentos.

2.2.5 °Brix. En la medición de los °Brix se emplea un refractómetro manual calibrado para ser utilizado a 20°C que marque la variación de los sólidos solubles totales (% SST) o los grados Brix (°B) desde 0-20 o 0-32% en graduaciones de 0.2 o 0.5%. En esta prueba 30 g de muestra se dejan reposar en 90 ml de agua destilada por 2 min, se filtra y una gota de filtrado se coloca en el prisma del refractómetro dirigiéndolo hacia una fuente de luz para así hacer la lectura del porcentaje de sólidos solubles totales; el valor registrado se multiplica por tres correspondiente a la dilución previa. Para el producto final se efectúa según el índice de refracción con lo indicado en la NTC 289.

¹⁷ Ibíd., p. 12

2.2.6 pH. Se efectúa de acuerdo con lo indicado en AOAC 27.6.07, y el tratamiento para la preparación del jugo de la cáscara según lo descrito por B.K. Dadzie et J.E. Orchard¹⁸ en una proporción 30 g de cáscara por cada 90 ml de agua. Mediante un pHmetro o un papel indicador se determina el potencial de hidrógeno de las muestras. Estos valores de pH brindan la medida de la acidez o alcalinidad considerada también como indicador de madurez.

2.2.7 Acidez titulable. De modo similar al trabajado en la medición de pH el tratamiento para la preparación del jugo de la cáscara se realizó según lo descrito por B.K. Dadzie et J.E. Orchard¹⁹ en una proporción 30 g de cáscara por cada 90 ml de agua, la prueba consiste en tomar 25 ml de la muestra diluida en 25 ml de agua destilada y 4 gotas de indicador de fenolftaleína. Empleando hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N se procedió a realizar la titulación, dadas las características de color de la muestra, y evitar inconvenientes al observar el viraje de color es necesario realizar una titulación potenciométrica y a través de la variación del pH hasta el punto de viraje de la fenolftaleína registrar el volumen gastado en la titulación.

2.2.8 Extracción soxhlet. En la NTC 4709 Extracción de muestras de residuos sólidos para análisis químico mediante extracción soxhlet se realiza la extracción sólido – líquido; consiste en la acción de separar a través de un líquido en este caso etanol, una fracción de la muestra de cáscara, a partir de la que se realiza la prueba DNS y almidón cualitativo de la cáscara.

2.2.9 Determinación del almidón cualitativo. Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 1076 Método cualitativo. Consiste en determinar la presencia de almidón con una coloración azul mediante la titulación de la muestra con solución 0,02 N de yodo a 25 g de la muestra diluida en 25 mL de agua, que se calienta hasta ebullición y se enfría a 10°C.

¹⁸ B.K. Dadzie; J.E. Orchard, Op., cit., p. 12.

¹⁹ *Ibíd.*, p. 13.

2.2.10 Determinación del contenido de cenizas sulfatadas. Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 587. Se pesan crisoles previamente secos en mufla a 650°C durante 10 min. Se pesan 10 ml de la muestra diluida en agua en proporción 1:5 con 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, evaporándola hasta carbonización. La muestra se coloca nuevamente en la mufla a 650°C durante 1 h, y luego de humedecerla con unas gotas de ácido sulfúrico, son llevadas nuevamente a la mufla a 650°C durante 2 h para finalmente enfriar en desecador 1 h y pesar.

2.2.11 Método dns. De acuerdo con lo indicado en la NTC 587 el método comúnmente empleado es el desarrollado por Eynon y Lane para la determinación de azúcares reductores en mieles y caldos de fermentación de destilerías. Sin embargo en este método volumétrico la valoración se detecta por cambio de color, y resulta poco productivo. Por esta razón Sumner²⁰ y colaboradores desarrollaron otro método utilizando el ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) para calcular la concentración de azúcares reductores en distintos materiales. Este método de determinación de azúcares totales por espectrofotometría UV, consiste en una reacción de oxidación que muestra un comportamiento lineal hacia mono y disacáridos.

El reactivo DNS es preparado según lo indicado en el manual de métodos generales para determinación de carbohidratos y método propuesto por Coughlan y Moloney²¹, para 1 L se utilizan 10 g de ácido dinitrosalicílico, 300 g de tartrato de sodio y potasio, 800 mL de NaOH 0,5 N y agua destilada hasta el aforo. Se toma 1 mL de la muestra y 1 mL del reactivo y se calienta por 15 min, cuando se enfría se adicionan 10 mL de agua destilada y se realiza la lectura a una longitud de onda de 575 nm. Empleando una solución de patrón de glucosa a una concentración de 0,1 g/L se realiza la curva patrón de la que se utiliza la ecuación lineal.

2.2.12 Determinación del contenido de cenizas sulfatadas. Según lo descrito en la NTC 587 la preparación de la muestra sobre la cual se efectúa el análisis se realiza mezclando hasta que esté completamente disuelta una muestra de 50 g en agua destilada hasta volumen de 250 mL.

Lo primero es secar los crisoles en la mufla a 650°C durante 10 min y enfriar en el desecador 1 h tomando el peso de los crisoles tarados, así como el peso después

²⁰ SUMMER, citado por GIL, Daniel Bello ., CARRERA BOCOURT, Emilia y DÍAZ MAQUEIRA, Yuset. EN: Sistema de Información Científica Redalyc Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. ICIDCA No.2 [en línea]. (2006). Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120664006> >. [Citado el 25 de marzo de 2016]

²¹ COUGHLAN; MOLONEY., citado por CRISTANCHO CRUZ, Leidy Milena; MONROY SOLER, Ricardo Alonso. Manual de métodos generales para determinación de carbohidratos. UPTC, 2014.7

de adicionar 10 ml de muestra en un crisol, luego agregar 5 ml de ácido sulfúrico concentrado y se evapora al baño maría hasta carbonización. El peso final se toma posterior a llevar las muestras a la mufla a 650°C durante 2 h.

2.3 PARÁMETROS DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Las variables que se trabajan en el diseño de experimentos son la concentración en g de cáscaras de plátano adicionadas, el tipo de ácido y el tiempo de hidrólisis. En la Tabla 13, se presenta los intervalos de factores estudiados para el diseño experimental, trabajando un diseño de superficie de respuesta utilizando el programa Design Expert 7, analizando 1 factor categórico nominal que es el tipo de ácido, y 2 factores numéricos como son el tiempo de reacción, y la cantidad en gramos empleados de cáscara. La variable de respuesta fueron los grados Brix. Bajo estas condiciones, el programa plantea un modelo de 20 experimentos, como se aprecia en la Tabla 14 establece las pruebas del proceso por triplicado. Evaluando así las condiciones adecuadas bajo las cuales se presenta un mayor grado Brix en la mezcla resultante.

Tabla 13. Condiciones Iniciales para diseño

			Unidades	Rango de Evaluación		Variable Respuesta
				Valor Mínimo	Valor Máximo	
Factores	Numéricos	Tiempo	(h)	1	3	°Brix
		Cáscaras	(g)	5	25	
	Categórico	Tipo de Ácido		1	3	

Tabla 14. Modelo planteado por el programa Design Expert.

Experimento	Factor 1 A:Tiempo (h)	Factor 2 B: Cáscaras (g)	Factor 3 C:Ácido
11	1	5	HCl
4	1	25	HCl
19	1	25	HCl
18	2	10	HCl
16	3	5	HCl
1	3	25	HCl
20	3	25	HCl
14	1	5	H ₂ SO ₄
17	1	25	H ₂ SO ₄
10	2	5	H ₂ SO ₄
2	2	15	H ₂ SO ₄
3	3	5	H ₂ SO ₄
12	3	25	H ₂ SO ₄
9	1	5	H ₃ PO ₄
8	1	15	H ₃ PO ₄
13	2	5	H ₃ PO ₄
15	2	25	H ₃ PO ₄
5	2	25	H ₃ PO ₄
7	3	5	H ₃ PO ₄
6	3	15	H ₃ PO ₄

Fuente. Design Expert (programa de diseño de experimentos)

Cada prueba se realizó empeando 100 ml de ácido, evaluando el comportamiento de tres tipos de ácido: H₃PO₄, H₂SO₄ y HCl en concentración 1 M; teniendo en cuenta tratamientos de hidrólisis realizados previamente con estos ácidos, por los autores Karol Ariza y Paula Bohórquez²² “Hidrólisis ácida y enzimática con ácido orto fosfórico y cloruro de hidrógeno acuoso, a partir de pulpa de banano (*musa sapientum*) para la obtención de melaza a nivel laboratorio”.

Se maneja una concentración de 1 M menor a la trabajada de 5 M en el artículo “cuantificación de azúcares reductores en las cáscaras de naranja y banano” de los

²² ARIZA PÉREZ, Karol Paola; BOHÓRQUEZ MEDINA, Paula Andrea. Evaluación Hidrólisis ácida y enzimática con ácido orto fosfórico y cloruro de hidrógeno acuoso, a partir de pulpa de banano (*musa sapientum*) para la obtención de melaza a nivel laboratorio. Trabajo de grado Ingeniería química. Fundación Universidad de América.

autores William Cortes, José Ibla, Lina Calderón, Andrés Herrera²³ en el cual se desarrollaron experimentos variando condiciones de temperatura y agitación de las diferentes muestras a partir de las cuales indica su autor que la hidrólisis no era más eficiente al incrementar la temperatura o generar agitación, y por lo tanto no funcionaban como catalizadores significativos en la reacción. Además al evitar estas condiciones consecuentemente se evitarían sobrecostos por gastos de energía. Por lo cual se consideró trabajar el diseño de experimentos sin agitación, a temperatura ambiente de Bogotá de 14 a 22°C.

El rango de evaluación elegido para la cantidad de cáscara seca empleada varía entre 5 a 25 g, de acuerdo a los resultados obtenidos en una etapa pre experimental en la cual al trabajar cantidades mayores se presentan soluciones sobresaturadas, por esta razón consecuentemente disminuye la cantidad de jarabe obtenido. El tiempo estimado es de 1 a 3 horas adecuada de modo que abarque la temperatura de 2 horas y media estimada en el artículo “determinación de las mejores condiciones de hidrólisis ácida de la cáscara del plátano” de los autores Villa-Vélez, H.A., Carvalho, G.R., Telis-Romero, J.²⁴

Después de realizar el tratamiento de hidrólisis ácida evaluando las condiciones establecidas por el programa Design Expert, con el fin de remover sólidos se realiza la filtración de las muestras por decantación empleando embudo y papel filtro. Se procede a medir los grados Brix considerados factor de respuesta del diseño para determinar las condiciones adecuadas. Luego se realiza un incremento de la concentración de la mezcla mediante una plancha de calentamiento sin agitación, de este modo, la ausencia de agua aumentaría la vida útil del producto que se obtenga finalmente evitando fermentación o crecimiento de microorganismos²⁵.

2.4 DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.4.1 Determinación de las características de las cáscaras

²³ VILLA-VÉLEZ, H.A., CARVALHO, G.R., TELIS-ROMERO, J. En: Revista electrónica de la Universidad de Castilla La Mancha UCLM. [en línea]. (2010). Disponible en:< <http://www.uclm.es/area/cta/cesia2012/cd/PDFs/2-MOD/MOD-P14T.pdf> >. [Citado el 25 de marzo de 2016]

²⁴ CORTES ORTIZ, William Giovanni, IBLA GORDILLO José francisco, CALDERÓN VELÁSQUEZ, Lina maría HERRERA Andrés Felipe. BUENO ET ALTRI. Cuantificación de azúcares reductores en las cáscaras de naranja y banano Apertura Comercial y política tecnológica. Bogotá. Revista de Tecnología, Journal Technology. Volumen 12. Número 2. Págs. 72-76.

²⁵ KAROL PAOLA ARIZA PÉREZ Y PAULA ANDREA BOHÓRQUEZ MEDINA. evaluación Hidrólisis ácida y enzimática con ácido ortofosfórico y cloruro de hidrógeno acuoso, a partir de pulpa de banano (*musa sapientum*) para la obtencion de melaza a nivel laboratorio. Trabajo de grado Ingeniería química. Fundación Universidad de América.

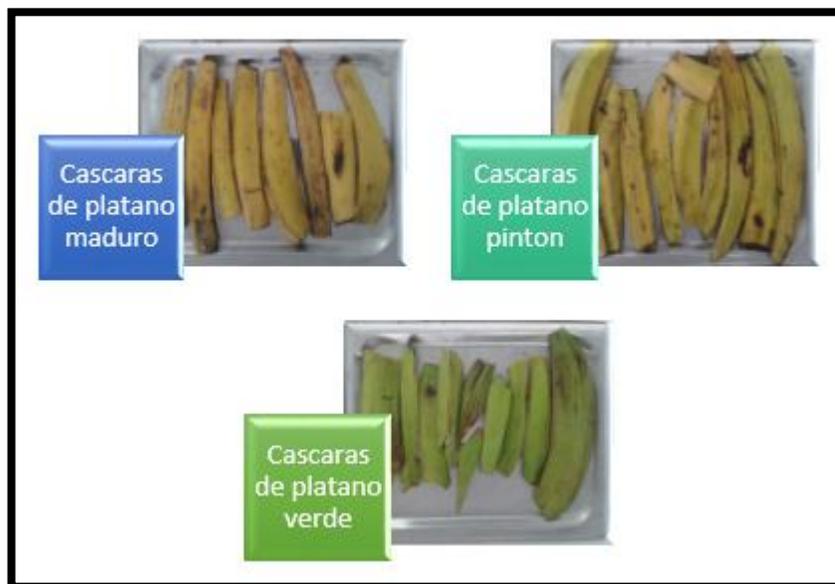
2.4.1.1 Inspección visual y clasificación. Las condiciones bajo las cuales se manipulan los residuos generados en el proceso de elaboración de plátanos pre fritos, los cuales se depositan en las mismas bolsas que el proveedor de los plátanos dispone para su producto, son transparentes y presentan algunos agujeros, como se observa en la Ilustración 4 estos residuos son desechados sin aprovechamiento adicional.

Ilustración 4. Muestra de deposición actual de las cáscaras.



Las cáscaras de plátano que resultan del proceso de producción de plátanos pre fritos llevado a cabo en la empresa PROCOL son de la variedad Dominico Hartón, genoma AAB, los cultivos del proveedor se encuentran ubicados en el municipio de Armenia, Quindío. Las muestras con las cuales se trabajó se seleccionaron y clasificaron a su vez en cáscaras maduras, cáscaras verdes y cáscaras en estado pintón. A continuación se muestra en la Ilustración 5 las cáscaras que se usaron a nivel de laboratorio para la clasificación y caracterización de las mismas.

