

**UNELLEZ
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y MAR
SAN CARLOS – VENEZUELA**



**EVALUACION DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE
LA HARINA DE CASCARA DE PLÁTANO VERDE (*Musa Sapientum*) EN
LA ELABORACION DE GALLETAS**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Agroindustrial.

Br. Lilibeth Bolívar

Tutor: Ing. José Ramos

SAN CARLOS, JUNIO DE 2018

**UNELLEZ
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y MAR
SAN CARLOS – VENEZUELA**



**EVALUACION DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE
LA HARINA DE CASCARA DE PLÁTANO VERDE (*Musa Sapientum*) EN
LA ELABORACION DE GALLETAS**

Br. Lilibeth Bolívar

El trabajo de grado titulado “EVALUACION DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA HARINA DE CASCARA DE PLÁTANO VERDE (*Musa Sapientum*) EN LA ELABORACION DE GALLETAS”, presentada por la Br. Lilibeth Bolívar C.I 24.243.759, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agroindustrial, fue aprobado en fecha: xx/xx/2018 por el siguiente jurado:

Prof.

Prof.

Prof. José Ramos

SAN CARLOS, JUNIO DE 2018

DEDICATORIA

A mi familia, principalmente a Mamá y Papá, gracias por tenerme siempre presente en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todas las grandes Bendiciones que me regala cada día de mi vida, por llenarme de fortaleza, amor y colocar personas maravillosas y de gran valor en mi camino.

A mis padres, Jenny Silva y Armando Bolívar por la vida, por estar a mi lado, por su entrega, dedicación y valores inculcados, que hacen de mí el ser que hoy día soy, mi admiración y respeto, los amo.

Así, le agradezco también a mi Tía, Lourdes Hernández, no me dio la vida pero me regala su amor de madre, he aprendido tanto de ella que no existen palabras que demuestren mi gratitud. A mis hermanos, Liliana Bolívar, Liliernis Bolívar, Manuel Pérez y José Enrique Pérez. A ellos por las alegrías y cada momento vivido, la confianza y la motivación.

A Rut Gámez y Osmairy Mota por todo ese apoyo infinito, por hacerme parte de su familia, por enseñarme a luchar antes las adversidades, por su confianza y ese cariño incondicional brindado, las palabras salen sobrando y ellas lo saben, las quiero.

A mi grupo de amigas, Zuleidys Linares, siempre al pendiente y preocupada por mi, gracias por tanto, Marvis Vargas y Norianny Blanco, por cada momento. A todas gracias por toda la ayuda que me brindaron en toda mi carrera.

Y como no, a mi querido amigo Marco Pérez, a esta persona le agradezco esa amistad tan única, fue la amargura más dulce de toda la carrera.

A Pedro Aponte y María Celeste Bolívar, a cada uno de ellos tengo mucho que agradecer, principalmente la ayuda y el compromiso, son grandes personas con generosos corazones.

A mi tutor José Ramos, para el las palabras de agradecimientos mas sinceras que existen en mi, diría que, no serán suficiente para demostrar y hacerle sentir todo el cariño y aprecio que le tengo, pero van cargadas de buena energía y mucho afecto. Gracias una y otra vez por toda la paciencia, el conocimiento y esa dedicación.

A la UNELLEZ, por la oportunidad, a cada uno de los profesores ´por la formación académica, por el conocimiento adquirido. En especial a la profesora Evelin Pérez, por ser mas que una profesora, por la humildad y cariño, gracias profesora.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLA.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I:	3
I.1. EL PROBLEMA.....	3
I.1.1 Planteamiento del problema.....	5
I.2. Formulacion de objetivos	5
I.2.1. Objetivo general.....	5
I.2.2. Objetivos especificos.....	6
I.3. Evaluacion del problema	6
I.3.1 Importancia	6
I.3.2. Interes.....	7
I.4. Justificacion	8
I.5. Alcances y limitaciones	8
I.5.1 Alcances.....	8
I.5.2. Limitaciones.....	9
I.6. Ubicación geográfica	10
I.7. Institucion, investigador(es), tutor academico y asesor metodologico.....	10
CAPITULO II:	10
II.1.2. Bases teóricas	14
II.1.2.1. Origen y clasificación del plátano	14
II.1 Marco teórico.....	11
II.1.2.2. Características del plátano.....	14
II.1.1 Antecedentes de la investigación.....	11
II.1.2.3. Composición química y palatabilidad del plátano.....	15
II.1.2.4. Propiedades funcionales de la cáscara de plátano	15

II.1.2.5. Composición nutricional de la cascara de plátano	16
II.1.2.6. Uso de la cascara de plátano.....	16
II.1.2.7.2. Poder edulcorante	17
II.1.2.7. Stevia(<i>Stevia rebaudiana</i>)	16
II.1.2.7.3. Perfil del sabor en el tiempo.....	18
II.1.2.8. Harina	19
II.1.2.7.1 Composición química de la Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>)	16
II.1.2.9. Galleta.....	19
II.1.3. Términosbásicos.....	20
II.1.3.1. Cascara	20
II.1.3.2. Almidón.....	21
II.1.3.3. Nutrientes	23
II.1.3.4. Vitaminas.....	23
II.1.3.5. Edulcorante.....	23
CAPITULO III	31
III.1. MARCO METODOLÓGICO.....	31
III.1.1.Modalidad de la Investigación	31
III.1.2. Población y Muestra.....	31
III.1.3. Tipo de Investigación.....	31
III.1.4. Diseño de la investigación	33
III.1.3Materiales y métodos	34
III.1.3.1 Materiales, equipos y reactivos utilizados en la investigación	34
III.1.3.2. Métodos.....	35
III.1.3.2.4Técnicas de análisis de datos.....	39
CAPITULO IV	40
IV.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	40
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA	56
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del plátano.....	14
Tabla 2. Características de los carbohidratos durante la maduración de los plátanos	15
Tabla 3. Composición química de la cascara del plátano	14
Tabla 4. Potencia de los edulcorantes de alta potencia	14

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz “D” de diseño con variables codificadas.....	38
Cuadro 2. Rangos de los factores experimentales de las pruebas pilotos.....	40
Cuadro 3. Rangos y niveles de los factores de la investigación utilizados en el experimento final.....	41
Cuadro 4. Matriz de diseño con valores naturales.....	47
Cuadro 5. Caracterización fisicoquímica de la materia prima: cáscara de plátano (<i>Musa sapientum</i>) verde en su estado natural.....	48
Cuadro 6. Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de plátano (<i>Musa sapientum</i>).....	49
Cuadro 7. Rendimiento de la harina de cáscara de plátano verde.....	49
Cuadro 8. Resultados obtenidos para las variables repuestas.....	50
Cuadro 9. Análisis de la varianza para la respuesta pH.....	53
Cuadro 10. Análisis de la varianza para la respuesta ATT.....	56
Cuadro 11. Análisis de la varianza para la respuesta humedad.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de periodo de vida del plátano...	23
Figura 2. Núcleo molecular Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>)	28
Figura 3. Tiempo de aparición del dulzor TA y tiempo de extinción TE	31
Figura 4. Esquema tecnologico para la obtención de harina de cáscara De plátano verde.....	43
Figura 5. Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta pH.....	52
Figura 6. Gráfica de Pareto para la respuesta pH.....	55
Figura 7. Gráfica de Pareto para la respuesta ATT.....	57
Figura 8. Gráfica de Pareto para la respuesta Humedad.....	59
Figura 9. Predicción de los perfiles mínimos cuadrados.....	60
Figura 10. Perfiles de respuestas múltiples y de deseabilidad.....	61
Figura 11. Gráfica de superficie de respuesta pH.....	62
Figura 12. Gráfica de superficie de respuesta ATT.....	63
Figura 13. Gráfica de superficie de respuesta Humedad.....	64

**UNELLEZ
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y MAR
SAN CARLOS – VENEZUELA**



RESUMEN

Br. Lilibeth Bolívar
Tutor: Ing. José Ramos

**EVALUACION DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE
LA HARINA DE CASCARA DE PLÁTANO VERDE (*Musa Sapientum*) EN
LA ELABORACION DE GALLETAS**

Palabras Clave: Plátano, cascara, stevia, edulcorante, galleta.

**UNELLEZ
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA
Y PROCESOS INDUSTRIALES
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y MAR
SAN CARLOS – VENEZUELA**



SUMMARY

Br. Lilibeth Bolívar
Tutor: Ing. José Ramos

**EVALUATION OF GREEN PLATANO CASCARA FLOUR (*Musa Sapientum*)
IN THE PROCESSING OF COOKIES ADDING EDULCORANTE STEVIA
(*Stevia rebaudiana*)**

ABSTRAC

Keywords: Banana, peel, stevia, sweetener, biscuit.

INTRODUCCIÓN

Los sectores productivos de frutas y verduras de diversos países han experimentado durante los últimos años una tendencia marcada por incrementos en la producción (FAO, 2011), generando residuos y subproductos de cosecha, tanto al momento de la cosecha como al momento de la comercialización en diferentes mercados. No cabe duda, que hoy en día, se producen una gran variedad de productos destinados al consumo humano y animal, dejando en cada proceso una cantidad de residuos considerables, muchos de los cuales no tienen un valor útil, es por ello que en Venezuela se debe impulsar al aprovechamiento de dichos residuos, a fin de obtener subproductos de los mismos con un valor agregado, que a su vez puedan satisfacer las necesidades y requerimientos nutricionales exigidos por los consumidores.