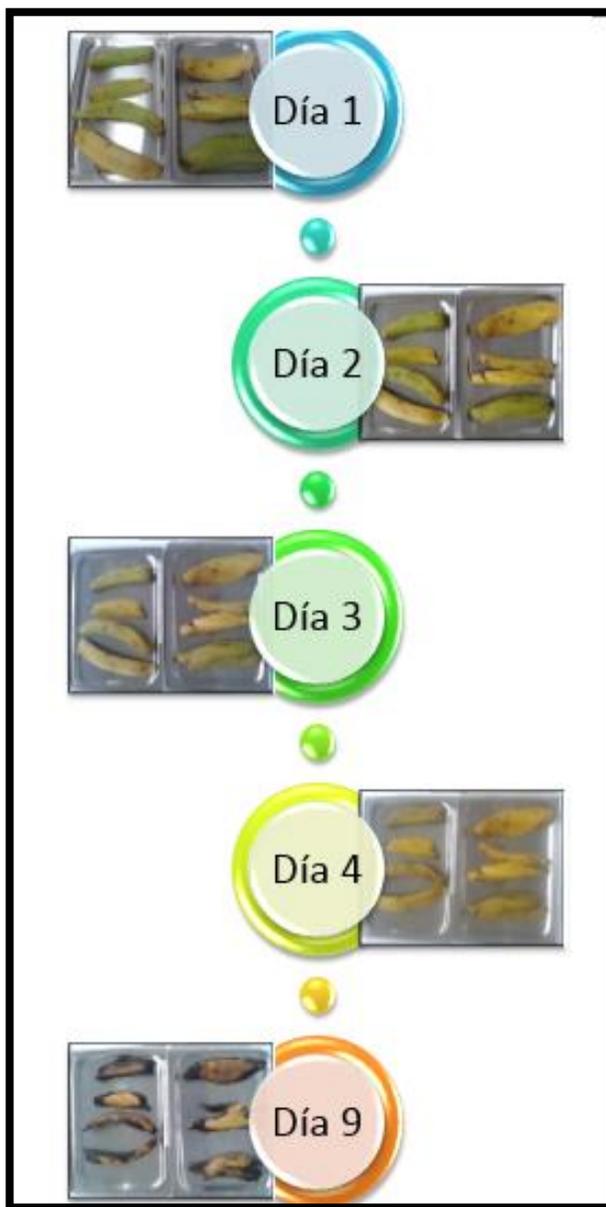
Ilustración 5. Muestras de los tres estados de maduración trabajados en la caracterización.



2.4.1.2 Valoración de la maduración de las cáscaras de plátano.

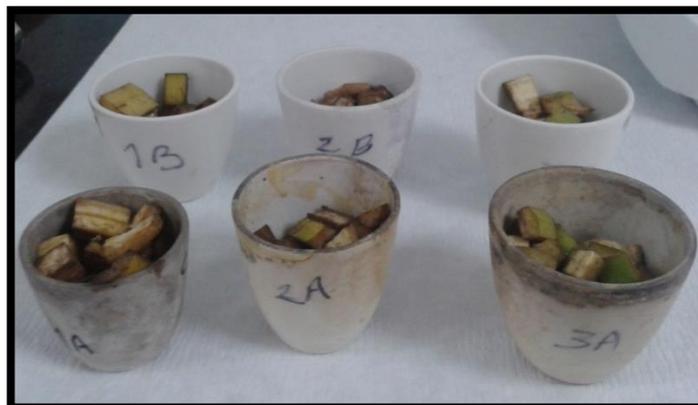
Considerando pertinente estimar el tiempo de vida útil de las cáscaras y el punto de la maduración adecuado para emplearlas en el proceso de acuerdo en los diferentes estados de maduración, así como las condiciones de almacenamiento. Se tomó una cantidad respectiva de muestras de los tres estados de maduración sin ningún tratamiento de desinfección previo con el fin de que no se alterara el proceso natural de maduración. De este modo se aprecia la maduración de las cáscaras de plátano a temperatura ambiente de Bogotá (14 a 22°C), se realizó la comparación de las cáscaras secas y cáscaras mojadas durante aproximadamente 10 días.

Ilustración 6. Cambio observado en las muestras durante los 10 días



2.4.1.3 Humedad y materia seca. Esta prueba se realizó por duplicado para minimizar errores, en la Ilustración 7 las muestras de la prueba A y la prueba B, para cada estado de maduración.

Ilustración 7. Determinación de humedad y materia seca realizada a las muestras.



Se tomaron muestras de cáscaras de plátano verde, maduro y pintón las cuales fueron troceadas para facilitar su manipulación, se dejaron reposar en vasos de precipitados durante varios días, durante los cuales se tomaban 30 g de las muestras cada tres días para diluirlo en 90 mL de agua destilada y proceder a tomar las mediciones. De manera alterna se aplicaron a una muestra diluida de 90 g en 270 ml de agua destilada por cada estado de maduración trabajado, que se dejaron en reposo.

2.4.2 Pruebas de determinación de carbohidratos. Al realizar las pruebas de determinación de carbohidratos se pesaron 3 g de cáscara que se homogenizó mediante un licuado aproximadamente por 2 minutos con 100 mL de agua, luego se calentó por 5 minutos de manera que mejorara la disolución del almidón y se dejó enfriar. A partir de la muestra diluida que se obtuvo se realizaron las pruebas para tres los estados de maduración que se trabajaron por triplicado.

La extracción soxhlet con etanol Ilustración 8 se realizó a 5 g de cáscara, a partir de la que se realiza la prueba DNS y almidón cualitativo de la cáscara. Y recuperando el solvente mediante roto evaporación a condiciones de 95 rpm y 85°C.

Ilustración 8. Extracción Soxhlet realizada a las cáscaras de plátano.



2.4.3 Adecuación de la materia prima para la hidrólisis. Debido a dificultad para obtener un puré de las cáscaras de plátano que presente textura homogénea mediante el licuado, se trabajó el proceso con cáscaras en polvo, obtenidas con el siguiente proceso:

Primero se trocean las cáscaras a tamaño de 1 cm a 2 cm para facilitar el manejo del material, se realiza una hidrólisis básica al sumergir las cáscaras en 1/2 L de solución de Hidróxido de Sodio al 0,100 M para realizar la eliminación de la lignina (polímero que protege los azúcares presentes en la biomasa ligno-celulósica)²⁶ de las muestras de cáscaras de plátano, con el fin de obtener muestras con presencia de celulosa y con mayor cantidad de glucosa, empleando un periodo de 18 horas de acuerdo a lo recomendado en el estudio mencionado anteriormente en el cual el autor infiere que “el tiempo es un factor importante en la eliminación del polímero de las cáscaras. De la misma manera durante la hidrólisis se extrajo mayor cantidad de azúcares presentes en las muestras.”²⁷, después de las cuales se separan los trozos de cáscara de la solución²⁸. Se realiza el secado de estas en una mufla a temperatura de 65°C para disminuir el contenido de agua; posteriormente para

²⁶ CORTES ORTIZ, William Giovanni, IBLA GORDILLO José francisco, CALDERÓN VELÁSQUEZ, Lina maría HERRERA Andrés Felipe., Op., cit., p. 72-76.

²⁷ *Ibíd.*, p. 72-76

²⁸ HOYOS & PEREZ. Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca, 2005.

obtener un menor tamaño de partícula que permita facilitar la manipulación se hace una molienda en seco.

2.4.4 Diseño de experimentos. Al realizar el diseño de 20 experimentos propuestos por el programa Design Expert 7, en cual se establecen las pruebas del proceso por triplicado para confrontar entre si posibles errores de medida e influencias de variables externas, y después de retirar las partículas sólidas de las mezclas mediante filtración, se obtienen los siguientes valores de grado Brix en las muestras, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 15. Respuesta en sólidos solubles del diseño.

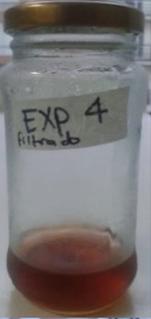
Experimento	Condición Experimental	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)
11	HCL 5 g 1 h	5.8	
4	HCL 25 g 1 h	7.8	
19	HCL 25 g 1 h	7.4	

Tabla 16. (Continuación)

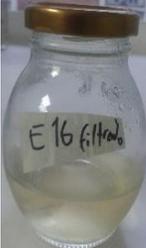
Experimento	Condición Experimental	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)
18	HCL 10 g 2 h	6.2	
16	HCL 5 g 3 h	5.8	
1	HCL 25 g 3 h	7	
20	HCL 25 g 3 h	7	
14	H ₂ SO ₄ 5 g 1 h	11.2	

Tabla 17. (Continuación)

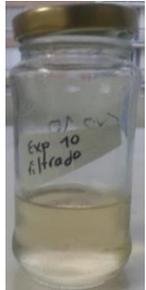
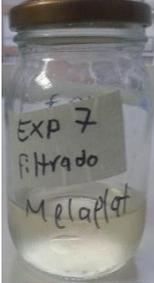
Experimento	Condición Experimental	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)
17	H ₂ SO ₄ 25 g 1 h	12.8	
10	H ₂ SO ₄ 5 g 2 h	11	
2	H ₂ SO ₄ 15 g 2 h	12	
3	H ₂ SO ₄ 5 g 3 h	11.2	

Tabla 18. (Continuación)

Experimento	Condición Experimental	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)
12	H ₂ SO ₄ 25 g 3 h	11	
9	H ₃ PO ₄ 5 g 1 h	6.8	
8	H ₃ PO ₄ 15 g 1 h	8.8	
13	H ₃ PO ₄ 5 g 2 h	6	

Tabla 19. (Continuación)

Experimento	Condición Experimental	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)	Respuesta Sólidos Solubles (°Brix)
5	H ₃ PO ₄ 25 g 2 h	9	
7	H ₃ PO ₄ 5 g 3 h	6.8	
6	H ₃ PO ₄ 15 g 3 h	7.2	
15	H ₃ PO ₄ 25 g 2 h	7.4	

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se realiza un enlace con base en los resultados obtenidos y los datos teóricos.

3.1 CARACTERIZACIÓN CÁSCARAS

La caracterización incluyó una medida de la madurez de las muestras empleadas sin establecer un único criterio suficiente para medir la madurez de estas, a través de la evaluación de cambios de color, olor, variación de grados Brix y pH en las cáscaras. Estos puede que de modo autónomo no influyan unos en otros, y se presenten de manera diferente.

No se han realizado suficientes estudios que hagan referencia a la maduración de las cáscaras de plátano Dominic Hartón, pero se supuso la identificación de características que puede adoptar el producto a partir del comportamiento de los criterios de maduración anteriormente mencionados. Las pruebas aplicadas no son complejas para que posteriormente puedan ser de fácil aplicación, repetibles, y económicas.

Al realizar la valoración física de las muestras se determinaron las condiciones de color y olor que presentaron las cáscaras, se apreciaron manifestaciones de maduración como tonos más amarillos, a partir del día 10 se detuvo la observación debido a que en el día 9 como se aprecia en la Ilustración 6 fue notable el comienzo de su deterioro, presentando olor fuerte y desagradable que atrae insectos.

En la pulpa de plátano se presenta oscurecimiento ligado a la oxidación enzimática de los compuestos fenólicos realizados por la enzima polifenol oxidasa (PPO). Consiguientemente la cáscara presenta oscurecimiento al contener el doble de poli fenoles que la pulpa.

El evidente cambio de color verde a amarillo intenso en la cáscara durante la etapa de maduración con el curso de los días es debido a la degradación de la estructura de la clorofila hasta su desaparición, haciendo notorios pigmentos amarillos como carotenoides y antocianinas. Según lo reportado por Parmer²⁹ “La cáscara de plátano verde contiene clorofila de 50 – 100 µg/g, xantofila de 5 a 7 µg/g y carotenos de 1,5 a 3,5 µg/g, los contenidos son en gramos de peso fresco. Durante la maduración, la clorofila se pierde y el pigmento total amarillo permanece constante”.

²⁹ Revisión de literatura. Aspectos fisiológicos y Bioquímicos del Plátano. Tesis. Disponible en línea. <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5506/Capitulo1.pdf>>

Durante la maduración de los plátanos el contenido de humedad de la cáscara disminuye mientras en la pulpa aumenta. Pero después del corte la cáscara continua transpirando debido a que contiene estomas, y esta pérdida rápida de agua acelera la maduración. También el etileno se incrementa únicamente durante la senescencia de la cáscara pero no ocurre un aumento de la respiración de ésta. En la Ilustración 9 y la Ilustración 10 permiten apreciar los porcentajes de contenido de humedad y materia seca para los tres estados de maduración en el día 1 y el día 5 y contrario a lo esperado el porcentaje de humedad aumento llegando a un contenido de aproximadamente el 87% de humedad, disminuyendo consecuentemente el de materia seca.

Ilustración 9. Valores obtenidos de determinación %Humedad y %Materia Seca en el día 1

Prueba	Estado	peso crisoles vacíos (g)	peso crisol con muestra de cascara de plátano (g)	Peso fresco de la muestra (g)	Peso de la muestra después de secado (g)	Peso de la muestra seca (g)	% del contenido de humedad	% del contenido de materia seca
A	1. Maduro	49,07	59,03	9,96	54,64	5,57	44,10	55,90
	2. Pintón	48,60	58,65	10,05	54,21	5,61	44,19	55,81
	3. Verde	23,03	33,04	10,01	28,61	5,57	44,33	55,67
B	1. Maduro	27,82	37,93	10,11	33,38	5,56	45,01	54,99
	2. Pintón	25,76	35,81	10,05	31,36	5,60	44,31	55,69
	3. Verde	29,22	39,29	10,07	34,78	5,56	44,82	55,18

Ilustración 10. Valores obtenidos de determinación %Humedad y %Materia Seca en el día 5

Prueba	Estado	peso crisoles vacíos (g)	peso crisol con muestra de cascara de plátano (g)	Peso fresco de la muestra (g)	Peso de la muestra después de secado (g)	Peso de la muestra seca (g)	% del contenido de humedad	% del contenido de materia seca
A	1. Maduro	19,34	29,43	10,09	20,64	1,30	87,15	12,85
	2. Pintón	20,14	30,23	10,10	21,41	1,27	87,41	12,59
	3. Verde	33,15	43,20	10,05	34,51	1,36	86,45	13,55
B	1. Maduro	27,33	37,40	10,08	28,64	1,32	86,93	13,07
	2. Pintón	31,00	41,02	10,02	32,30	1,30	87,05	12,95
	3. Verde	29,41	39,51	10,10	30,72	1,31	87,05	12,95

En el caso del plátano los niveles de ácidos orgánicos aumentan durante la maduración, y en estado maduro, la acidez titulable y el contenido total de ácido málico son muy similares, en el plátano el ácido predominante presente es el ácido málico, de aquí se asume que este es el único ácido presente. El ácido málico

aumenta en cáscara y pulpa durante la maduración, y la generación de ácido málico interviene en el pH. Según lo reportan Sandra Carmenza Echeverry Martínez y Francisco Javier Castellanos Galeano³⁰ la cáscara plátano Dominicano - Hartón en estado verde contiene 1.0 % de ácido málico y 1.4 % en estado maduro.