En Venezuela, existen industrias que utilizan el plátano verde como materia prima, y el principal subproducto del proceso industrial del plátano, es la cáscara la cual representa aproximadamente el 20-30% del peso del fruto, dejando como residuo la cascara del mismo, cabe destacar que el plátano (*Musa sapientum*) es una fruta de producción asexual directa, con un fruto largo encorvado, blanco que se da en forma de racimo. La planta es una herbácea gigante y perenne, cuya unidad básica de reproducción es el colino que se encuentra en el tallo y cuya proporción subterránea llamada cormo produce alrededor de diez colinos más durante su vida productiva.

Por su parte, la cascara de plátano (*Musa sapientum*) es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio, entre los esfuerzos para utilizar la cáscara se han obtenido proteínas, metanol, etanol, pectinas y enzimas (Emaga, *et al.*, 2007).

Kudan en 1975, reportó que la cáscara en conjunto con otras sustancias crea un ungüento para reducir los dolores causados por la artritis, además se considera

que la cáscara de plátano puede ser una fuente potencial de sustancias antioxidantes y antimicrobianas (Saif y Hashinada, 2005), así como compuestos fitoquímicos con actividad contra radicales libres (Arawande *et al.*, 2010). Varios autores han analizado el efecto de los compuestos antioxidantes presentes en cáscara de plátano, para identificar el efecto sobre los radicales libres los cuales se producen continuamente en nuestro organismo ya sea de manera natural o por el estrés ambiental, así como otros factores relacionados con muchas enfermedades como el cáncer, aterosclerosis, artritis, enfermedad de Parkinson y Alzheimer.

Es por ello, que surge la necesidad de aprovechar el potencial que contiene esta cascara a fin de dar cumplimiento al objetivo principal que es la evaluación de harina de cascara de plátano verde (*Musa sapientum*) en la elaboración de galletas adicionando edulcorante stevia (*Stevia rebaudiana*)obteniendo así un subproducto de calidad y de competitividad en el mercado.

CAPITULO I

I. EL PROBLEMA

I.1. Planteamiento del problema

Actualmente, los residuos presentan una problemática a nivel mundial debido a diversos factores, se estima que la población crece considerablemente así como el consumismo, los cuales han influenciado en la acumulación de grandes cantidades de residuos productos de una actividad, ya sea por acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos. Otro factor que influye considerablemente es que muchas de las empresas existentes en Venezuela no cuentan con la tecnología necesaria y/o requerida para reciclar los diferentes residuos provenientes de las actividades industriales. Es por ello que se requiere la utilización de dichos residuos, a fin de darle una segunda utilidad y que a su vez pueda ser comercializable.

Adicional a lo anterior siguiendo los eslabones de las agrocadenas se da un comportamiento paralelo en cuanto a la cantidad de productos procesados provenientes de las cosechas en aumento, por lo tanto la generación de residuos y subproductos provenientes de la agroindustria presenta grandes volúmenes compuestos generalmente por cáscaras, semillas y porciones carnosas de frutas y vegetales que son desechados, y que adicionalmente pueden llegar a alcanzar hasta un 60% o 70% del peso de las materias primas crudas utilizadas por la agroindustria dando como resultado igualmente grandes cantidades de material descartado que es perjudicial para el medio ambiente (Lousada *et al.*, 2006).

Cabe mencionar que los residuos y subproductos de frutas y verduras son considerados materiales altamente heterogéneos puesto que provienen de diferentes familias de plantas con diferentes orígenes botánicos y adicionalmente en el procesamiento de un material vegetal para obtener un producto final.

Debido a que muchos productos provenientes de cosechas no son consumidos directamente por los consumidores sin antes ser sometidos a una línea de proceso en la que se eliminan las partes no comestibles, se genera una gran cantidad de subproductos como cáscaras y semillas, llegando en algunos casos a ser mayor la cantidad de subproductos obtenidos del procesamiento que la cantidad de producto final (Lousada *et al.*, 2006; Ayala *et al.*, 2011).

Algunas frutas que ejemplarizan esta situación son piña, papaya, mango, banano, plátano, manzana, uva, frutas cítricas y guayaba entre otras de las cuales su pulpa fresca o en conserva y derivados como por ejemplo los jugos son muy apreciados (Schieber, Stintzing y Carle, 2001; Ayala *et al.*, 2011).

Una opción tecnológica de aprovechamiento de la cáscara de plátano, permitiría reducir las cantidades de residuos agroindustriales de alto impacto ambiental provenientes de la producción de plátano verde, tal es el caso de la empresa PESPSICO, específicamente Natuchips que es la marca de tradición que ofrece a sus consumidores o que está enfocada en adultos que buscan lo mejor de un snack natural con sabores tradicionales venezolanos, o también los tostones conocidos como TOM, son algunas de las marcas de presentación que generan cierta cantidad de residuos provenientes de la concha de dicho plátano, es por ello que se plantea una alternativa para su aprovechamiento, que pueda suplir las necesidades de harina de trigo que se presenta hoy en día en nuestro país Venezuela, debido a la exportación del mismo, obteniendo los beneficios y/o propiedades que esta posee.

Por lo antes mencionado, con la obtención de la harina de cascara de plátano verde se evaluarán sus propiedades funcionales en la elaboración de galletas con la incorporación de edulcorante stevia, obteniendo así un producto secundario con valor agregado y comercializable, resaltando de esta manera la importancia que esta presenta como alternativa a la utilización de la concha del plátano verde (*Musa sapientum*).

I.2. OBJETIVOS

I.2.1. Objetivo general

- Evaluar la harina de cáscara de plátano (*Musa sapientum*) verde en la elaboración de galletas con agregado de stevia.

I.2.2. Objetivos específicos

- Determinar mediante análisis proximal las características físicas y químicas de la materia prima: cáscara de plátano (*Musa sapientum*) verde
- Estandarizar el proceso de obtención de harina a partir de la cascara de plátano (*Musa sapientum*) verde.
- Hacer pruebas pilotos para determinar las condiciones del experimento o del proceso.
- Optimizar el proceso de elaboración de galletas con agregado de stevia utilizando superficie de respuesta con el software JMP, evaluando la variabilidad de los factores independientes con agregado de stevia.

I.3. EVALUACIÓN DEL PROBLEMA

El problema de la siguiente investigación se evalúa bajo los siguientes criterios: importancia e interés.

I.3.1. Importancia

La creación de nuevos productos a partir de los desechos beneficia no sólo a las empresas, sino también al medio ambiente, se evita que los residuos acaben en

vertederos, incineradoras o abandonados, y se reduce el consumo de energía y nuevas materias primas.

La importancia de la factibilidad y creación de nuevos productos a partir de desechos agroindustriales para el servicio de un mercado, es la prioridad en la que debemos emprender, disminuyendo la contaminación ambiental y generando productividad.

El propósito de elaborar galletas a base de harina de cascara de plátano verde, es el de ofrecer a los consumidores un producto saludable alternativo, innovador y por supuesto que cubra las necesidades que en el país se está viviendo.

I.3.2. Interés

Esta investigación, posee un novedoso interés, el cual radica en la obtención de galletas a partir de harina de cáscara o concha de plátano verde edulcoradas con stevia, siendo estas conchas en muchas empresas residuos, es por ello, que esta investigación brinda la oportunidad de darle un valor agregado a estos, obteniendo así galletas nutritivas que pueden ser consumidas por toda la población por poseer un edulcorante natural.

Además, del uso de Software Estadísticos-Matemáticos de Diseño Experimental que permitan optimizar el proceso mediante los análisis estadísticos-matemáticos-gráficos de datos y resultados obtenidos.

I.4. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto de investigación se encuentra enmarcado en las líneas de Investigación del Programa Ciencias del Agro y Mar de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, en el plan general de investigación de la UNELLEZ 2008-2012, dentro del Área ciencias del agro y ambientales; línea de investigación: agroecología.

Al mismo tiempo va orientada a la aplicación de técnicas de procesamiento de vegetales y desarrollar una nueva metodología utilizando la cáscara de plátano verde (*Musa sapientum*) con la finalidad de darle una utilidad más aprovechable a la misma, teniendo en cuenta que es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio (Emaga *et al.*, 2007).

Cabe destacar que en la industria la harina de trigo es un aditivo o bien, un ingrediente importante. Es por ello que es preciso señalar que en Venezuela la producción de trigo en casi nula, y para este tipo de industrias (elaboradoras de galletas, pan) resulta costosa la utilización de este producto. Por lo que se pretende obtener esta harina de cascara de plátano verde para sustituirla de manera parcial en la elaboración de galletas para disminuir el costo en esta industria obteniendo por sustitución de aditivo la misma funcionalidad.

I.5. Alcances y limitaciones

I.5.1. Alcances

Se obtendrán galletas con la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de la cáscara de plátano verde (*Musa sapientum*) utilizando como edulcorante la stevia, con ello se persigue explorar el área agroindustrial utilizando desechos de la industria platanera que pueden servir como materia prima alternativa en la elaboración de productos de galletería.

I.5.2. Limitaciones

- Almacenamiento de la materia prima según la estación en la que se encuentre.
- Fallas en algún equipo del laboratorio (Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos) donde se va a elaborar el producto.

I.6. Ubicación geográfica

Esta investigación se ejecuta en el estado Cojedes, trabajando fundamentalmente con la cascara de plátano verde (*Musa sapientum*) y el edulcorante natural stevia (*Stevia rebaudiana*). Se llevara a cabo en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos (LITA) del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales UNELLEZ San Carlos-Cojedes.

I.7. Institución, Investigador (es), Tutor Académico y Asesor metodológico

Institución: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ – VIPI Núcleo San Carlos-Estado Cojedes.

Investigador: Br. Lilibeth Bolívar

Tutor Académico: Ing. José Alejandro Ramos

Asesor Metodológico: Ing. José Antonio Martínez

CAPITULO II

II. MARCO TEORICO

II.1. ANTECEDENTES

A continuación se presentaran diversos estudios realizados a nivel nacional e internacional que reflejan los diferentes aportes realizados al trabajo presente así, como la importancia de crear nuevos productos alimenticios:

Brasco y Gonzales, (2014), determinaron que los desechos de cascara de plátano, bien pueden ser utilizados para fortificar alimentos o crear nuevos con el fin de aumentar la disponibilidad de alimentos así como facilitar la accesibilidad de los mismos, por lo que es necesario continua con estudios en los diferentes subproductos de la platanera, para complementar los conocimientos que se tienen sobre las propiedades nutricionales de estos, así como determinar que compuestos específicamente servirían como protección de enfermedades, como lo es el caso de las enfermedades coronarias, cáncer y diabetes.

Ayala *et al.*, (2003), en su trabajo de graduación, para optar al grado de Licenciada en Química y Farmacia: “Estudio proximal comparativo de la cascara y pulpa del plátano (*Musa paradisiaca*) para su aprovechamiento completo en la alimentación humana y animal”, concluyeron que, en el proceso de elaboración de harinas de plátano se obtiene un mayor rendimiento de las muestras verdes, ya que los carbohidratos presentes específicamente el almidón, que se encuentra en mayor porcentaje, facilita los procesos para la obtención de las harinas. Así mismo demostraron, que el mayor valor nutritivo lo presentan las harinas de cáscara de plátano, tanto verde como maduro, ya que poseen porcentajes elevados de humedad, grasa, proteína, fibra cruda y cenizas. Culminando, que el plátano (pulpa y cáscara) constituye una alternativa como suplemento alimenticio, debido a que proporciona un alto potencial energético, es de bajo costo, no requiere extremo cuidado técnico y se encuentra disponible durante todo el año.

Fernández *et al.*, 1999, establecieron que el fruto puede ser aprovechado completamente (fruto y cascara) para obtener una harina integral con un alto contenido de fibra dietaria. Las cascaras del plátano representan, el 40% del peso total del plátano fresco (Tchobanoglous *et al.*, 1993), que se destina a la alimentación animal o a desechos, por esta razón es importante conocer sus características con el fin de evaluar su utilización como alimentos para humanos y así también solucionar un problema de contaminación ambiental causado por la cascara.

II.1.2. BASES TEORICAS

II.1.2.1. Origen y clasificación del Plátano (*Musa sapientum*).

Las musáceas tienen su origen en el Asia Sudoriental. La *Musa acuminata* tuvo su origen en la península de Malasia o islas cercanas, de donde fue llevada a otros lugares como las Filipinas y la India, donde se mezcló con ejemplares de *Musa balbisiana* dando origen a grupos híbridos de los cuales se derivan los plátanos y guineos. Prácticamente desconocidas en América aún a finales del siglo pasado, eran consideradas frutas exóticas.

Tabla 1. Clasificación del plátano (*Musa sapientum*).

Familia	Musáceas
Genero	Musa
Serie	Eumusa
Cruce	Musa acuminata por musa balbisiana

Fuente: Simmonds (1973).

En la serie Eumusa se distinguen los cultivares triploides derivados del cruce entre *Musa acuminata* (AA) y *Musa balbisiana* (BB) que dan origen a las musáceas comestibles más importantes:

(AAA) Bananos como Cavendish y Gros Michel (no hubo hibridación).

(AAB) Plátanos como Curraré y Dominico.

(ABB) Guineos como Cuadrado y Pelipita.

II.1.2.2. Características del plátano (*Musa sapientum*).

El plátano es una baya carnosa que se encuentra en racimos, posee una cáscara gruesa con aristas en la superficie, la cual lo protege, cuando madura es de color amarillo y las aristas tienden a desaparecer y queda casi lisa; el fruto tiene un tamaño promedio de 20 a 25 cm y un diámetro aproximado de 4 cm, es de sabor dulce cuando está maduro, pero no cuando esta verde.

El plátano es una fruta a la que no se le permite madurar en el árbol (fruta climatérica), ya que de hacerlo, estaría sujeta a daños causados por insectos, roedores y otros animales; además, la cantidad de componentes se ven disminuidos por lo que la calidad de la fruta sería inferior que la madurada fuera de la planta.

Las etapas de desarrollo del plátano son determinadas por los cambios físicos y químicos perceptibles que éste sufre, y además se ven afectadas por el período de corta, almacenaje, transporte y tipo de venta del mismo.

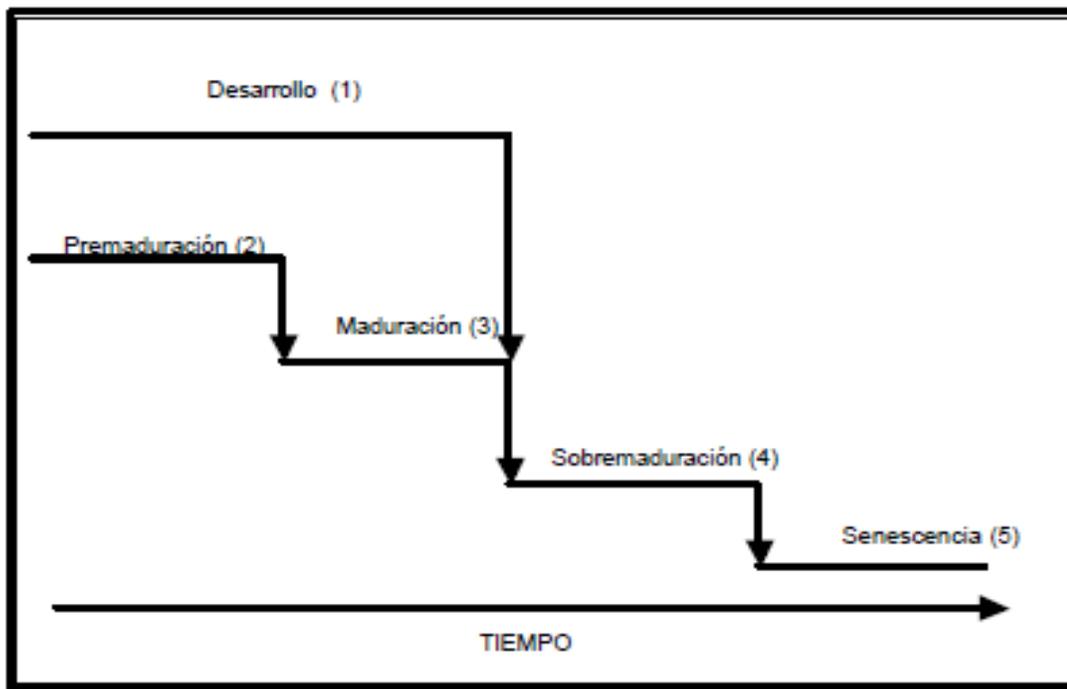


Figura 1. Etapas del periodo de vida del plátano (*Musa sapientum*).

1. **Etapa de desarrollo:** Esta inicia con la formación de la parte comestible, es decir, el engrandecimiento del fruto y cesa con la terminación del crecimiento natural, incluye las etapas de premaduración y maduración.
2. **Etapa de premaduración:** Es el período de máximo engrosamiento y tamaño de la fruta. El plátano no maduro es verde oscuro y las primeras señales visibles del cambio se aprecian en el color de la cáscara (verde claro). El verde claro de la cáscara pasa a un verde amarillo pálido, y en ese estado toda la pulpa se ha ablandado perceptiblemente.
3. **Etapa de maduración:** Aquí, la fruta es de color amarillo intenso, habiendo desaparecido ya toda traza de verde, excepto en el ápice y en el pedúnculo.

4. **Etapa de sobremaduración:** Esta etapa se define como la secuencia de cambios de color, sabor y textura, que conlleva al estado en el cual la fruta es aún aceptable para comer a pesar de que se hayan suscitado dichos cambios.

5. **Etapa de senescencia:** En esta etapa el plátano pierde calidad, presenta desordenes fisiológicos y enfermedades inducidas por hongos.

II.1.2.3. Composición química y palatabilidad del plátano.

La composición química del plátano caracterizada por la presencia de almidones y escasez de ácidos, lo hace un producto extremadamente sensible al oxígeno al igual que al calor.

El proceso de maduración implica un cambio esencial en la composición de los carbohidratos de la fruta, puesto que el almidón desaparece dando lugar a la aparición de carbohidratos solubles (Desai y Deshpande 1975; Forsyth 1980), lo que significa desde el punto de vista de la consistencia y el sabor de la fruta, que la misma se convierte en un alimento altamente palatable. Este proceso es paralelo al cambio de estructura de los taninos, una gran parte de los cuales se hacen inactivos y desaparece el sabor amargo y astringente, propio de los mismos.

Tabla 2. Características de los carbohidratos durante la maduración de los plátanos (por ciento en base seca).