La disminución del pH de las cáscaras de plátanos perceptible en la Tabla 20, la Tabla 21, y la

Tabla 22 a medida que transcurren los días es un criterio significativo de la maduración que las cáscaras, para el día 9 experimenta alto grado de deterioro y desintegración las cáscaras. Se estima que aproximadamente se presenta maduración apta para trabajar con las cáscaras en el proceso hasta el día 5, por lo tanto se realizan nuevamente las respectivas mediciones de los criterios.

Tabla 20. Determinación pH a varios días.

	pH		
	Cáscaras Maduras	Cáscaras Pintón	Cáscaras Verdes
Día 1	5,49	5,48	5,50
Día 2	5,14	5,31	5,24
Día 3	5,02	5,06	4,58
Día 4	4,35	4,30	4,37
Día 9	0,65	0,66	1,10

Tabla 21. Determinación pH cáscaras troceadas

	pH Cáscaras Troceadas después de varios días		
	Cáscaras Maduras	Cáscaras Pintón	Cáscaras Verdes
Día 9	3,25	3,34	3,53

Tabla 22. Determinación pH cáscaras sin trocear.

	pH Cáscaras Sin Trocear		
	Cáscaras Maduras	Cáscaras Pintón	Cáscaras Verdes
Día 9	2,34	2,30	2,44

³⁰ Ibíd., p. 50

Tabla 23. Recopilación de resultados de determinación pH, °Brix y Volumen NaOH titulación de las muestras.

Día	cáscaras verdes				cáscaras maduras			
	pH	°Brix	Vol. NaOH titulación (mL)	Acidez (%)	pH	°Brix	Vol. NaOH titulación (mL)	Acidez (%)
1	6,2	1	0,5	0,01	5,18	4	1,9	0,05
2	5,3	1	0,5	0,01	5,04	5,5	2,1	0,05
3	5,16	4	0,4	0,01	4,96	6	2,3	0,06
4	5,16	4,5	0,8	0,02	4,95	6	2,3	0,06
5	5,15	4,5	1,7	0,04	4,63	7,5	3,7	0,09

El porcentaje de ácido titulable en los principales estados de maduración aumenta a medida que el pH disminuye, y como se esperaba los valores porcentuales obtenidos son mayores en las cáscaras maduras respecto a las cáscaras verdes.

El comportamiento de los grados Brix como criterio de maduración muestra los sólidos solubles totales (SST) de los cuales los azúcares representan el principal componente³¹, en la Tabla 23 aumentan conforme avanzan los días del periodo de maduración, este criterio se considera supone un determinante en la calidad comestible del producto.

Debido a que la diferencia entre el estado verde y maduro en los parámetros que indican maduración evaluados no presentan un incremento significativo en la conversión a azúcares e incremento de sólidos solubles con el transcurso de los días, y además después del quinto día comienza su deterioro, por efectos de practicidad de manejo e implementación del proceso se determina que no es necesario trabajar a diferentes tiempos las cáscaras en diferentes estados de maduración, por lo tanto se procede a trabajar con una combinación de las cáscaras.

En las pruebas de reconocimiento de carbohidratos al aplicar la prueba de Molisch a la muestra Ilustración 13 se observa la coloración púrpura esperada dando una prueba positiva cuando el carbohidrato se deshidrata ante la reacción con ácido sulfúrico concentrado empleado en esta prueba.

En la Ilustración 11 se observan las muestras diluidas antes y después de aplicar la prueba, no se evidencia con claridad el cambio a la coloración azul, púrpura o rojizo

³¹ B.K. Dadzie; J.E. Orchard, Op., cit., p. 10.

en la muestra diluida debida al cambio químico que indica presencia de almidón. Por lo cual se realizó la prueba del yodo de almidón a la muestra sin diluir, coloreándola por 5 segundos con la solución de yoduro potásico/yodo, el cambio de coloración que se presentó observado en la Ilustración 12 se comparó pertinentemente con la escala de 1 a 8 Ilustración 3 que muestra al grado de color de la cáscara de acuerdo al cambiante patrón del almidón, según lo indicado en Guías técnicas Inibap Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. En este caso se confirmó la presencia de almidón al presentarse la reacción y cambio de coloración.

Ilustración 11. Determinación de almidón mediante prueba yodo realizada a las muestras diluidas.

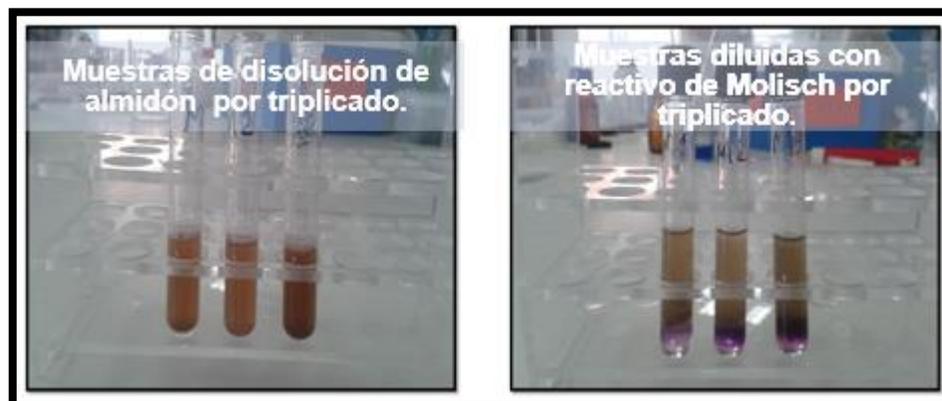


Ilustración 12. Determinación de almidón mediante prueba de Yodo realizada a muestras sin diluir.



En la Ilustración 13 se observa que se produjo la disolución color púrpura esperada al realizar la prueba de Molisch.

Ilustración 13. Determinación de carbohidratos mediante prueba Molisch realizada a las muestras.

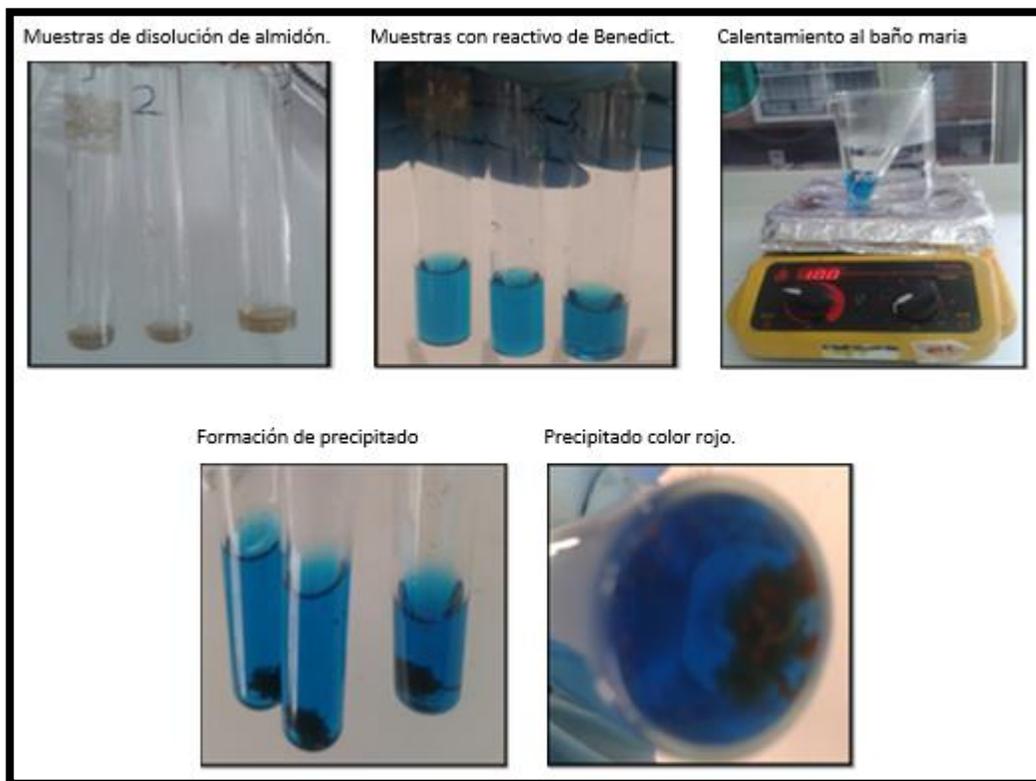


Según Echeverry Martínez los tejidos de la cáscara contienen alrededor de 3 % de peso fresco de almidón y muestran cambios similares en los carbohidratos durante la maduración. La sacarosa necesaria para la síntesis del almidón no proviene de la fotosíntesis realizada por la cáscara, consecuencia de la muy baja densidad estomática de la cáscara. Además “el proceso de degradación del almidón puede observarse con tinciones de secciones transversales con solución de yodo / potasio, notándose que la pérdida de almidón comienza en los óvulos cercanos a los óvulos degenerados y se extiende por todo el lóbulo a medida que progresa la maduración.”³²

En la prueba Benedict Ilustración 14 el resultado es positivo al presentarse un proceso en el que hay formación de precipitado rojo, aunque en una proporción mínima demuestra presencia de azúcar que ante el reactivo de Benedict experimenta una reacción de oxidación.

³² ECHEVERRY MARTÍNEZ, Sandra Carmenza., CASTELLANOS GALEANO, Francisco Javier. Comportamiento Pos cosecha En Almacenamiento A Dos Temperaturas De Plátano En Las Variedades: “Dominico Hartón, África Y Fhia 20”. Trabajo final Especialista en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Especialización En Ciencia Y Tecnología De Alimentos Programa Interfacultades. p. 48 Disponible en línea. <<http://www.bdigital.unal.edu.co/991/1/sandracarmenzaecheverrymartinez.2002.pdf>>

Ilustración 14. Determinación de azúcares mediante prueba de Benedict.



3.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Para evaluar el tipo de tratamiento adecuado que presente el mejor desempeño en el proceso de hidrólisis basado en los resultados obtenidos se estima la influencia de estos factores utilizando el modelo 2FL, para el análisis estadístico implementando un análisis de varianza (ANOVA), los gráficos de superficie de respuesta y las ecuaciones derivadas de las tres variables para las respuestas máximas se obtuvieron empleando el paquete de optimización del mismo software.

La ecuación final en términos de factores codificados de superficie de respuesta obtenidos del planteamiento del programa Design Expert, para sólidos solubles.

Sólidos Solubles

$$\begin{aligned} &= +8.58 - 0.37 * A + 0.65 * B - 2.03 * C [1] - 0.99 * C [2] - 0,33 \\ &* AB + 0,28 * AC [1] - 0.20 * AC [2] + 0,092 * BC [1] \\ &* + 0.16 BC [2] \end{aligned}$$

Donde:

Factor 1 A: Tiempo

Factor 2 B: Cáscaras
 Factor 3 C: Ácido

La ecuación final en cuanto a los factores reales:

Ácido clorhídrico Sólidos Solubles

$$= +4.62728 + 0,40323 * TIEMPO + 0,14051 * Cáscaras - 0.032903 * TIEMPO * Cáscaras$$

Ácido orto fosfórico Sólidos Solubles

$$= +6.50370 - 0.070968 * TIEMPO + 0.14757 * Cáscaras - 0.032903 * TIEMPO * Cáscaras$$

Ácido sulfúrico Sólidos Solubles

$$= +10.91290 + 0.043548 * TIEMPO + 0,10581 * Cáscaras - 0.032903 * TIEMPO * Cáscaras$$

Tabla 24. Análisis de variancia para la respuesta incremento de sólidos solubles

ANOVA de Superficie de Respuesta 2FI Modelo [suma de los cuadrados Clásica]						
Fuente	Suma de Cuadrados	df	media cuadrática	valor F	p-valor Prob> F	
Modelo	94.96	9	10.55	39.39	< 0.0001	significativo
A-TIEMPO	1.51	1	1.51	5.64	0.0389	
B-CÁSCARAS	6.84	1	6.84	25.52	0.0005	
C-ÁCIDO	89.72	2	44.86	167.46	< 0.0001	
AB	1.12	1	1.12	4.18	0.0682	
AC	0.55	2	0.27	1.02	0.3948	
BC	0.49	2	0.25	0.92	0.4302	
Residual	2.68	10	0.27			
Falta de ajuste	1.32	7	0.19	0.42	0.8472	no significativo
Error puro	1.36	3	0.45			
Total	97.64	19				

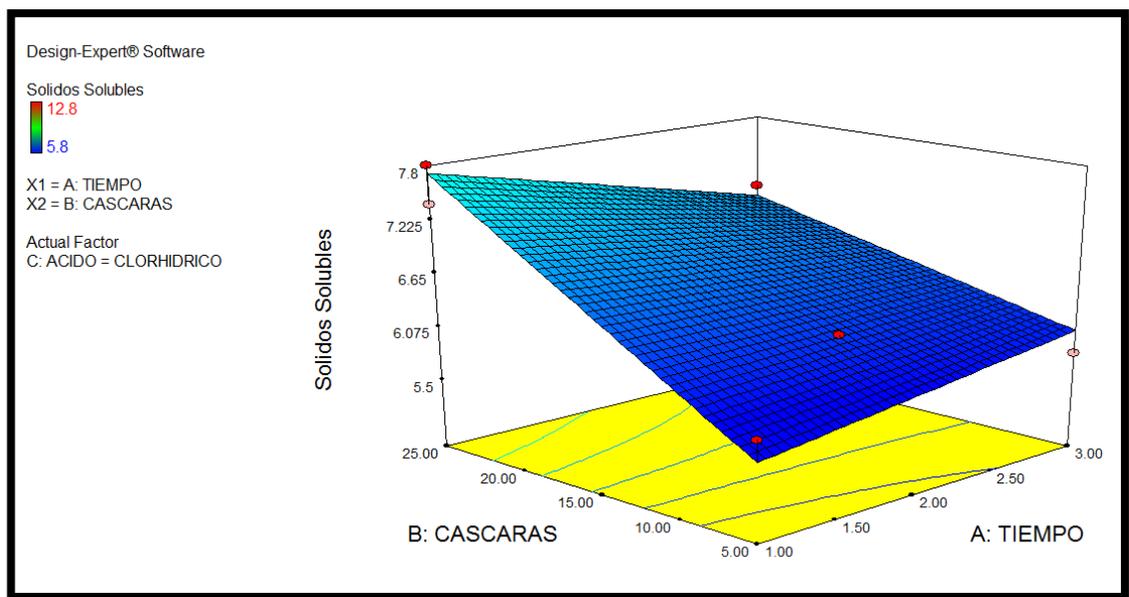
El valor F del modelo de 39,39 implica que el modelo es significativo. Hay solo un 0.01% de posibilidad que este valor ocurra debido al ruido. Los valores de "Prob> F" inferiores a 0,0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este

caso A, B, C son términos de modelo significativos. Los valores superiores a 0,1000 indican que los términos del modelo no son significativos.