	Plátanos verdes		Plátanos maduros	
	Cáscara	Pulpa	Cáscara	Pulpa
Almidón	50.0	83.2	35.0	66.4
Azúcares solubles	3.0	1.3	31.6	17.3

Celulosa	9.0	1.6	10.5	1.3
Hemicelulosa	12.4	1.9	14.0	0.8

Fuente: Ketiku (1973)

II.1.2.4. Propiedades funcionales de la cascara de plátano (*Musa sapientum*)

El principal subproducto del proceso industrial del plátano, es la cáscara la cual representa aproximadamente el 30% del peso del fruto (Gonzales, M. *et al* (2010). Las aplicaciones potenciales para la cáscara de plátano dependen de su composición química. La cáscara de plátano es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio (Emaga, T. *et al*, 2007). Entre los esfuerzos para utilizar la cáscara se han obtenido proteínas, metanol, etanol, pectinas y enzimas. Entre otros usos se ha obtenido carbón vegetal, una fuente de combustible alternativa para cocinar. Kudan, en 1962 reportó que la cáscara en conjunto con otras sustancias crea un ungüento para reducir los dolores causados por la artritis, (Kunda, M. 1975), además se considera que la cáscara de plátano puede ser una fuente potencial de sustancias antioxidantes y antimicrobianas (Saif, H. 2005), así como compuestos fitoquímicos con actividad contra radicales libres.

Varios autores han analizado el efecto de los compuestos antioxidantes presentes en cáscara de plátano, para identificar el efecto sobre los radicales libres los cuales se producen continuamente en nuestro organismo ya sea de manera natural o por el estrés ambiental, así como otros factores relacionados con muchas enfermedades como el cáncer, aterosclerosis, artritis, enfermedad de Parkinson y Alzheimer (Halliwell, B. 1989).

Así mismo, la cáscara de plátano contiene carotenoides, como el β -caroteno, α -caroteno y diferentes xantofilas, estas han sido cuantificadas en un rango de 300-400 μg de equivalentes de luteína/100 g, (Subagio, A. *et at*. 1996), así mismo se han identificado esteroles y triterpenos, como el β -sitoesterol, stigmasterol, campesterol, cicloeucalenol, cicloartenol y cicloartanol 24-metileno (Knapp, Nf. *et al*. 1969).

El β -caroteno es el principal precursor de la vitamina A, la cual es el problema dietario más común que afecta a niños a nivel mundial. El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) ha estimado que mejorar el consumo de vitamina A, podría prevenir la muerte anual de 2 millones de niños entre 1 y 4 años, por lo que la cáscara de plátano juega un papel importante en la salud al identificar que es rico en sustancias precursoras de la vitamina A, así como en otros carotenoides, además de que es un fruto que se encuentra presente tanto en países en desarrollo como en países desarrollados.

II.1.2.5. Composición nutricional de la cascara de plátano

La cascara de plátano está compuesta principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina pero su composición varía según el origen del material. La fibra vegetal se clasifica en dos tipos: soluble e insoluble. La fibra soluble puede contribuir a equilibrar el nivel de colesterol en la sangre, previene el cáncer de colon, regular el tránsito intestinal y disminuir altos niveles de glucosa en la sangre.

Tabla 3. Composición química de la cascara de plátano.

Componente	Cáscara de plátano verde	Cáscara de plátano maduro
%Humedad	91,62	95,66
%Proteína cruda	5,19	4,77
%Fibra cruda	11,58	11,95
Energía bruta, Kcal.	4383	4592
% calcio	0,37	0,37
% fosforo	0,28	0,23

% cenizas	16,30	14,58
-----------	-------	-------

Fuente: Tartrakoon *et al.*, (1999).

II.1.2.6. Uso de la cascara de plátano.

El principal subproducto del proceso industrial del plátano, es la cascara la cual representa aproximadamente el 30% del peso del fruto, el uso o las aplicaciones potenciales para la cascara de plátano dependen de su composición química. La cascara de plata es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos polinsaturados y potasio, entre los esfuerzos para utilizar la cascara se han obtenido proteínas, metanol, etanol, pectinas y enzimas. Entre otros usos se han obtenido, carbón vegetal, una fuente de combustible alternativa para cocinar (Kudan 1962) reporto que la cascara en conjunto con otras sustancias crea un ungüento para reducir los dolores causados por la artritis, además se considera que la cascara de plátano puede ser una fuente potencial de sustancias antioxidantes y antimicrobianas.

Varios autores han analizado el efecto de los compuestos antioxidantes presentes en cascara de plátano, para identificar el efecto sobre los radicales libres los cuales se producen continuamente en nuestro organismo ya sea de manera natural o por el estrés ambiental, así como otros factores relacionados con muchas enfermedades como el cáncer, aterosclerosis, artritis, enfermedad de Parkinson y Alzheimer.

II.1.2.7. Stevia (*Stevia rebaudiana*).

Planta subtropical (un pequeño arbusto perennes) de la familia de las asteráceas (Geuns, 2003) que requieren temperaturas cálidas con escarchas mínimas, precipitaciones adecuadas y mucho sol. Es un arbusto que puede alcanzar los 80cm de altura cuando se desarrolla completamente.

II.1.2.7.1 Composición química de la stevia (*Stevia rebaudiana*).

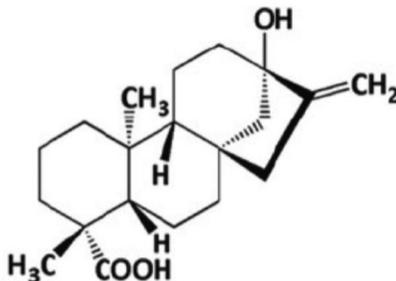
La composición química completa de las especies de stevia (*Stevia rebaudiana*), aún no está disponible, (Goyalet *et al.*, 2010). Periódicamente se descubren nuevos constituyentes que van siendo estudiados y descritos en la literatura científica (Wolwer-rieck 2012).

Las hojas de la estevia (*Stevia rebaudiana*), contienen varios compuestos glicósidos que son los que otorgan el sabor dulce. El género stevia (*Stevia rebaudiana*) incluye más de 200 especies, sin embargo, solo dos de ellas contienen glicósidos de esteviol, siendo la *Stevia Rebaudiana* Bertonii la variedad que contienen los compuestos más dulces (Brandle *et al.*, 1998).

Los glicósidos son moléculas compuestas por un glúcido (generalmente monosacáridos) y un compuesto no glusídico. Los glicósidos desempeñan numerosos papeles importantes en los organismos vivos. Muchas plantas almacenan productos químicos importantes en forma de glicósidos inactivos; si estos productos químicos son necesarios, se hidrolizan en presencia de agua y una enzima generando azúcares importantes en el metabolismo de la planta. Muchos glicósidos de origen vegetal se utilizan como medicamentos. El glúcido se enlaza a través de su carbono anomérico (puede ser α o β) a otro compuesto de diferente naturaleza química. El glúcido del glicósidos se conoce como glicona y el grupo ajeno al glúcido, aglicona del glicósidos.

Todos los glicósidos de esteviol comparten el mismo núcleo molecular como se muestra en la figura.

Figura 2. Núcleo molecular esteviol.



Fuente: (Brandle *et al.*, 1998).

En base al peso seco, los cuatro principales glicósidos son el dulcósido A, el rebaudiósido C, el rebaudiósido A y el esteviósido (en general a 0,3%, 0,6%, 3,8% y 9,1%, respectivamente) (Brandle *et al.*, 1998). Otros glicósidos menos importantes incluyen el rebaudiósido B, D, E y F, el esteviolbiósido y el rubosósido.

II.1.2.7.2. Poder edulcorante.

El poder endulzante para los edulcorantes de alta potencia está dado por su equivalencia en sacarosa. Sin embargo, es importante definir el medio en que esta determinación se realiza (agua, ácido fosfórico, a qué pH, etc.), si este aspecto no se aclara se asume que se mide en agua. Un uso razonable de los edulcorantes de alta potencia es emplearlos en concentraciones del 4-8%, es por eso que resulta prudente hacer la comparación a una concentración del 6% (Prakash *et al.*, 2008). El poder edulcorante del Rebaudiósido A (que recordemos era el glicósido de sabor más dulce) es similar al del aspartame.

El rebaudiósido A es de 250 a 450 veces más dulce si se compara con la sacarosa, siendo el de mayor poder endulzante de todos los glicósidos de estas hojas (Chatsudthipong & Muanprasat, 2009).

A continuación se muestra una tabla comparativa de los distintos edulcorantes en función a su poder edulcorante.

Tabla 4. Potencias aproximadas de los edulcorantes de alta potencia.

Edulcorante	Poder endulzante aproximado
Acesulfame K	200

Aspartame	200
Rebaudiósido A	200-300
Neotame	8000
Sacarina	300
Sucralosa	600

Fuente: Prakash *et al.*, (2008).

II.1.2.7.3. Perfil del sabor en el tiempo.

Todos los endulzantes tienen dos características: un tiempo de aparición (TA) del sabor y un tiempo de extinción (TE). Los edulcorantes de alta potencia, a diferencia de los endulzantes calóricos naturales (sacarosa, etc.) poseen un prolongado tiempo de extinción. Esto es muy útil en algunos productos como los chicles donde la perduración del dulzor es muy deseable (Prakash *et al.*, 2008).

Los glicósidos constituyentes de la Stevia tienden a producir un sabor dulce menos instantáneo e inmediato que la sacarosa, pero su sabor se prolonga por un largo período (Kinghorn *et al.*, 1989). Como se muestra en la Figura N° el TA máximo fue menor para la sacarosa, un poco más largo para el aspartamo y el más largo para la rebiana. el TE fue el más largo para la rebiana, seguido por el aspartame y luego la sacarosa. Siendo el TE de la rebiana significativamente mayor que con sacarosa (Young & Wilkens, 2007).