El valor predicho de R2 de 0.8965 es aproximadamente igual al valor ajustado de R2 de 0.9479. El valor de la precisión adecuada mide la relación señal / ruido de 19.702, mayor de 4, significa que el modelo es adecuado para el diseño.

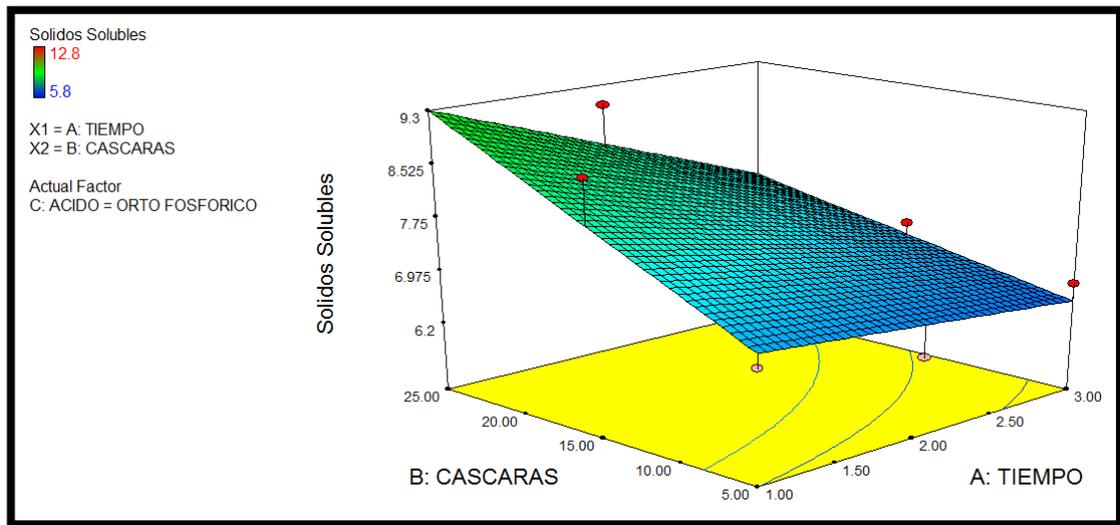
Los resultados después del tratamiento de hidrólisis ácida para cada uno de los ácidos se muestran a continuación:

Ilustración 15. Respuesta Ácido Clorhídrico



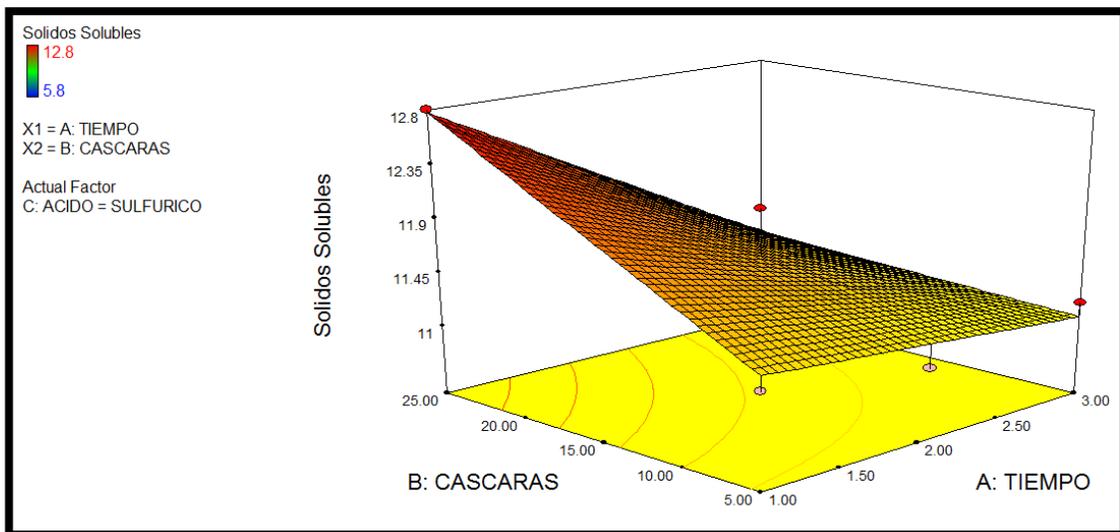
Fuente. Design expert

Ilustración 16. Respuesta Ácido Orto fosfórico



Fuente. Design expert

Ilustración 17. Respuesta Ácido sulfúrico



Fuente. Design expert

Al ejecutar el diseño de experimentos propuestos por el programa se presentaron variaciones debidas a errores experimentales entre los que se puede contemplar perdida de producto durante el proceso, menor tiempo en los procesos de filtración – centrifugación, dilución del ácido como pudo ocurrir en el experimento 12 en el cual no se obtiene mayor °Brix al incrementarse la concentración de cáscaras en comparación con el experimento 3, o una posible alteración en la medición como la

que se considera en el experimento 4 y su respectiva réplica (experimento 19). Sin embargo, esos resultados fueron considerados para el análisis en el programa estadístico y son los encontrados fuera del área de la superficie de respuesta.

En la Tabla 16 se evidencia que el tratamiento que presenta mejor comportamiento en cuanto al aumento de °Brix, fue el realizado con ácido sulfúrico, el resultado supera en más 4.2 °Brix a lo obtenido con el ácido orto fosfórico y con el ácido clorhídrico a las mismas condiciones de tiempo y concentración de cáscara (5 g y 1 h).

Se obtuvo que los °Brix disminuyen con mayor tiempo contacto bajo las mismas condiciones de concentración para los diferentes tratamientos como se percibe al comparar los experimentos 7 y 19 (ácido clorhídrico), los experimentos 12 y 17 (ácido sulfúrico) y los experimentos 6 y 8 (ácido orto fosfórico).

Los °Brix aumentan respecto a la concentración de cáscaras, al comparar los experimentos realizados con 5 g y con 25 g bajo las mismas condiciones de tiempo para los diferentes tratamientos.

Las superficies de respuesta 3D se graficaron con ayuda del software Design Expert, en la Ilustración 15, Ilustración 16 e Ilustración 17 se observa similitud en el comportamiento a los tratamientos con los tres ácidos; la interacción entre el tipo de ácido y la proporción de cáscaras presentó la mayor área de nivel de los sólidos solubles cuando se presenta la máxima concentración de cáscaras y el tiempo mínimo permitido en el diseño. También se observa que cuando la concentración de cáscaras disminuye, la respuesta en sólidos solubles es baja, por lo cual se considera que esta variable tiene una influencia directa en la respuesta.

También se puede trabajar con un nivel medio establecido para ambas variables, sin embargo, es conveniente ahorrar tiempo, aunque esto requiera mayor cantidad inicial de cáscaras debido a que este es el residuo inicial al cual se quiere dar uso. Con este tratamiento la interacción de las variables tipo de ácido y proporción de cáscaras no presenta un aumento significativo en la variable respuesta.

3.3 PRODUCTO FINAL

Después de ajustar el modelo D- Optimal a tres réplicas y evaluar las condiciones establecidas por el programa Design Expert, se reconoce el experimento 17 como el adecuado entre los seleccionados con un tiempo de 1 h y una cantidad de 25 g de cáscara se obtienen 12,8 °Brix, que presenta una diferencia significativa en comparación con los valores iniciales sin tratamiento. Ácido, este tratamiento con ácido sulfúrico presenta un comportamiento estable en los grados Brix directamente

proporcional a la cantidad en gramos de cáscara empleada. Sin embargo los tratamientos empleados con los otros ácidos en general funcionaron bien considerando un promedio en el incremento en el contenido de sólidos solubles hasta 7 °Brix para los tratamientos con ácido clorhídrico y 8 °Brix para el ácido ortofosfórico.

La muestra elegida adecuada en este caso corresponde al diseño 17; sin embargo el pH de las muestras es ácido entre 2- 3; aunque la norma no especifica un valor requerido es conveniente alcanzar un pH de 4 a 6, siguiendo los requisitos para los jarabes de glucosa de la industria alimentaria establecidos en la NTC 610 adecuando de este modo que se apto para el consumo de animales. Al disminuir la concentración a 0,05 M y ajustando el pH con carbonato de calcio según las recomendaciones NTC 485 aplicada a alimentos para animales, se obtienen 4.2 grados Brix, al concentrarla mediante evaporación eliminando el 25% del volumen, en una plancha de calentamiento a 105°C durante 2:30 se obtiene un producto tipo melaza con 14 grados Brix. Sin embargo no alcanza a cumplir con los requisitos de clasificación basados principalmente en el valor mínimo de grados Brix a 20 °C.

Tratándose de productos cuya materia prima presenta gran diferencia estructural, y teniendo en cuenta que no se presentan normas específicas para productos tipo melaza obtenidos a partir de las cáscaras de plátano, se toma como referencia los parámetros de la NTC 587 industrias alimentarias e industrias de bebidas enfocada a establecer los requisitos Tabla 25 que debe cumplir la melaza de caña cuyos usos son la alimentación animal, producción de alcohol levaduras e industrias afines que como condición general no debe presentar trozos de materias o sustancias extrañas que afecten las exigencias sanitarias para su uso.

Tabla 25. Requisitos para la melaza de caña

Requisitos	Melaza grado 1	Melaza grado 2
Azúcares totales (como reductores), porcentaje mínimo en masa	48	48
Cenizas sulfatadas, porcentaje máximo en masa	16	15
Grados Brix, a 20°C (mínimo)	85	79,5

Fuente. NTC 587

Según la NTC 1779 el método establecido para la determinación de los azúcares totales expresados como reductores en mieles de caña es por método de Lane Eynon modificado. La variación que presenta la composición del producto tipo melaza difiere posiblemente debido a la materia prima, así como a su vez actualmente el desarrollo de nuevos métodos analíticos ha permitido explorar otros

métodos considerados más efectivos basados en investigaciones como el artículo “determinación de azúcares reductores totales en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico”³³ realizado por el instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA) en el cual hacen referencia a algunos inconvenientes presentados en el común empleo del método desarrollado por Eynon y Lane para la determinación de azúcares reductores en mieles presentándose como un método volumétrico poco beneficioso donde el punto de valoración final se detecta por cambio en la coloración. En este artículo compara con el método DNS desarrollado por Summer³⁴ y colaboradores basado en la reacción redox que ocurre entre el DNS y los azúcares reductores presentes en la muestra debido a la alta sensibilidad de este método espectrofotométrico. Los resultados del producto tipo melaza (Ilustración 18) se presentan en la Tabla 26 donde es posible verificar el aumento de azúcares en la muestra de cáscaras sin tratamiento y el producto final. A partir de estos resultados se realizó el cálculo porcentual del producto tipo melaza, Tabla 27 en la cual como se esperaba según lo indicado por B.K. Dadzie; J.E. Orchard³⁵ se evidencia que los sólidos solubles totales (SST) de los cuales los azúcares representan el principal componente.

Ilustración 18. Producto tipo melaza obtenido.



³³ SUMMER, citado por GIL, Daniel Bello ., CARRERA BOCOURT, Emilia y DÍAZ MAQUEIRA, Yuset., Op., cit., p. 46.

³⁴ Ibid., p. 46.

³⁵ B.K. Dadzie; J.E. Orchard, Op., cit., p. 10.

Tabla 26. Resultados de azúcares reductores totales en muestras de cáscaras y producto tipo melaza

	Abs	Azúcares (Mg/L)
Cáscaras	0,66	96,82
Producto Tipo Melaza	0,81	118,91

Tabla 27. Características obtenidas del producto tipo melaza

Características del producto tipo melaza de Cáscaras de plátano	Producto Tipo Melaza
Azúcares totales (como reductores), porcentaje mínimo en masa	11,9
Cenizas sulfatadas, porcentaje máximo en masa	6
Grados Brix, a 20°C (mínimo)	14

Al realizar la prueba de almidón cualitativo según la NTC 1076 no toma coloración azul lo cual indica que no hay presencia de almidón y este fue transformado en azúcar.

4. ANÁLISIS FINANCIERO

En este capítulo se definen las especificaciones técnicas y los pasos en la elaboración del producto que servirían de pauta para hacer realidad la idea. Al plantear este proceso como una opción de negocio, se evalúan los implementos necesarios para su posible realización teniendo en cuenta la conveniencia económica es fundamental, considerando requerimientos materiales como los costos de las materias primas empleadas y su rentabilidad respecto al producto obtenido, así como requerimiento de mano de obra y la medida de la productividad de los factores empleados.

El experimento considerado adecuado considera una muestra de 100 mL de ácido sulfúrico diluido al 0,05 M y 25 gramos de cáscara durante un tiempo de 1 h. El primer lugar se efectúa el balance general del proceso y las pérdidas que se tienen, de manera que no afecten los cálculos correspondientes, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

4.1 DIAGRAMA DEL PROCESO

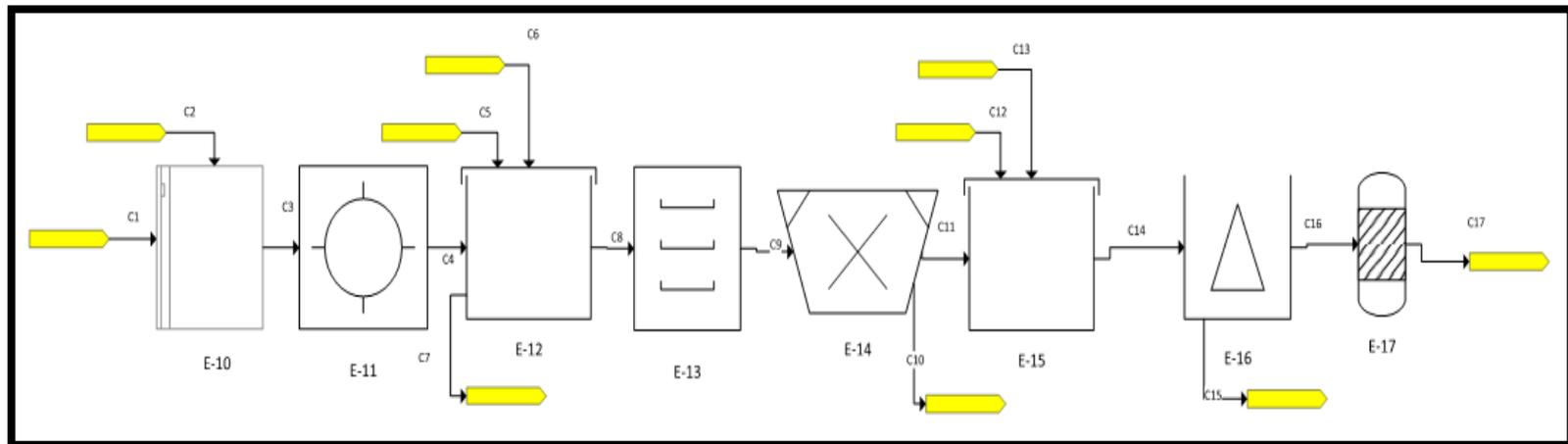
Tabla 28. Lista de corrientes.

<i>Lista de corrientes</i>	
<i>Texto mostrado</i>	<i>Descripción</i>
C1	Cáscaras Sucias
C2	Agua
C3	Cáscaras Limpias
C4	Cáscaras Troceadas
C5	Agua
C6	Disolución de NaOH
C7	Disolución de NaOH con trazas de lignina
C8	Cáscaras Húmedas
C9	Cáscaras Secas
C10	Agua
C11	Cáscaras Secas en Polvo
C12	Agua
C13	H ₂ SO ₄
C14	Mezcla AAC
C15	Residuos sólidos
C16	Mezcla AAC filtrada
C17	Producto tipo melaza

Tabla 29. Lista de equipos.

Lista de equipamiento	
Texto mostrado	Descripción
E-10	Sistema de Lavado automático
E-11	Troceador
E-12	Tanque Hidrólisis Básica
E-13	Secador
E-14	Molino
E-15	Tanque Hidrólisis Ácida
E-16	Centrifugador
E-17	Evaporador

Ilustración 19. Diagrama del Proceso.



4.2 REQUERIMIENTOS

El principal insumo requerido durante este proceso son las cáscaras de plátano, básicamente se trabajan dos estados de maduración: verde y maduro, según lo observado en la primera parte de la experimentación las diferencias entre trabajar con cada uno de estos no es significativa respecto al tiempo y cuidado que se tendría que emplear. Consecuentemente se maneja el tratamiento en las cáscaras del mismo modo.

El costo de la cáscara de plátano es de \$27,09 USD/Ton como se puede apreciar en

Tabla 11, pero en este caso como las cáscaras desechadas del proceso de producción de patacones pre fritos y snacks no se tienen en cuenta como costo para este proceso.

Los recursos con los cuales se solventarían los posibles gastos a los que podría incurrir la empresa se consideran importantes para la ejecución del proyecto, el capital empleado en el periodo de maduración entre el tiempo de inversión y el de rendimiento de los ingresos, en el cual generalmente se incurre en gastos antes de ver los beneficios, serán una parte recursos monetarios propios y la otra obtenida mediante un inversionista.

4.2.1 Equipos, maquinaria y herramientas. Los equipos, maquinaria y herramientas escogidos se relacionan con la escala de producción manejada, en este caso la cantidad de residuos desechados semanalmente en la empresa, son en promedio 180 kg de cáscara de plátano.

Los equipos se dispondrían siguiendo un sistema de flujo en “U” y se utilizarían los mismo operarios para recibir las materias primas y productos terminados, el que de modo que se facilite aprovechamiento del espacio, la producción y el control. De acuerdo a una distribución por producto en forma continua debido a que el proceso es consecuente.

De acuerdo a las etapas de producción para la posible implementación de este proceso se requieren algunos equipos, se presentan a continuación una muestra de los que se podrían obtener en el mercado, siendo una opción más económica respecto al diseño específico de los equipos.

El almacenamiento de las cáscaras no debe ser muy prologado, y procurar realizar el tratamiento antes de las 48 h de ser cortada evitaría pérdidas o descomposición. Tratándose de un producto con énfasis alimenticio, las cáscaras de plátano empleadas como materia prima de este proceso deben ser lavadas eliminando así cuerpos extraños que puedan afectar la calidad del producto final.

La lavadora Mono cilíndrico Lava verduras inteligente de burbuja tipo QX-1J de acero inoxidable, añade función de Ozono antivirus, con eficacia limpia las impurezas de las Frutas y hortalizas de residuos de plaguicidas. Un equipo de capacidad 50 kg es suficiente actualmente debido a que se maneja 36 kg por día; en el mercado de procesos alimenticios se encuentra disponible modelos con capacidades desde 200 kg, sin embargo el fabricante ofrece la posibilidad de construir un modelo a medida; en la Ilustración 21 se pueden apreciar las especificaciones técnicas del producto.

Ilustración 20. Individual cilindros inteligente vegetal Lavadora QX-1J.



Fuente. Zhaoqing High and New Technology Development District Shenghui Machinery Co, Ltd.

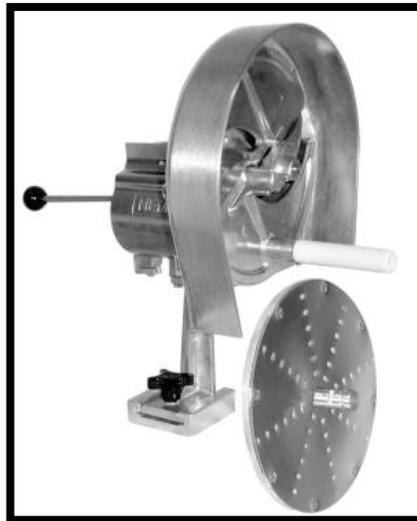
Ilustración 21. Especificaciones Lavadoras QX-1J.

Nombre: Monocilindrico Lavaverduras inteligente
Material: Acero inoxidable
Tipo: QX-1J
Voltaje: 380V / 220V
Potencia: 2 kW
Dimensiones: 1000 × 700 × 1000 mm (tamaño puede ser ajustable)
Salida: 200-300kg / h
Nota: Las necesidades pueden especifica personalizar

Fuente. Zhaoqing High and New Technology Development District Shenghui Machinery Co, Ltd.

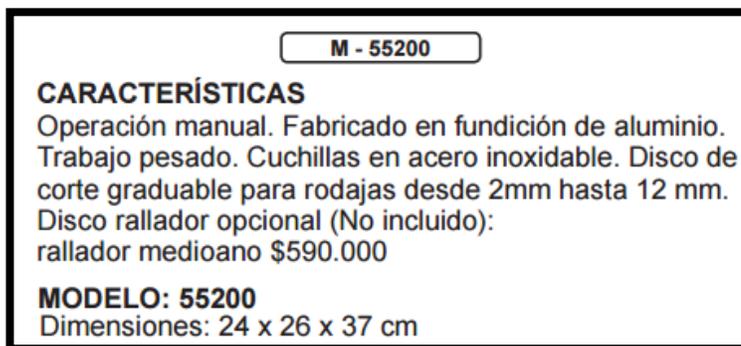
La disminución del tamaño de los 36 kg de cáscaras es necesaria para facilitar la operación de secado y manipulación, el cortador de vegetales M – 55200 se considera apto para trabajo pesado, es de operación manual con cuchillas en acero inoxidable de calidad que cortan sin utilizar agua, permite un corte graduable de las cáscaras.

Ilustración 22. Cortador de Vegetales M - 55200



Fuente. Joserrago

Ilustración 23. Especificaciones de Cortador de Vegetales.



Fuente. Joserrago

En el proceso se emplean dos tanques de mezcla con agitador, uno para la hidrólisis básica y otro para la hidrólisis ácida. En el primer tratamiento en el cual se retira la lignina, mediante un pre tratamiento de hidrólisis básica mediante una inmersión en hidróxido de sodio de los 36 kg de cáscaras se emplea 60 L de solución de hidróxido de sodio. En la hidrólisis ácida se emplean aproximadamente 21 L de solución ácida por cada 5,2 kg de cáscara en polvo, para esta proporción razón se requiere un tanque de mezcla con agitador de volumen de 50 L. Se emplearan para los tratamientos de hidrólisis química dos tanques con agitador de mezcla uno con capacidad de 50 L para la hidrólisis básica y otro para la hidrólisis ácida con capacidad de 10L, calculando que serán empleados dos veces en el día.

Ilustración 24. Tanque de mezcla en acero inoxidable.



Fuente. Guangzhou Guanyu Machinery Co., Ltd.

Ilustración 25. Especificaciones tanque de mezcla en acero inoxidable.

Datos Básicos					
Voltaje:	220 V/380 V 50Hz	Lugar del origen:	China (Continental)	Marca:	Guanyu
Uso:	Líquido con los sólidos s...	Tipo de producto:	Cosmético	Condición:	Nuevo
Número de Modelo:	GY-J	Energía (W):	2-12kw	Tipo del mezclador:	Tanque de almacenamie...
Capacidades adicionales:	Almacenamiento	Garantía:	1 año	Certificación:	CE
Capacidad de cargamento máxima:	10l-5000L	Servicio After-sales proporcionado:	Dirige disponible para m...	Materiales:	Acero stianless 304/1316
Calefacción:	Vapor o bar eléctrica	Refrigeración:	Refrigeración líquide		

Fuente. Guangzhou Guanyu Machinery Co., Ltd.

Durante la operación de secado se pierde aproximadamente el 87% de contenido de humedad de las cáscaras, vegetable Dryer HG-420L tiene una capacidad de 50 kg, aunque en esta operación se requiere secar 36 kg se considera adecuado debido al volumen ocupado por las cáscaras. Especial para el secado de verduras y frutas, utilizando ventiladores dobles laterales de aire caliente, adopta controlador automático de temperatura por lo que no necesita cuidado humano y la temperatura de secado (50-80 grados) y el tiempo puede ser ajustable.

Ilustración 26. Vegetable Dryer HG-420L.



Fuente. Zhaoqing High and New Technology Development District Shenghui Machinery Co, Ltd.

Ilustración 27. Especificaciones de Vegetable Dryer HG-420L.

Nombre: vegetales Secador
de modelo: HG-420L
Voltaje: 4 kW
de potencia: 380V
interior tamaño: 700 × 600 × 1000 mm
de salida: 50 kg
Temperatura: Largo ~ 100 °C (ajustable)
Peso: 180 Kg
Tamaño: 1200 × 900 × 1600 mm

Fuente. Zhaoqing High and New Technology Development District Shenghui Machinery Co, Ltd.

En el proceso de molienda se podría emplear un molino victoria M- 9991 (Ilustración 28) cuyas características (Ilustración 29) le permiten moler productos de tipo alimenticios y de la industria agrícola, entre otros.

Ilustración 28. Molino Victoria M - 9991.



Fuente. Joserrago

Ilustración 29. Especificaciones de Molino.



Fuente. Joserrago

La solución sólido – líquida resultante de la hidrólisis ácida se centrifuga para desechar el residuo sólido, aproximadamente esta solución equivale a 28 kg de producto, entre las opciones que se pueden utilizar para la separación sólido - líquido, en el mercado se encuentran algunas como la decantadora centrífuga vertical - tipo drc 40 que cuenta con una capacidad máxima de 22 kg, pero se puede emplear doble vez en el día, se equipa con canasta para filtración y cuenta con tubos de succión de líquidos y tubo de succión recto para descarga de sólidos, entre otras características técnicas Ilustración 31.

Ilustración 30. Decantadora de talla pilota con tubo de succión Tipo DRC 40



Fuente. Rousselet Robatel

Ilustración 31. Características técnicas - tipo DRC 40

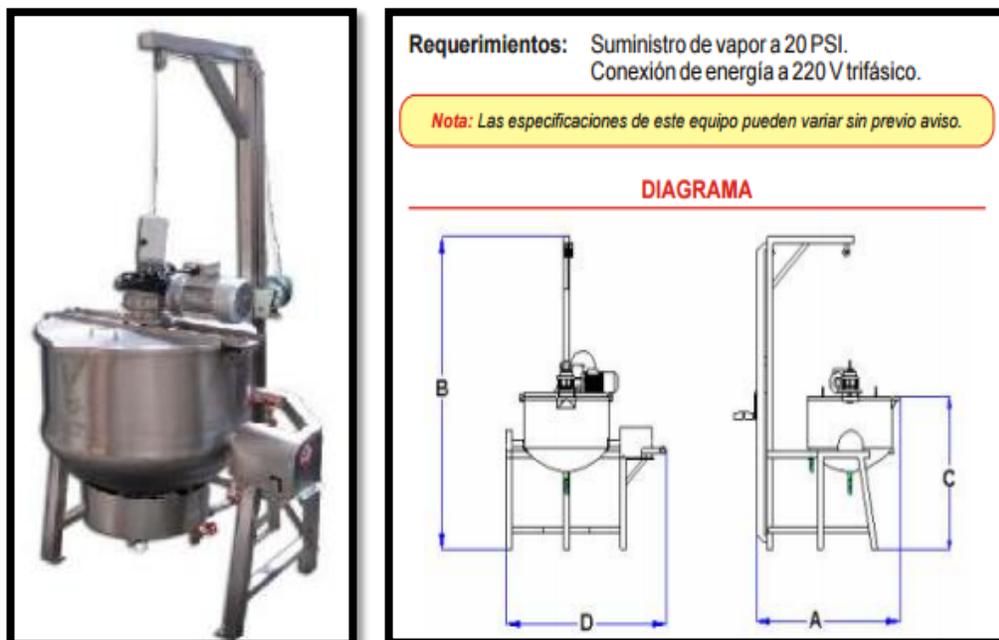
Tipo	Bol						Fuerza centrífuga (G)	Potencia de motor kW
	Diámetro mm	Altura mm	Volumen útil litros	Carga máxima kg	Capacidad sedimentaria litros	Velocidad máxima (RPM)		
DRC 40	400	255	18	22	7	3000	2010	2.2
DRC 50	500	320	35	43	18	2750	2113	4
DRC 60	600	350	60	75	27	2600	2267	9

Fuente. Rousselet Robatel

La parte líquida resultante de la operación de centrifugación es concentrada mediante evaporación de agua. Un evaporador tipo marmita, es un sistema de calentamiento indirecto muy utilizado en la industria alimentaria, en especial para el procesamiento de frutas y hortalizas. La Marmita a Vapor CITALSA MV50 (Ilustración 32) está construida en su totalidad en acero inoxidable AISI 304, el cuerpo tiene forma torisférica (cilindro rematado en esfera), en la parte inferior posee una chaqueta que le permite realizar una transferencia térmica de forma indirecta. La chaqueta tiene una entrada de vapor y una salida de condensado para retorno a la caldera.