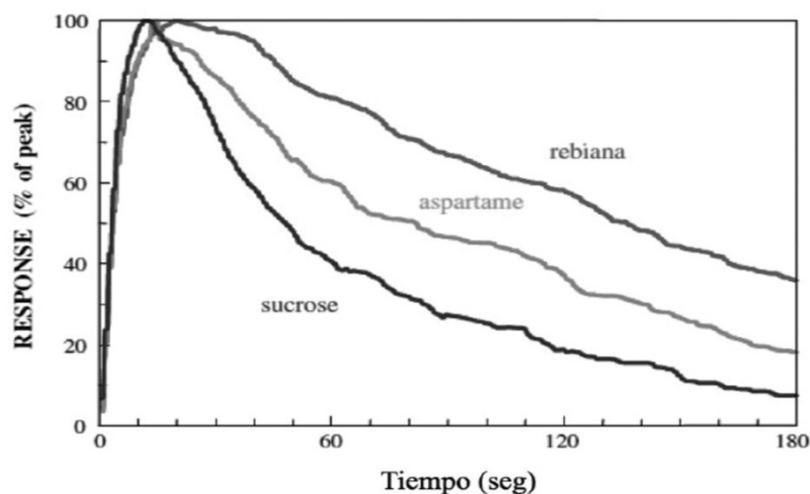


Figura 3. Tiempo de aparición (TA) del dulzor y tiempo de extinción (TE).

Fuente: Young y Wilkens, (2007).

II.1.2.8. Harina

Harina (etimología, del latín farina y este por su parte de far y farris nombre antiguo del farro). Se entiende por harina al polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es la harina de trigo, elemento imprescindible para la elaboración del pan, también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz o de arroz.

II.1.2.9. Galletas

Según Norma Venezolana COVENIN 1483:2001. Es el producto obtenido de la mezcla de harinas de trigo y/o otros cereales, con los otros ingredientes y aditivos contemplados en esta norma, relleno o no, cubierto o no y sometido a proceso de horneado y empaquetado.

II.1.3. Definición de términos básicos.

II.1.3.1. Cáscara.

Es la capa protectora de una fruta o vegetal, del cual puede desprenderse. En Botánica se refiere usualmente al exocarpo, no obstante el exocarpo se refiere también a cubiertas más duras. Una fruta con una cascara gruesa, como en los cítricos es llamada herperidio.

II.1.3.2. Almidón

Es un polisacárido de reserva alimenticia, predominante en las plantas y proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Tanto el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual.

II.1.3.3. Nutriente.

Material que necesitan las células de un organismo para producir la energía empleada en las funciones de crecimiento, reparación, reproducción, metabolismo, entre otras.

II.1.3.4. Vitaminas.

Las vitaminas son compuestos heterogéneos imprescindibles para la vida, que al ingerirlos de forma equilibrada y en dosis esenciales promueven el correcto funcionamiento fisiológico. El plátano es una gran fuente de azúcares naturales, fibra, potasio, luteína, caroteno, colina, vitaminas solubles en agua y vitaminas solubles en grasa. Comer un plátano grande nos proporciona 0,5 mg de vitamina B6.

II.1.3.5. Edulcorante.

Sustancia química capaz de proporcionar sabor dulce al alimento que la contiene, pudiendo existir de forma natural monosacáridos: (fructosa, glucosa, galactosa), disacáridos: (sacarosa, lactosa y maltosa). Loria K, (2008).

II.1.4. Formulación de sistema de hipótesis.

II.1.4.1. Hipótesis de Investigación.

Las combinaciones de los factores en estudio (Harina de trigo y Harina de cáscara de plátano verde), responderán a la tecnología de elaboración de galletas que se aplicó, y se obtendrá una galleta con características fisicoquímicas medibles.

II.1.4.2. Hipótesis operacional.

Las características de las galletas obtenidas a partir de harina de trigo (*Triticum aestivum*) y harina de cáscara de plátano verde (*Musa sapientum*), serán comparables a las de las obtenidas en otras galletas a base de vegetales.

II.1.4.3. Hipótesis Estadística.

La variabilidad de las respuestas de las galletas a partir de harina de trigo (*Triticum aestivum*) y harina de cáscara de plátano verde (*Musa sapientum*), permitirá modelar y visualizar gráficamente la variabilidad del proceso, en función de las variables independientes, permitiendo optimizar el proceso.

II.1.5. Formulación del sistema de variables.

II.1.5.1. Variables independientes de la matriz de diseño.

Las variables independientes son todos aquellos factores que modifican, modulan o controlan el proceso y modifican las variables respuesta de la matriz de diseño.

Para efecto de esta investigación, se seleccionaron solo dos variables independientes, las cuales son:

X_1 = Harina de trigo (*Triticum aestivum*) (g)

X_2 = Harina de cáscara de plátano verde (*Musa sapientum*) (g)

II.1.5.2. Variables dependientes.

Las variables dependientes son las respuestas que se van a medir en cada tratamiento aplicado de acuerdo a lo que se estipulo en la matriz “D” de diseño, cuando se varían las dosis de las variables independientes. Para efecto de esta investigación, se medirán como variables dependientes:

$$Y_1 = \text{pH}$$

$$Y_2 = \text{Acidez titulable total (\%)}$$

$$Y_3 = \text{Humedad (\%)}$$

II.1.5.3. Variables fijas.

Son aquellas variables o factores que mantienen valores fijos. Para efecto de esta investigación se tendrán las siguientes: tiempo y temperatura de cocción, cantidades de: Stevia (5gr), margarina (52gr), chocolate (5gr), fécula de maíz (2.5gr), huevo (6g)

II.1.5.4. Operacionalización de las variables.

pH.

Este indicador, cuantifica la variable $[H^+]$ del componente elemento químico, del factor valor nutritivo, que cuantifica la calidad potencial Redox, el cual se medirá con el instrumento peachimetro siguiendo la metodología de la Norma Venezolana COVENIN N° 1315 - 1990.

Acidez titulable total (ATT).

Esta variable estima en forma global el contenido en ácidos orgánicos libres en una muestra de alimento y se medirá en forma indirecta con el instrumento peachimetro por doble punto final de titulación con metodología de la Norma

Venezolana COVENIN N° 1769 - 1981. Se expresa en gramos de ácido por 100 gramos de alimento, o en porcentaje. Se diferencian dos grupos de acidez: Acidez volátil y acidez no volátil, la suma de estos estima la acidez total, la cual viene dada en función del ácido predominante en el alimento (Ávila, 2008).

Humedad (H).

Por método volumétrico registrado por COVENIN 1553:80. Este método consiste en secar en una estufa la porción a ensayar hasta la masa. Se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Humedad \% = \frac{A - B}{A} * 100}$$

Donde:

A = Peso de la muestra original, en gramos

B = Peso de la muestra seca en gramos

CAPITULO III

III.1. MARCO METODOLOGICO

III.1.1. Tipo de investigación

La investigación desarrollada es de tipo exploratoria y experimental; realizada bajo condiciones controladas; en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de

Alimentos de la UNELLEZ San Carlos, Venezuela. Los resultados que se generaron son válidos para el proceso específico de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de la cáscara de plátano verde (*Musa sapientum*) utilizando como edulcorante la stevia (*Stevia rebaudiana*). Para la realización de la misma se construyeron modelos que se ajustan a cada una de las respuestas para las condiciones controlada y estadísticamente diseñadas.

III.1.2. Población y muestra

III.1.2.1. Población

La población de la investigación estuvo formada por:

- Cáscara de plátano verde (*Musa sapientum*), fue recolectada en el sector El Salto, Troncal 05, Municipio Lima Blanco, Estado Cojedes.
- Harina de trigo, fue adquirida en un local comercial de la ciudad de San Carlos, Municipio, Ezequiel Zamora, Estado Cojedes.
- Stevia fue proveniente de locales comerciales ubicados en la avenida Bolívar, de la Ciudad de San Carlos, Edo. Cojedes.

III.1.2.2. Muestra.

La muestra utilizada en la experimentación estuvo representada por las unidades experimentales que indicó la matriz de tratamientos del diseño estadístico establecido, le correspondieron 9 tratamientos distintos más la adición de 3 puntos centrales, para un total de 12 tratamientos o corridas experimentales.

III.1.3. Diseño de la investigación.

III.1.3.1. Diseño de muestreo de los tratamientos.

Para las muestras de cada tratamiento se diseñó estadísticamente una Matriz “D”, utilizando el software estadístico STATISTICA, con la plataforma **Industrial Statistics & six sigma**, el modulo **Experimental Design (DOE)**; y la opción **3** (K-p) and Box-Behnken design**; de allí se selecciona la opción **Factorial designs, 2/1/9**, significando que se construyó un diseño factorial de respuesta para dos (2) factores experimentales, en un bloque para un total de 12 muestras o tratamientos distintos, y 4 puntos centrales con una repetición; al aceptar esta secuencia, el programa genera automáticamente una matriz de dos columnas o (dos factores) con valores codificados (-1,0,+1), llamada matriz “D” de diseño de tratamientos, que se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Matriz “D” de diseño con variables codificadas.

CORRIDA	X₁	X₂
7	1,00000	-1,00000
1	-1,00000	-1,00000
3	-1,00000	1,00000
2	-1,00000	0,00000
4	0,00000	-1,00000

11	0,00000	0,00000
5	0,00000	0,00000
8	1,00000	0,00000
9	1,00000	1,00000
6	0,00000	1,00000
10	0,00000	0,00000
12	0,00000	0,00000

III.1.3.2. Materiales y métodos

III.1.3.2.1. Materiales

Harina de trigo (*Triticum aestivum*)

La harina de trigo fue adquirida en un local comercial de la ciudad de San Carlos, y llevada al laboratorio LITA de la UNELLEZ donde se almacenó en bolsas plásticas herméticas, para posteriormente realizar los análisis químicos e iniciar el proceso de elaboración de las galletas.