El equipo cuenta con una capacidad para procesar 50 litros de producto, el sistema de agitación a 16 RPM conformado por un moto-reductor y una serie de aspas posicionada de forma escalonada para realizar un barrido completo al momento de realizar el proceso de agitación, en la parte superior el motoreductor se conecta a un sistema que permite levantarlo en caso de que se desee evacuar el producto procesado, este sistema está conformado por un winche, un sistema de poleas y un cable acerado. La marmita posee un sistema de volcamiento conformado por un reductor y un par de chumaceras, este sistema permite girar la marmita para realizar una descarga completa del producto. (Ilustración 33)

Ilustración 32. Marmita a vapor.



Fuente. CITALSA

Ilustración 33. Características Marmita a vapor.

DIMENSIONES				
MODELO	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
MV50	1169	1800	881	1124
MV100	1208	2000	995	1235
MV200	1353	2400	1069	1190

CONSUMOS		
MODELO	CONSUMO VAPOR lb/h	CONSUMO ELECTRICO. (KW)
MV50	94.7	0.74
MV100	128	0.74
MV200	169	0.74

Fuente. CITALSA

Aquellos equipos que se deban importar se detallarán en términos FOB, es decir del precio del equipo en el puerto de origen, al estimar por separado el costo de instalación de equipos importados, comprenderá el pago de algún personal extranjero calificado por la experiencia que dicho personal y porque muchas veces los proveedores de equipos sólo se harán responsables de su garantía si esos equipos han sido montados por su propio personal o por técnicos autorizados por

ellos. Como no existen valores disponibles, los costos de instalación se pueden estimar como el 20% del costo del equipo.³⁶

4.2.1.1 Inversión de equipos

Tabla 30. Estimación de la Inversión de equipos para 16 kg de producto.

Equipo	Precio
Lavadora Automática	\$ 2.936.281
Cortadora	\$ 1.950.000
Tanque De Mezcla Hidrolisis Básica	\$ 2.349.025
Horno Deshidratador	\$ 5.872.563
Molino Industrial	\$ 1.700.000
Tanque De Mezcla Hidrolisis Ácida	\$ 440.442
Decantadora Centrifuga	\$ 3.523.538
Marmita	\$ 4.404.422
Total equipos	\$ 23.176.271
instalación equipos	\$ 4.635.254

4.2.1.2 Inversión de materiales

Tabla 31. Estimación de la Inversión de materiales para 16 kg de producto.

Insumo	Unidad	Cantidad	Precio	Costo Total
Cáscara De Plátano	kg	36	\$ 0	\$ 0
Hidróxido Sodio	kg	0,12	\$ 118.121	\$ 14.174
Ácido Sulfúrico	L	0,09	\$ 93.000	\$ 8.184
Carbonato De Calcio	kg	2,88	\$ 240	\$ 691
Total Insumos Para 16 kg de Producto				\$ 23.050

³⁶ FAO. . En: Deposito de documentos de la Fao. [en línea]. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/003/V8490S/v8490s05.htm>>. [Citado el 22 de octubre de 2016]

4.2.2 Perfiles de la mano de obra. En este proceso a mediana escala se requieren dos trabajadores, uno no necesariamente debe ser mano de obra especializada, sin embargo se puede realizar una capacitación en cada actividad para identificar riesgos y prevenir accidentes. La otra persona debe ser un profesional que cuente con un nivel de formación en química y tenga conocimiento de los equipos.

Con base en el salario mínimo legal vigente establecido para el año 2016 equivalente a \$689.454 Pesos, se realiza el cálculo de mano de obra. Teniendo presente los porcentajes de cotización para un trabajador dependiente, los trabajadores se encontrarían en riesgo de grado IV debido a que la actividad económica implica el manejo de equipos de un proceso que maneja sustancias químicas, corresponde a un porcentaje de ARP del 4,35%.

Tabla 32. Tabla de cotizaciones mínimas y máximas.

Clase de riesgo	Valor mínimo	Valor inicial	Valor máximo	Valor cotización por cada SMMLV (Año 2014)
I	0,348	0,522	0,696	\$ 3.216
II	0,435	1,044	1,653	\$ 6.431
III	0,783	2,436	4,089	\$ 15.006
IV	1,740	4,350	6,690	\$ 26.796
V	3,219	6,960	8,700	\$ 42.874

Fuente. Ministerio de Salud y Protección Social

Debido a los tiempos estimados por proceso, como este requiere un tiempo considerable en la operación de la hidrólisis básica se divide para trabajarlo en dos días de medio tiempo, por lo cual se realiza el cálculo de trabajo en medio tiempo durante 6 días laborales a la semana.

Tabla 33. Porcentajes de cotización del empleador y el trabajador.

Tipo aporte	Trabajador dependiente		total
	El empleador aporta	El trabajador aporta	
Aportes salud	8,5%	4%	12,5%
Aportes a pensión	12%	4%	16%
Aportes a riesgos laborales	De acuerdo a la tarifa de riesgos del empleado	0%	0,522%
			1,044%
			2,436%
			4,35%
			6,96%

Fuente. Mi Planilla.

Tabla 34. Estimación del costo diario mano de obra empleado.

salario base	\$ 689.454,00		
	empleado %	empleador %	total %
salud	\$ 27.578	\$ 58.603	\$ 86.181
pensión	\$ 27.578	\$ 82.734	\$ 106.865
Arp		\$ 29.991	\$ 29.991
costo mensual mano de obra empleado	\$ 860.783		
costo diario mano de obra empleado	\$ 8.966		

Tabla 35. Estimación del costo diario mano de obra ingeniero.

salario base	\$ 2.068.362,00		
	empleado %	empleador %	total %
salud	\$ 82.734	\$ 175.810	\$ 258.545
pensión	\$ 82.734	\$ 248.203	\$ 320.596
Arp		\$ 89.973	\$ 89.973
costo mensual mano de obra profesional	\$ 2.582.349		
costo diario mano de obra profesional	\$ 26.899		

Tabla 36. Estimación costo total mano de obra proceso para 16 kg.

costos mano de obra por empleado etapas				
operación	t(h)	participación	salario	costo total
Lavado	1,00	0,9	\$ 8.966	\$ 8.069
Cortado	2,00	0,9	\$ 17.932	\$ 16.139
hidrólisis básica	1,00	0,7	\$ 8.966	\$ 6.276
Secado	2,00	0,95	\$ 17.932	\$ 17.036
Molienda	0,20	0,8	\$ 1.793	\$ 1.434
hidrólisis ácida	1,00	0,7	\$ 8.966	\$ 6.276
centrifugación	0,30	0,7	\$ 2.689	\$ 1.882
evaporación	1,50	0,7	\$ 13.449	\$ 9.414
costos mano de obra por Profesional etapas				
operación	t(h)	participación	salario	costo total
Lavado	1,00	0,1	\$ 26.899	\$ 2.689
Cortado	2,00	0,1	\$ 53.798	\$ 5.379
hidrólisis básica	1,00	0,3	\$ 26.899	\$ 8.069
Secado	2,00	0,05	\$ 53.798	\$ 2.689
molienda	0,20	0,2	\$ 5.379	\$ 1.075
hidrólisis ácida	1,00	0,3	\$ 26.899	\$ 8.069
centrifugación	0,30	0,3	\$ 8.069	\$ 2.420
evaporación	1,50	0,3	\$ 40.349	\$ 12.104
costo total mano de obra proceso (16 kg)			\$ 109.032	

4.2.3 Servicios. Para efectos del cálculo de agua se tuvo en cuenta las tarifas por los servicios de acueducto y alcantarillado de Bogotá establecidos para el sector industrial.

Tabla 37. Estimación Costo de servicio de agua.

	m3	costo m3	consumo total
costo de agua	0,05	3.056	155

El costo de energía de los equipos utilizados, durante las etapas del proceso, con base en las tarifas de energía eléctrica de Codensa.

Tabla 38. Estimación Costo de energía

Equipo	kw/h	t(h)	Costo kw/h \$	Consumo Total
Lavadora Automática	2,00	1	483	32
Cortadora	0,00	2	483	0
Tanque De Mezcla	2,00	10	483	322
Hidrolisis Básica				
Horno Deshidratador	4,00	2	483	129
Molino Industrial	0,75	0	483	2
Tanque De Mezcla	2,00	1	483	32
Hidrolisis Ácida				
Decantadora Centrifuga	2,20	0	483	11
Marmita	0,74	2	483	18
			Total	546
			Equipos	

4.2.4 Depreciación de los equipos. La depreciación se calcula sobre la base del costo de adquisición por el método de línea recta permite determinar el desgaste constante al paso del tiempo de los equipos teniendo en cuenta el valor de inversión inicial de los equipos y el tiempo estimado de depreciación.

El cálculo de depreciación de los equipos no se tiene presente en el flujo de caja de este análisis porque son cargos que se deducen anualmente por el desgaste de los bienes de capital, pero como los equipos son nuevos no se toma en cuenta.

4.2.5 Total gastos de producción

Tabla 39. Estimación Total costos de producción

	16 kg	1 kg
costos materiales directos	\$ 23.050	\$ 1.441
mano de obra directa	\$ 109.033	\$ 6.815
costos indirectos de fabricación	\$ 701	\$ 44
Total costos de producción	\$ 132.784	\$ 8.299

4.2.6 Utilidad Esperada. El inversionista esperaría que la utilidad mínima sobre el costo de producción sea del 20%. El aumento de este valor sobre el costo de producción es el precio de venta unitario (PVU) del producto en el mercado.

Tabla 40. Estimación Precio Venta Unitario.

	16 kg	1 kg
Precio Venta Unitario	\$ 159.340	\$ 9.959

4.2.7 Gestión de venta y mercadeo del producto

4.2.7.1 Producto: este producto tipo melaza complementa las necesidades nutricionales del ganado, ofrece a los ganaderos un alimento a partir del aprovechamiento de las cáscaras de plátano que aportan gran nivel de carbohidratos y proteínas en menor proporción. Además del aporte energético, se puede emplear para incrementar la palatabilidad al combinarse con el forraje. La vida útil del producto es amplia lo cual permite que se conserve por prolongados tiempos, sin que se alteren sus características.

4.2.7.2 Plaza: la comercialización del producto será de modo directo a clientes estarían ubicados principalmente en fincas y demás que requieran insumos agroindustriales.

4.2.7.3 Promoción: el contacto para ofrecer el producto será directo, aunque también contar con un sitio web ofrece un conocimiento del producto ante nuevos clientes

4.2.7.4 Precio: el costo de distribución equivale a un aumento del 10% sobre el costo total de producción por unidad de producto.

4.2.8 Flujo de caja. Luego de tener el total gastos de producción, se evalúan los ingresos frente a egresos de efectivo implicados, teniendo en cuenta algunas consideraciones se realiza una proyección de 5.

No se cuenta con un capital de trabajo, ni hay valor diferidos porque la empresa ya se encuentra constituida por lo cual no hay erogaciones incurridas en la etapa Pre-Operativa.

Los gastos de administración son los que provienen del funcionamiento administrativo de la Empresa, estas labores demandadas están a cargo del ingeniero o el dueño de la empresa por lo tanto no se paga más cargos. Aunque no se contempla estrictamente debido al tipo de proyecto se puede llegar a contemplar gastos de venta equivalentes al 1%.

Este análisis no contempla impuestos por conceptos de diversa naturaleza que afectan a la Empresa, por el contrario brinda un beneficio al promover una alternativa en el aprovechamiento de residuos agroindustriales. Esto apoyado en el

Art. 477. En el cual se especifican bienes que se encuentran exentos del impuesto, en la categoría que abarca despojos comestibles de animales de las especies bovina, porcina.

Tabla 41. Estimación de ventas anuales y proyección.

proyección (años)	5
venta anual (unid- kg)	4608

Tabla 42. Flujo de caja.

Concepto	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Ingresos por ventas		\$ 45.890.025	\$ 47.266.725	\$ 48.684.727	\$ 50.145.269	\$ 51.649.627
Costos de producción		\$ 38.241.687	\$ 38.241.687	\$ 38.241.687	\$ 38.241.687	\$ 38.241.687
Utilidad neta		\$ 7.648.337	\$ 9.025.038	\$ 10.443.040	\$ 11.903.582	\$ 13.407.940
Inversión	-\$ 27.811.525	\$ 7.648.337	\$ 9.025.038	\$ 10.443.040	\$ 11.903.582	\$ 13.407.940

Después de establecer los valores de utilidad en el flujo de caja, para evaluar la inversión a largo plazo determinando si puede generar beneficios, pérdidas o no afectar. Para desarrollar la evaluación de este proyecto se estima una tasa de descuento o tasa de oportunidad del 10% anual, con base en la cual se realiza en cálculo del valor presente neto.

$$\begin{aligned}
 VPN = & - 27.811.525 + [7.648.337 \div (1.10)^1] + [9.025.038 \div (1.10)^2] \\
 & + [10.443.040 \div (1.10)^3] + [11.903.582 \div (1.10)^4] + [13.407.940 \\
 & \div (1.10)^5]
 \end{aligned}$$

VPN	-\$ 10.901.811
------------	-----------------------

El valor presente neto arrojó un saldo negativo. Este valor de - \$10.901.811 sería el monto en que disminuiría el valor de la empresa en caso de ejecutarse el proyecto. De acuerdo a este valor obtenido no es viable ejecutar este proyecto en la proyección realizada de 5 años.

Una opción alternativa para que el proceso sea más viable, es aumentando la producción diaria de la empresa y evaluarlo en un horizonte más amplio, de modo que sea posible alcanzar un punto de equilibrio.

4.2.9 Opciones de uso del producto tipo melaza

4.2.9.1 Alimentos animales: lo más reciente en alimentación con melazas es utilizarlas en forma líquida como alimento básico para el ganado vacuno. La nutrición de rumiantes con melazas, con adición de nitrógeno inorgánico, por ejemplo urea, adquiere cada vez más importancia desde que se descubrió este hecho.

Algunos ensayos para llegar a un alto consumo de malazas, Preston menciona en el artículo Molasses as an energy source for cattle World Review of Nutrition and Dietetics; (EFFECT OF UREA LEVEL ON THE PERFORMANCE OF CATTLE ON A MOLASSES/UREA AND RESTRICTED FORAGE FEEDING SYSTEM1), en la cual estudia los efectos la restricción de forraje de la alimentación e implementación de materia inorgánica, obteniendo como resultado de este que los hidratos de carbono de las melazas aportan un 80% del total de energía metabolizable en la dieta y el nitrógeno de la urea es el 60% de las necesidades totales del animal en nitrógeno.

4.2.9.2 Mezcla con diversos alimentos: la adición de melazas tiene siempre por objeto mejorar el gusto y el valor nutritivo. Algunos alimentos “de calidad nutritiva inferior como son el mosto de cerveza o los residuos de féculas, salvados, panochas de maíz, medula de caña de azúcar, etc o con dietas mixtas de más valor, y por tanto, en menor porcentaje, normalmente del 5 al 15%”³⁷.

4.2.9.3 Pulverizado de forrajes: obtener melazas secas en forma de polvo para así ser mezclado con otros materiales para alimentación de ganado vacuno “para dar mejor gusto a forrajes o pastos bastos, o para su combinación con dietas mixtas”³⁸

Bell³⁹ en Misisipi realizó ensayos en pastos bastos con aspersión de melazas, que se emplearon en alimentación de ganado vacuno y concluyó que aumentos de peso, los pastos fueron consumidos en su totalidad por lo cual es posible reducir la necesidad de segar el heno y la disminución del costo de mantenimiento del rebaño y aumenta la capacidad de entrada en la tierra disponible.

4.2.9.4 Preparación para el ensilaje: Olbrich⁴⁰ menciona el empleo de melazas en la preparación del ensilaje. Aumentando la concentración de hidratos de carbono fermentables (se necesitan de 1 a 4 kg de melazas por 100 kg de forraje fresco) se acelera la formación de ácido láctico, se inhiben las infecciones causadas por los ácidos acético o butírico; además, mejora la proporción entre proteínas y féculas en la dieta.

4.2.9.5 Fermentación de la melaza: Algunas especies como la *Saccharomyces Cerevisiae* y la *Torula Utilis* han sido aisladas, investigadas y a partir de las cuales se demostró que eran adecuadas durante la preparación industrial para emplearlas como alimento humano o animal.

Se puede emplear como fuente de carbono para la producción de levadura desecada para alimento humano o animal. Debido a que “las levaduras desecadas son concentrados nutritivos que se utilizan como fuente de proteínas y de vitaminas del complejo B para enriquecer el alimento animal”.

³⁷ RUTER P, Aprovechamiento de melazas. En: Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación Boletín de servicios agrícolas de la FAO Aprovechamiento de melazas. (1971); p. 7

³⁸ Ibíd., p. 8.

³⁹ BELL, T.O. Molasses - spray feeding improves palatability of roughage. En: Aprovechamiento de melazas. (1972); p. 9-11.

⁴⁰ OLBRICH, H. Molasses. In P. Honing, ed. Principles of sugar technology, New York. vol III. En: Aprovechamiento de melazas. (1963); p. 35.

Empleado generalmente en animales con estomago de una sola cámara como fuente proteica, en alimentación humana añadiéndolas a otros extractos de uso doméstico, aromatizantes o condimentos.

Los organismos más empleados como levaduras para alimento humano o animal son cepas de la especies *Torulopsis utilis* y *Candida tropicalis* u otras especies de *Candida*. Cuya composición de levaduras desecadas para alimento humano o animal obtenidas con melazas.

Tabla 43. Composición aproximada de Levadura de melazas comerciales.

Levadura de melazas		
Agua, %	8,8	
Proteína bruta, %	43,5 – 56,6	
Fosfato, %	2,6 – 2,9	
Cenizas,%	5,9 – 7,2	
Vitaminas, ppm	Tiamina	60 – 72
	Riboflavina	39 – 45
	Ácido pantoténico	32
	Ácido nicotínico	476
	Ergosterol	5000 - 8000

Fuente. Aprovechamiento de melazas.

4.2.9.6 Obtención de alcohol etílico: por medio de fermentación: la fermentación alcohólica es un proceso bioquímico que utiliza el sistema enzimático de la levadura, cepas seleccionadas de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, para descomponer el azúcar, pasando por numerosos intermedios, y llegar finalmente al alcohol etílico y el anhídrido carbónico.

100 kg de glucosa o fructuosa dan 51,1 kg de alcohol etílico (= 64,1 litros) y 48,9 kg de anhídrido carbónico.⁴¹

100 kg de sacarosa dan 53,9 kg de alcohol etílico (=67,8 litros) y 51,5 kg de anhídrido carbónico.⁴²

⁴¹ RUTER P, Op., cit., p. 14.

⁴² Ibid., p. 14.

5. CONCLUSIONES

- Los procedimientos de caracterización iniciales permitieron conocer que aunque se presenta diferencia entre algunos criterios de maduración, estas diferencias entre los estados verde y maduro no es significativa, la diferencia promedio es de 0.44 de los valores de pH, 2.8 de °Brix y 0.044 en porcentaje de acidez; por lo tanto se trabajó la combinación de cáscaras maduras y verdes, lo cual también permitió ahorrar el tiempo previsto para la maduración. Las cáscaras tienen inicialmente un 9,7 por ciento de azúcares totales como reductores.
- Al realizar el diseño de experimentos se determinó que el ácido que presenta mejor rendimiento es el ácido sulfúrico, en una proporción de 25 g de cáscara por cada 100 mL de ácido en concentración 0,05 M, que posteriormente se concentra hasta alcanzar grados Brix de 14. Aunque no iguala los requerimientos exigidos para otras melazas comerciales de otras materias primas, su composición es similar por lo que se puede utilizar como complemento de alimentos, entre otros usos.
- Los equipos requeridos en el proceso tienen un alto costo estimado en \$ 27.811.525 lo cual supone una en el proceso, el cual además requiere costos energéticos de gran demanda debidos a los tratamientos empleados para secarla que evidencian que el mayor contenido porcentual de la cáscara es agua.
- Al realizar la evaluación financiera del proceso el valor presente neto arrojó un saldo negativo de - 10.901.811, valor que equivale al monto en que disminuiría el valor de la empresa en caso de ejecutarse el proyecto.

6. RECOMENDACIONES

- A partir de los resultados de la muestra elegida de la hidrólisis ácida se podría también determinar el rendimiento por hidrólisis enzimática, y realizar una comparación de la eficacia de los tratamientos.
- En este proceso no se deben trabajar soluciones que empleen gran cantidad de cáscaras, debido a las características de absorción de esta respecto a la disolución ácida, se representaría en pérdidas de volumen del producto.
- De acuerdo a la composición de elementos minerales, azúcares totales y proteína y el comportamiento de las cáscaras se podría emplear en el desarrollo de otros productos y alternativas como un carbón activado, o harina prima para la elaboración de alimentos para animales, entre otros usos. Con el fin de comparar que opción resulta más favorable desde el punto de vista económico.

BIBLIOGRAFÍA

ACUEDUCTO AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, " Tarifas servicios de acueducto y alcantarillado". [En línea]. [Citado el 12 de octubre de 2015]. Disponible de Internet: <URL:<http://www.acueducto.com.co> >.

AGENCIA DE NOTICIAS UN. EN: UN Periódico. [En línea]. (13 de noviembre de 2015). [Citado el 22 de marzo de 2016] Disponible de Internet < URL:<http://www.manizales.unal.edu.co/index.php/noticias/39-ano-2015/4732-hasta-las-cáscaras-del-plátano-tienen-glucosa> >.

ATEINDUS LTDA. Servicio Y Fabricación, "Molino De Turbo De Pines". [Citado el 12 de octubre de 2015] Disponible de Internet: <URL: <http://ateindusltda.com/index.php/molinos-pulverizadores/>>).

CORTES ORTIZ, William Giovanni, IBLA GORDILLO José Francisco, CALDERÓN VELÁSQUEZ, Lina María HERRERA Andrés Felipe. BUENO ET ALTRI. Cuantificación de azúcares reductores en las cáscaras de naranja y banano Apertura Comercial y política tecnológica. Bogotá. Revista de Tecnología, Journal Technology. Volumen 12. Número 2. Págs. 72-76.

COMPENSAR MI PLANILLA, "Porcentajes De Cotización (Trabajadores Y Empleadores)". Disponible de Internet: <URL:<https://www.miplanilla.com/ventanasEmergentes/porcentajes-cotizacion-trabajador-empleador.aspx>>), [Citado el 12 de octubre de 2015].

DESIGN-EXPERT, "Software Version 10 Free Trial". Disponible de Internet: <URL:<https://www.statease.com/software/dx10-trial.html>>).

DONOSO REECE, Juan Andrés, "Utilización De Almidón De Banano (Musa Cavendish) Para La Elaboración De Jarabe De Glucosa", Publicado en Revista Boliviana de Química, Universidad San Francisco De, Año 2014. Disponible de Internet: <URL:http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602012000100005&script=sci_arttext >, [Citado el 19 de octubre de 2015].

ECHEVERRY MARTÍNEZ, Sandra Carmenza., CASTELLANOS GALEANO, Francisco Javier. Comportamiento Pos cosecha En Almacenamiento A Dos Temperaturas De Plátano En Las Variedades: "Dominico Hartón, África Y Fhia 20". Trabajo final Especialista en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Especialización En Ciencia Y Tecnología De Alimentos Programa Interfacultades. p. 48 Disponible en línea. <URL:<http://www.bdigital.unal.edu.co/991/1/sandracarmenzaecheverrymartinez.2002.pdf>>

FABEGAN, Federación De Ganaderos De Boyacá "Programa de Suministro de Suplementos Alimenticios". Disponible de Internet: <URL:<http://www.fabegan.org/encabezado2.html>>), [Citado el 12 de octubre de 2015].

FAO. Carbohidratos. Disponible en línea. <URL:<http://www.fao.org/nutrition/requisitos-nutricionales/carbohydrates/es/>>

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations en world imports and exports of molasses. Rome

FAO, Depósitos De Documentos De La Fao "Inversión". Disponible de Internet: <URL:<http://www.fao.org/docrep/003/V8490S/v8490s05.htm>>), [Citado el 12 de octubre de 2015].

GERENA BARON, Flor Marina, "obtención de jarabes azucarados a partir de la hidrólisis química de residuos de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis* L var valencia) y papa (*Solanum tuberosum*) variedad diacol capiro (r-12) para ser empleados como edulcorantes en la industria de alimentos, Año 2013, Publicado en revista electrónica de Universidad Nacional Abierta Y A Distancia "UNAD. Disponible de Internet: <URL:<http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/1528/1/46455179pdf.pdf>>), [Citado el 19 de octubre de 2015]

GIRALDO Martha C., LIGARRETO Gustavo, CAYÓN Gerardo, y MELO Constanza, "Análisis de la variabilidad genética de la colección colombiana de musáceas usando marcadores isoenzimáticos" Disponible de Internet: <URL:http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/27833/28079>)

HENAO Esteban Cabarcas, GUERRA BENEDETTI Adrián Fernando y HENAO BALSEIRO Cesar Augusto, "Extracción Y Caracterización De Pectina A partir De Cáscaras De Plátano Para Desarrollar Un Diseño General Del Proceso De Producción", Año 2012, Publicado en revista electrónica de la Universidad De Cartagena. Disponible de Internet: <URL:<https://es.scribd.com/doc/152792999/Trabajo-de-grado-Extraccion-y-caracterizacion-de-pectina-apartir-de-cascaras-de-platano-para-desarrollar-un-diseno-genera-1>>), [Citado el 12 de octubre de 2015].

HOYOS & PEREZ. Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca, 2005.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.
Industrias Alimentarias E Industrias de Bebidas. MELAZA DE CAÑA. ICONTEC,
(NTC 587).Bogotá D.C. El instituto, 2003. 11 p.

_____ Industrias Alimentarias. Jarabe de Glucosa ICONTEC, (NTC 610).
Bogotá D.C. El instituto, 2001. 5 p.

_____ Documentación. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y otros
Trabaos de Investigación, (NTC 1486). Bogotá D.C. El instituto, 2008. 36 p.

_____ Referencias Bibliográficas. Contenido, Forma y Estructura, (NTC
5613). Bogotá D.C. El instituto, 2008. 33 p.

J. Ly. Bananas Y Plátanos Para Alimentar Cerdos: Aspectos De La Composición
Química De Las Frutas Y De Su Palatabilidad, Instituto de Investigaciones Porcinas
Gaveta Postal, Punta Brava, Publicado en Revista Computadorizada de Producción
Porcina, Año 2014. Disponible en:
<https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAAahUKEw1YjNmY7JAhXKMyYKHSxWD54&url=http%3A%2F%2Fpigr.op.cirad.fr%2Fcontent%2Fdownload%2F2568%2F13130%2Ffile%2F113_artresJL.yOK.pdf&usg=AFQjCNEi1YTE-5qvSqMNU5pnYVwTI2JQ>, [Citado el 19 de octubre de 2015].