El plátano (*Musa sapientum*)

El plátano utilizado para la investigación se adquirió en la comunidad de El Salto, Troncal 05 del Municipio, Lima Blanco, Edo. Cojedes en estado verde hecho (madurez fisiológica); Además, al momento de adquirirlos, se verificó que cada uno de los plátanos no mostrara signos de daños o deterioro. Luego se trasladó al LITA de la UNELLEZ- VIPI, San Carlos, Edo. Cojedes Venezuela, para su procesamiento en la obtención de la cáscara.

Stevia (*Stevia rebaudiana*)

En esta investigación a la hora de elaborar las galletas se utilizó como sustituto del azúcar refinada la stevia, la cual fue obtenida mediante su compra, en locales comerciales de la ciudad de San Carlos y llevada al laboratorio LITA de la UNELLEZ para la realización de la investigación.

III.1.3.2.1.1. Equipos e instrumentos.

- Secador de bandeja
- Molino eléctrico
- Tamiz
- Cuchillo de acero inoxidable
- Agua destilada
- Recipiente de plástico
- Bandeja metálicas
- Bolsas ziploc
- Vaso precipitado
- NaOH 0.2 N
- Colador
- Estufa
- Medidor de pH
- Balanza
- Refractómetro
- Tirro
- Marcador

III.1.3.2.2. Métodos.

a) Metodología para realizar las pruebas pilotos.

Las pruebas pilotos se efectuaran con el objeto de familiarizarse con la metodología de elaboración de galletas, así como, el uso de los instrumentos y equipos. Además, con estas pruebas preliminares se puede estimar los valores a utilizar de la cantidad de harina de trigo y harina de cáscara de plátano verde, para determinar los valores de los factores necesarios para la elaboración de la matriz de diseño.

Se hizo un ensayo previo a la realización del experimento definitivo, el cual constaba de 4 unidades con diferentes niveles de los factores experimentales, recomendados en la literatura; los cuales se pueden apreciar en el cuadro 2.

Cuadro 2. Rangos de los factores experimentales de las pruebas pilotos.

Pruebas pilotos	(X₁) Harina de Trigo (%)	(X₂) Harina de Cáscara de Plátano (%)
1	70	30
2	60	40
3	65	35
4	80	20

A continuación, se muestra en el cuadro 3, los rangos y niveles naturales que se utilizaron en el experimento para la elaboración de las galletas con la mezcla de harina de trigo y harina de cáscara de plátano verde.

Cuadro 3. Rangos y niveles de los factores de la investigación utilizados en el experimento final.

Variables	Niveles		
	-1	0	1
Harina de trigo (X_1)	60	70	80
Harina de cáscara de plátano verde (X_2)	20	30	40

b) Metodología para la recolección de los análisis fisicoquímicos.

Para llevar a cabo esta etapa de la investigación, se presenta una metodología que se basa en los análisis fisicoquímicos para conocer las composiciones de las unidades experimentales que presentó mejor comportamiento durante el ensayo, a la materia prima a utilizar para los tratamientos de la matriz de diseño y a la unidad experimental que presentó mejores características durante el proceso.

A todas las unidades experimentales se les medirá las variables que serán objeto de estudio para la elaboración de las galletas (pH, ATT, H), utilizando los métodos de análisis fisicoquímicos que se describen a continuación:

- **pH:** Se determinó mediante empleo de la Norma Venezolana COVENIN N° 1315 – 1990.
- **Acidez titulable total (ATT):** Se determinó usando la Norma Venezolana COVENIN N° 1769 – 1981. Los resultados se calcularon mediante la expresión siguiente:

$$ATT = \text{Vol. Gast.} * N * P_{\text{meq Ac.}} * 100 / G$$

Dónde:

Ac: Contenido de ácido láctico (g / 100 g)

V: Volumen del NaOH consumido en la titulación

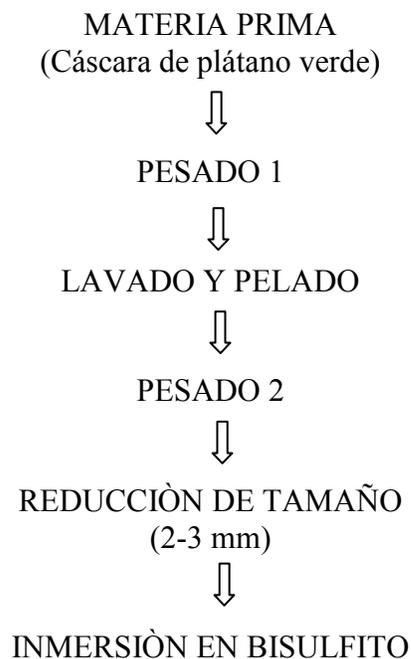
Pmeq: Peso equivalente del ácido predominante (g/100 g)

G: Peso de la muestra considerada en la dilución

Determinación de Humedad: en la determinación de humedad, se procedió como lo indica la Norma COVENIN N° 1553:80.

c) Metodología para la estandarización del proceso de obtención de harina a partir de la cascara de plátano verde (*Musa sapientum*).

La metodología empleada en las operaciones unitarias que están presentes en la mayoría de los procesos de secado de materia prima vegetal, se preparó siguiendo los pasos propuestos por Pacheco (2001), se utilizó como referencia el siguiente esquema tecnológico de la figura 4, para cáscara de plátano verde, donde se detallan cada una de las operaciones que se realizan desde la entrada de la materia prima hasta el producto final.



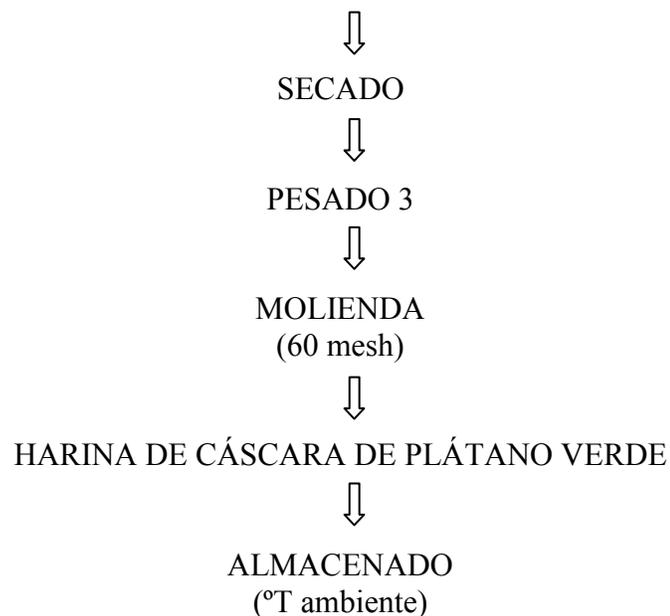


Figura 4. Esquema tecnológico para la obtención de harina de cáscara de plátano verde.

Fuente: Pacheco (2001).

Materia prima:

La materia prima a utilizar es la cáscara de plátano verde hecho (madurez fisiológica), de la variedad *Musa sapientum*, en esta etapa es fundamental realizar una inspección visual para el control de ciertas características como color, olor, textura, temperatura de llegada, entre otros. Es recomendable que se realice una evaluación y control de los proveedores para garantizar que la materia prima fue producida y recolectada en forma adecuada y respetando períodos de carencia.

Pesado 1:

Se realiza para obtener el peso inicial de la cáscara del plátano verde con la cual se va a trabajar y así determinar el rendimiento.

Lavado y pelado:

Eliminación de las impurezas y extracción de la piel. Consiste en realizar una selección y clasificación con relación a: tamaño, forma, color, firmeza, magulladuras, superficies cortadas, alteración y solidez. Aquellos vegetales de menor tamaño, sobremaduros o defectuosos deberían separarse de los que presenten características aceptables, ya que los productos alterados podrían perjudicar la calidad del resto.

Pesado 2:

Se realiza para determinar el peso de inicial de la cáscara de plátano verde que se va a deshidratar en el horno convencional, a Temperatura de 65 -75°C/3 hr.

Reducción de tamaño:

Consiste en cortar manualmente con cuchillo de acero inoxidable la cáscara del plátano verde en tiras de 3 a 5 mm con el fin de facilitar el secado con el tratamiento térmico.

Inmersión en bisulfito:

Una vez obtenida las tiras de la cáscara del plátano verde se sumergen en una solución de bisulfito por 10 min con el fin de inactivar enzimas y evitar el pardeamiento enzimático u oscurecimiento de la cáscara. Luego se práctica un escurrido antes del proceso de secado.

Secado convencional:

El proceso de secado de las tiras de la cáscara del plátano verde se realiza en un horno convencional con un nivel medio de la temperatura y por un tiempo determinado, a razón de eliminar parte del agua de su composición hasta obtener una humedad adecuada para realizar la respectiva molienda.

Pesado 3:

Se realiza para determinar el peso de la cáscara del plátano verde en base seca, así como calcular la pérdida de agua y caracterizar la curva de secado y por ende el rendimiento.

Molienda:

El material deshidratado se le realizará una molienda en un molino hasta obtener una harina de la cáscara de plátano verde, la cual se tamizará para homogenizar el tamaño de partícula (60 mesh).

Almacenado:

La harina obtenida será almacenada herméticamente a temperatura ambiente en bolsas PVC plásticas marca ziploc, hasta su debida utilización para evitar el deterioro.

➤ **Determinación de Rendimiento**

En el caso de la harina de cáscara de plátano verde el rendimiento se calculó mediante de la siguiente formula:

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{pesofinal}}{\text{pesoinicial}} * 100$$

d) Metodología para la elaboración de galletas a partir de harina de trigo y harina de cáscara de plátano verde.