JARAMILLO, Á. M. En: UN Periódico, Unimedios. [en línea]. (12 de febrero de 2011).
Disponible de Internet: <URL:
<http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/residuos-del-plátano-renta-para-productores-1.html>>. [Citado el 22 de marzo de 2016]

KAROL PAOLA ARIZA PÉREZ Y PAULA ANDREA BOHÓRQUEZ MEDINA.
evaluación Hidrólisis ácida y enzimática con ácido ortofosfórico y cloruro de
hidrógeno acuoso, a partir de pulpa de banano (musa sapientum) para la obtencion
de melaza a nivel laboratorio. Trabajo de grado Ingeniería química. Fundación
Universidad de América

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL COLOMBIA. . En: Sioc.
[en línea]. (julio de 2014). Disponible de Internet:
<URL:<http://sioc.minagricultura.gov.co/index.php/opc-documentoscadena?ide=25>>. [Citado el 22 de marzo de 2016]

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, " Aseguramiento En
Riesgos Laborales". Disponible de Internet:
<URL:<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VP/DOA/R/L/Aseguramiento%20en%20riesgos%20laborales.pdf>>), [Citado el 12 de octubre de 2015].

PLATANEROS. Todo sobre el cultivo de la musa paradisiaca unesur-colon-zulia. En: Platanerosdelzulia. [en línea]. (10 de junio de 2010). Disponible en:<<http://platanerosdelzulia.blogspot.com.co/2010/06/origen-del-platano-el-banano-y-platano.html>>. [Citado el 8 de marzo de 2016]

POBALLE S.A., Alimentación Animal " Melaza - Fertilizante Orgánico Y Suplemento Alimenticio". Disponible de Internet: <URL:<https://www.poballe.com/alimentacionanimal/blog/sobre-nuestros-productos/melaza-fertilizante-organico-y-suplemento-alimenticio>>), [Citado el 12 de octubre de 2015].

Revisión de literatura. Aspectos fisiológicos y Bioquímicos del Plátano. Tesis. Disponible en línea. <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5506/Capitulo1.pdf>>

RIOPAILA CASTILLA, "Melaza de Caña". Disponible de Internet: <URL:<http://www.riopailacastillaingredientes.com/miel.html#.WCOqai3hDIV>>), [Citado el 12 de octubre de 2015].

SALARIOMINIMO2016, " Tarifas Energía Bogotá 2016 Tarifas De Energía Codensa 2016". Disponible de Internet: <URL:<http://www.salariominimo2016.com/tarifas-energia-bogota-2016-tarifas-de-energia-codensa-2016/>>), [Citado el 12 de octubre de 2015].

SERGIO H. DUQUE QUINAYA. evaluación y simulación de la producción de glucosa a partir del plátano y sus residuos como alternativa competitiva en el mercado nacional. p. 9. Tesis maestría investigativa (Ingeniería química). Universidad Nacional de Colombia sede Manizales Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Instituto de Biotecnología y Agroindustria. Disponible en línea. <<http://www.bdigital.unal.edu.co/47021/1/8112503.pdf>>

SUMMER, citado por GIL, Daniel Bello ., CARRERA BOCOURT, Emilia y DÍAZ MAQUEIRA, Yuset. EN: Sistema de Información Científica Redalyc Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. ICIDCA No.2 [en línea]. (2006). Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120664006> >. [Citado el 25 de marzo de 2016]

VARIETADES. En: Plátano del Quindío. [en línea]. (8 de septiembre de 2010). Disponible de Internet: <URL:<http://www.platanodelquindio.com/2010/09/variedades.html>>. [Citado el 8 de marzo de 2016]

VISIO PROFESIONAL, "visio-professional-free-trial-flowchart-software". Disponible de Internet: <URL:<https://products.office.com/es/visio/visio-professional-free-trial-flowchart-software> >).

VILLA-VÉLEZ, H.A., Carvalho, G.R., Telis-Romero, J. Villa-Vélez, H.A., Carvalho, G.R., Telis-Romero, J., Determinación De Las Mejores Condiciones De Hidrólisis Ácida De La Cáscara Del Plátano, Año 2010, Publicado en revista electrónica de la Universidad de Castilla~La mancha UCLM, Disponible en: <<http://www.uclm.es/area/cta/cesia2012/cd/PDFs/2-MOD/MOD-P14T.pdf> >, [Citado el 10 de octubre de 2015].

ANEXOS

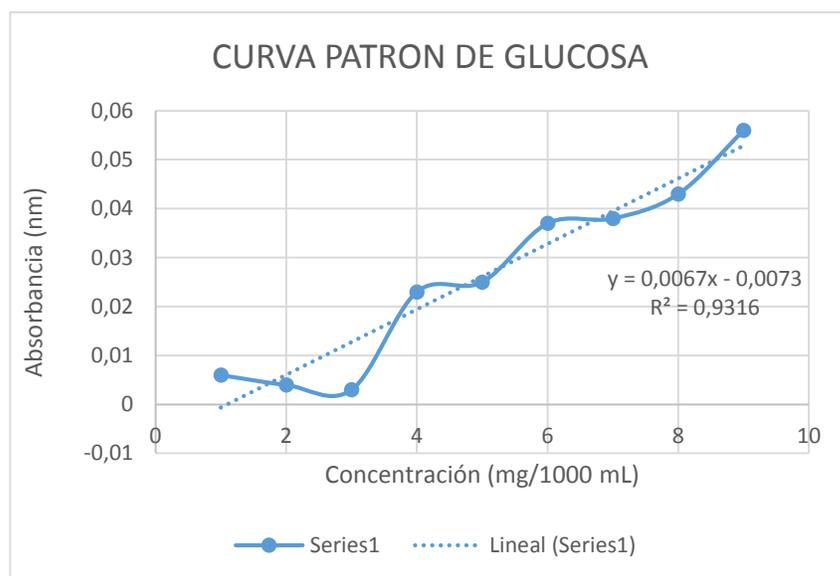
ANEXO A

CURVA PATRÓN PARA MÉTODO DNS

Tabla 44. Curva patrón para método DNS

N° de tubos	patrón de azúcar (0,1 g/1000 ml)	agua (ml)	DNS (ml)	concentración(g/ml)	Absorbancia media
1	0,1	0,9	1	0,00001	0,006
2	0,2	0,8	1	0,00002	0,004
3	0,3	0,7	1	0,00003	0,003
4	0,4	0,6	1	0,00004	0,023
5	0,5	0,5	1	0,00005	0,025
6	0,6	0,4	1	0,00006	0,037
7	0,7	0,3	1	0,00007	0,038
8	0,8	0,2	1	0,00008	0,043
9	0,9	0,1	1	0,00009	0,056

Ilustración 34. Curva patrón de glucosa.



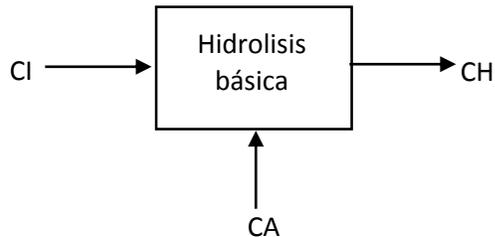
ANEXO B

BALANCE DE MATERIA

El planteamiento de los balances de materia se desarrolla según las etapas correspondientes del proceso llevado a cabo a nivel laboratorio, teniendo en cuenta las pérdidas presentadas. Las cáscaras desechadas semanalmente son 180 kg, pero al trabajar 5 días semanales se emplean 36 kg diarios de cáscara.

Balance de materia para la operación de hidrólisis básica: En esta etapa las cáscaras ganan aproximadamente un 20% de agua adicional. Para una cantidad de 36 kg se requieren 60L de solución de hidróxido de sodio, por esta razón absorben agua parte de esta solución y aumentan su peso en 7,2 kg.

Ilustración 35. Balance de materia operación hidrólisis básica.



$$CI + CA = CH$$

$$36 \text{ Kg} - 7,2 \text{ Kg} = 43,2 \text{ Kg}$$

Donde:

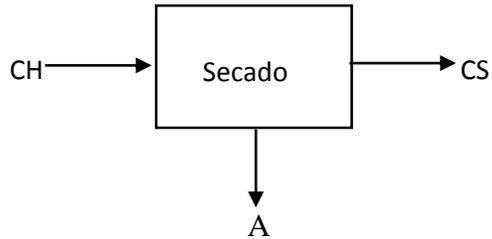
CI = Cáscaras iniciales que ingresan al proceso.

CA= Contenido de agua agregado a las cáscaras.

CH = Cáscaras húmedas resultantes del proceso.

Balance de materia para la operación de secado: En esta etapa debido al alto contenido de agua que presentan las cáscaras, se requiere deshidratar las cáscaras y se presentan una pérdida de aproximadamente el 87% de su volumen.

Ilustración 36. Balance de materia operación secado.



$$CH - A = CS$$

$$43,2 \text{ kg} - 37,87 \text{ kg} = 5,33 \text{ kg}$$

Donde:

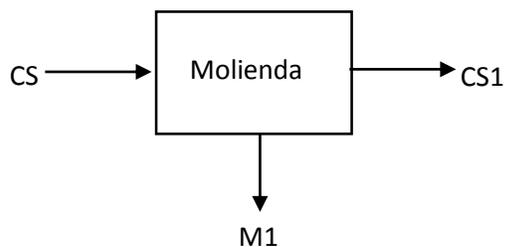
CH = Cáscaras húmedas resultantes del proceso.

A= Contenido de Agua

CS = Cáscaras secas resultantes del proceso.

Balance de materia para la operación de molienda: En este caso las pérdidas fueron debidas al atascamiento de parte de las cáscaras en el molino.

Ilustración 37. Balance de materia operación de molienda.



$$CS - M1 = CS1$$

$$5,33 \text{ kg} - 0,13 \text{ kg} = 5,20 \text{ kg}$$

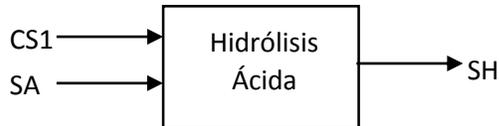
Donde:

CS1 = Cáscaras secas molidas.

M1= Cáscaras acumuladas en el molino.

Balance de materia para la operación de hidrólisis ácida: Durante esta etapa no se presentaron pérdidas, esto pudo haberse debido a que se realizó en una proporción pequeña. Aunque en una escala mayor pudiesen presentarse no sería una pérdida significativa. El valor 22,19 kg corresponde al peso de los 20,8 L de solución ácido diluido, calculado a partir de la solución obtenida en el laboratorio para los 0,025 kg de cáscara.

Ilustración 38. Balance de materia operación de hidrólisis ácida.



$$CS1 + SA = SH$$

$$5,20 \text{ kg} + 22,19 \text{ kg} = 27,39 \text{ kg}$$

Donde:

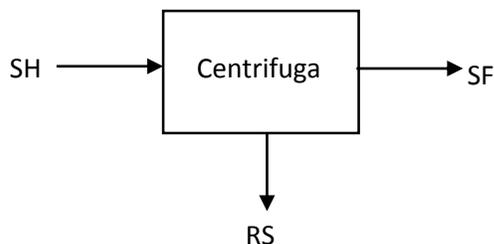
SH = Solución resultante del tratamiento de hidrólisis ácida.

SA= Solución Ácido diluido.

CS1 = Cáscaras secas molidas.

Balance de materia para la operación de centrifugación: De este proceso se extrae el residuo sólido, que podrían emplea posteriormente ser empleado en producción de harinas para fabricación de concentrado animal o abono por incluir algunas posibles alternativas. Aunque de este uso no se ocupó específicamente este proceso.

Ilustración 39. Balance de materia operación centrifugación.



$$SH - RS = SF$$

$$27,39 \text{ kg} - 6,13 \text{ kg} = 21,26 \text{ kg}$$

Donde:

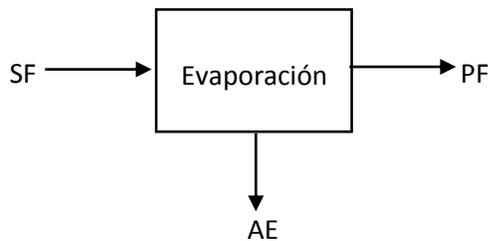
SH = Solución resultante del tratamiento de hidrólisis ácida.

RS= Residuo sólido.

SF = solución filtrada.

Balance de materia para la operación de evaporación: En esta etapa la solución filtrada presenta pérdida del volumen por evaporación de agua. De esta operación se obtienen aproximadamente 16 kg diarios de producto concentrado.

Ilustración 40. Balance de materia operación de evaporación.



$$SH - AE = PF$$

$$21,26 \text{ kg} - 5,33 \text{ kg} = 15,93 \text{ kg}$$

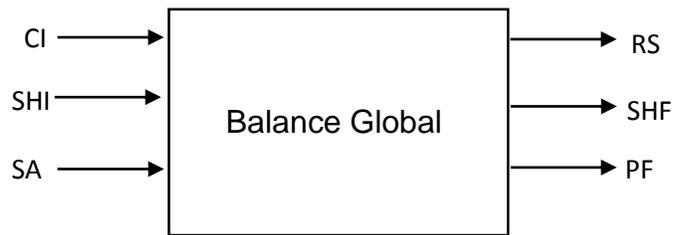
Donde:

SF = solución filtrada.

AE= Agua evaporada.

PF = Producto final.

Balance Global del Proceso



$$CI + SHI + SA = RS + SHF + PF$$

$$36 \text{ kg} + 60 \text{ L} + 22,19 \text{ kg} = 6,13 \text{ kg} + 55 \text{ L} + 16 \text{ kg}$$

Donde:

CI = Cáscaras iniciales que ingresan al proceso.

SHI = Solución hidróxido de sodio inicial.

SA= Solución Ácido diluido.

RS= Residuo sólido.

SHF = Solución hidróxido de sodio final.

PF = Producto final.

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Yo **Leydy Alejandra Vásquez Tautiva** en calidad de titular de la obra **Evaluación de la obtención de melaza por medio de hidrólisis ácida de cáscaras de plátano dominico–hartón (*musa aab simmonds*) a nivel laboratorio**, elaborada en el año **2015**, autorizo al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que me corresponde y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autor manifiesto conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autor establezco las siguientes condiciones de uso de mi obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su autor.

De igual forma como autor autorizo la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá, D.C., a los 3 días del mes de Febrero del año 2017.

EL AUTOR:

Autor

Nombres	Apellidos
Ledy Alejandra	Vásquez Tautiva
Documento de identificación No	Firma
C.C. 1121.904.696	<i>Ledy Alejandra Vásquez T.</i>