INVESTIGAR Y COLOCAR AQUÍ, PRIMERO REALIZAS UN BREVE COMENTARIO RELACIONANDO LA FUENTE, LUEGO UNA BREVE DESCRIPCIÓN DE CADA PASO Y POR ÚLTIMO EL ESQUEMA TECNOLÓGICO.

e) Metodología para la preparación de las unidades experimentales.

Se prepararon las 12 unidades experimentales colocando las cantidades de los 2 factores bajo estudio (X_1 y X_2), en un recipiente plástico cada uno, mezclándose con los demás ingredientes de la formulación de acuerdo con lo establecido en la matriz de diseño de tratamientos que se construyó (cuadro 4).

Cuadro 4. Matriz de diseño con valores naturales.

FACTORES EXPERIMENTALES		
Trat.	Harina de Trigo X₁	H.C.P. X₂
1	80	20
2	70	30
3	60	30
4	70	30
5	80	30
6	80	40
7	60	40
8	60	20
9	70	30
10	70	20
11	70	30
12	70	40

Además, para la preparación y elaboración de las unidades experimentales de esta experiencia, se utilizó:

- a. Material edulcorante como la stevia.
- b. La metodología modificada y descrita para la preparación de las galletas.
- c. La metodología descrita para la preparación de las unidades experimentales de las pruebas pilotos.

CAPITULO IV

IV.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

IV.1.1. Resultado proximal de la caracterización fisicoquímica de la materia prima: cáscara de plátano (*Musa sapientum*) verde.

En el cuadro 5 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica parcial, realizada a la cáscara de plátano verde antes de preparar los tratamientos o unidades experimentales generados por la matriz de diseño, dicha materia prima presentó los siguientes valores: °Brix = 5; pH = 6,4; acides titulable total = 0,1951% y un valor de humedad = 63,87%.

Cuadro 5. Caracterización fisicoquímica de la materia prima: cáscara de plátano (*Musa sapientum*) verde en su estado natural.

Materia prima	°Brix (%)	pH	ATT (%)	HUM (%)
Cáscara de plátano verde	5	6,4	0,1951	63,87

IV.1.2. Resultados de la estandarización del proceso de obtención de harina a partir de la cascara de plátano (*Musa sapientum*) verde.

En la estandarización del proceso de obtención de la harina de la cáscara de plátano verde se aplicó la metodología propuesta por Pacheco (2001). Una vez obtenida la harina se realizaron previamente al experimento final una serie de pruebas pilotos (ver cuadro 2) para determinar los valores de los factores necesarios para la elaboración de la matriz de diseño, arrojando mejores condiciones del proceso la prueba n° 1.

En el cuadro 6, se puede observar los resultados de la caracterización fisicoquímica realizada a la harina de cáscara de plátano verde mediante análisis proximal.

Cuadro 6. Caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de plátano (*Musa sapientum*).

Materia prima	°Brix	pH	ATT (%)	HUM (%)
Cáscara de plátano verde	5	5,66	0,2404	7,80

IV.1.2.1. Resultados del rendimiento de la cáscara de plátano verde.

La cantidad de la harina de la cáscara de plátano verde fue establecida por su masa en gramos del peso final, como se observa en el cuadro 7.

Cuadro 1. Rendimiento de la harina de cáscara de plátano verde.

Materia prima	Valor promedio
Peso inicial	3450 gr
Peso final	2050 gr
Rendimiento	59,42 %

En el análisis realizado se obtuvo un 59,42 % del rendimiento de la cáscara de plátano verde en harina obtenida, lo cual indica que se ha obtenido un buen rendimiento para llevar a cabo la elaboración de las galletas.

IV.1.5. Resultados estadísticos.

La investigación experimental y exploratoria realizada se efectuó bajo un diseño factorial completo $3^{**} (2-0)$, cuatro puntos centrales sin repetición para dos factores experimentales para un total de 12 tratamientos o corridas, bajo condiciones de superficie de respuesta y co-optimización.

El número de tratamientos (T) que aportó el diseño seleccionado corresponde a la cantidad de tratamientos en un diseño factorial completo, usando para su determinación el núcleo 2^k y aplicando la siguiente expresión:

$$T = 2^k + 2 * k + P_c$$

Dónde:

K = cantidad de factores en estudio

P_c = cantidad de puntos centrales

Entonces:

$$T = 2^2 + 2 * 2 + 4$$

T = 12 tratamientos.

Los factores y niveles experimentales mostrados en la metodología (Capítulo III, Cuadro 3) se determinaron estableciendo criterios tecnológicos según la literatura (Fernández y col., 1994) y pruebas pilotos desarrolladas en el Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos (LITA), UNELLEZ, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Estas pruebas permitieron establecer los valores de: punto central y valores extremos, según la matriz de diseño generada empleando el software Statistica versión 7.0, teniendo como factores fijos la mezcla de ingredientes de la formulación de las galletas.

En el cuadros 8, se muestran los resultados obtenidos en la presente investigación, donde se pueden apreciar los valores de las repuestas medidas (pH, acides titulable total y humedad) por cada tratamiento de los cubos de lechosa con recubrimiento comestible correspondiente.

Cuadro 8. Resultados obtenidos para las variables repuestas.

Trat.	FACTORES		FACTORES		
	EXPERIMENTALES		RESPUESTAS		
	Harina de Trigo	H.C.P.	pH	ATT	Hum
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3
1	80	20	6,39	0,0030	7,75
2	70	30	6,46	0,0050	6,04
3	60	30	6,37	0,0046	3,05
4	70	30	6,22	0,0052	6,04
5	80	30	6,12	0,0036	4,94
6	80	40	5,86	0,0042	4,53
7	60	40	5,77	0,0044	3,73
8	60	20	6,60	0,0035	4,22
9	70	30	6,51	0,0050	5,87
10	70	20	6,47	0,0040	8,37
11	70	30	6,22	0,0041	8,61
12	70	40	5,96	0,0048	5,39

IV.1.5.1. Discusión de la respuesta pH.

Una vez corrido el programa, se observa en primer lugar la gráfica de los valores medidos experimentalmente contra los valores predichos por el modelo (Figura 5).

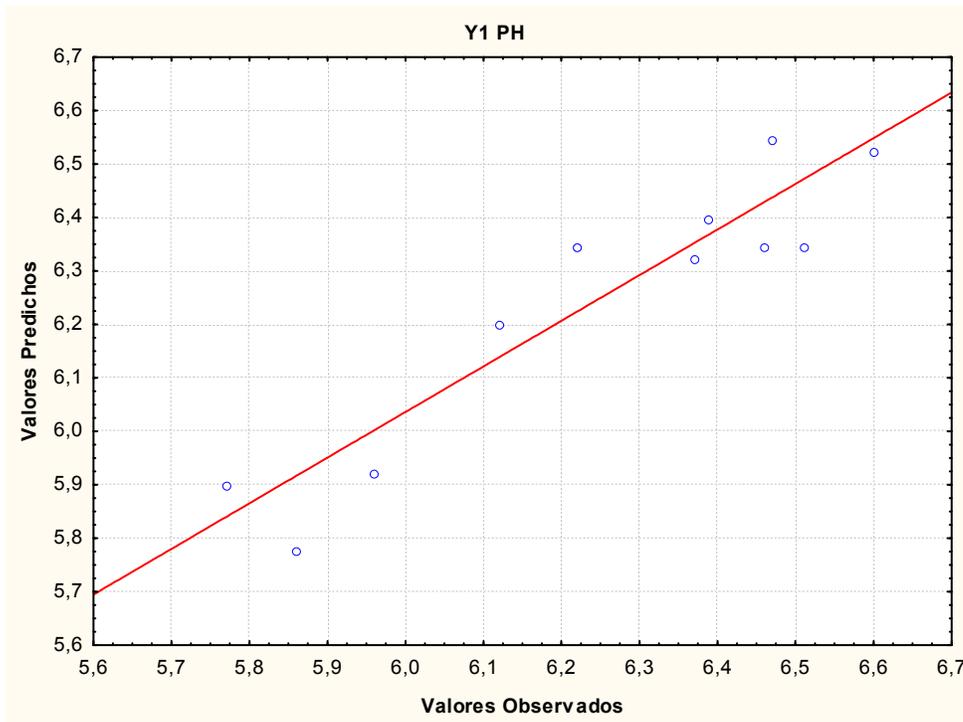


Figura 5. Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta pH.

La figura anterior muestra que los datos se distribuyen uniformemente alrededor de la línea, que aunque no están sobre ella, puede tomarse a prioridad como índice de bondad de ajuste, dando estos indicios que la variabilidad de la respuesta pH, es explicada por los factores experimentales seleccionados, con el modelo selecto y bajo las condiciones experimentales ensayadas. La misma tendencia se encontró para las respuestas ATT y Humedad gráficos mostrados en los anexos 1 y 2.

Este mismo gráfico nos indica que no existe evidencia que indique violación en el supuesto de homogeneidad de la varianza, puesto que los valores se están muy cerca de la recta sin correlación aparente.

Tomando estos resultados como suficientes (Ávila, 2008), se tomó el modelo generado como adecuado para estudiar el proceso, y luego continuar con el análisis.

Para determinar si hubo efecto significativo de tratamiento, significancia de la regresión, significancia de cada factor experimental y de cada componente del modelo en las respuestas pH, ATT y Humedad, se construyó el análisis de la varianza (ANAVAR), Cuadros 9, 10 y 11 respectivamente.

El análisis de la varianza se realizó con la ayuda de los programas estadísticos STATISTICA v.70 y JMP v. 4.0.

IV.1.5.2. Discusión de la respuesta pH.

En el cuadro 9 se observa el anavar realizado para la respuesta pH, allí se muestra que los tratamientos no fueron significativos ($p > 0,05$), indicando que no hubo efecto de los tratamientos en el pH de las galletas obtenidas de la mezcla con harina de trigo y harina de la cáscara de plátano verde; por otro lado la regresión tuvo un efecto poco significativo sobre la respuesta pH ($p < 0,001$), sin embargo, la variable Harina de cáscara de plátano verde (X_2) mostro un efecto altamente significativo sobre la respuesta pH ($p < 0,001$) La falta de ajuste no fue significativa ($p > 0,05$), indicando que el modelo de regresión generado ajusta los datos moderadamente, con un R^2 de 88%. Lo cual indica que el 88% de las variaciones de los factores independientes son explicadas por las variaciones de las respuestas en el modelo obtenido.

Cuadro 9. Análisis de la varianza para la respuesta pH.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	p<F
Tratamientos	11	0,7302	0,0664	2,79	0,1096ns

Regresión	5	0,7070	0,1414	5,94	0,0110*
X ₁	1	0,0228	0,0228	0,96	0,5504ns
X ₂	1	0,5828	0,5828	24,49	0,0004**
X ₁ ²	1	0,0187	0,0187	0,79	0,6530ns
X ₂ ²	1	0,0345	0,0345	1,45	0,3370ns
X ₁ X ₂	1	0,0225	0,0225	0,95	0,5560ns
Falta de Ajuste (FA)	3	0,0232	0,0077	0,32	0,9514ns
<hr/>					
Error Exp.	6	0,0946	0,0158	0,66	0,7398ns
Error Puro	3	0,0715	0,0238		
<hr/>					
Total	14	0,8017			

$$R^2 = (\text{SCReg}/\text{SCTot}) * 100 = 88\%$$

P ≤ 0,05 → *: Significativo. P ≤ 0,01 **: Altamente significativo.

Sin embargo para visualizar mejor una discriminación de los componentes de la regresión y de los factores experimentales que tienen la importancia en el control del pH, se construyó la gráfica de Pareto.

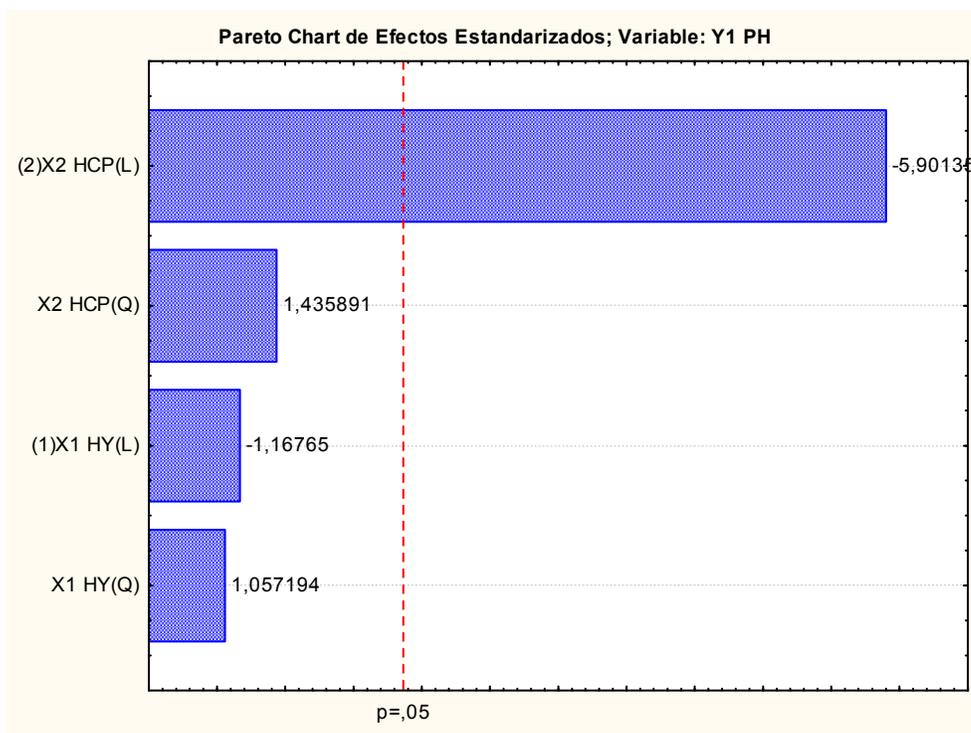


Figura 6. Gráfica de Pareto para la respuesta pH.

La grafica de Pareto muestra que el factor más importante en el control del pH, es X_2 , o sea la harina de cáscara de plátano verde, presentando un efecto altamente significativo sobre la respuesta pH ($p < 0,001$) como lo indico el análisis de la varianza.

IV.1.5.3. Discusión de la respuesta ATT.

En el cuadro 10 se observa el anavar realizado para la respuesta acidez titulable total, allí se muestra que los tratamientos y la regresión no fueron significativos ($p > 0,05$), así, como la variable Harina de Trigo (X_1), indicando que no hubo efecto de los tratamientos sobre la variabilidad de la respuesta ATT, sin embargo, la variable Harina de Cáscara de Plátano Verde (X_2) y el término cuadrático X_1^2 mostraron un efecto poco significativo sobre la respuesta ATT ($p > 0,05$); Estos resultados junto a la

baja significancia de la falta de ajuste ($p > 0,05$), indican que el modelo de regresión generado ajusta los datos moderadamente, con un R^2 de 82%.

Cuadro 10. Análisis de la varianza para la respuesta ATT.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	p<F
Tratamientos	11	4,4e-6	4e-7	1,67	0,2736ns
Regresión	5	4,2e-6	8,4e-7	3,5	0,0683ns
X_1	1	4,8e-7	4,8e-7	2	0,2039ns
X_2	1	1,4e-6	1,4e-6	5,83	0,0208*
X_1^2	1	1,2e-6	1,2e-6	5	0,0302*
X_2^2	1	3,7e-7	3,7e-7	1,54	0,3091ns
X_1X_2	1	2,2e-8	2,2e-8	0,09	0,9995ns
Falta de Ajuste (FA)	3	1,6e-7	5,3e-8	0,22	0,9853ns
Error Exp.	6	8,9e-7	1,4e-7	0,58	0,7948ns
Error Puro	3	7,2e-7	2,4e-7		
Total	14	5,1e-6			

$$R^2 = (SC_{Reg}/SC_{Tot}) * 100 = 82\%$$

$P \leq 0,05 \rightarrow *$: Significativo. $P \leq 0,01 \rightarrow **$: Altamente significativo.

Sin embargo para visualizar mejor una discriminación de los componentes de la regresión y de los factores experimentales que tienen la importancia en el control de la ATT, se construyó la gráfica de Pareto.

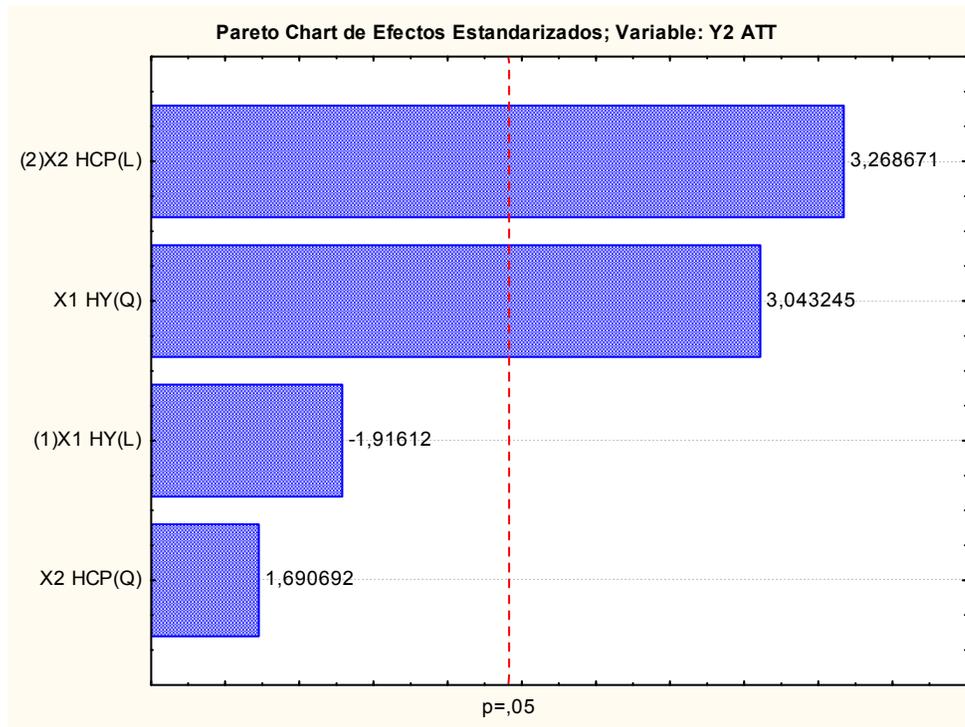


Figura 7. Gráfica de Pareto para la respuesta ATT.

La grafica de Pareto muestra que el factor más importante en el control de la acidez titulable total, es X_2 , o sea la harina de cáscara de plátano verde, seguido de la harina de trigo (X_1), presentando un efecto altamente significativo sobre la respuesta ATT ($p < 0,001$) como lo indico el análisis de la varianza.

IV.1.5.4. Discusión de la respuesta Humedad.

En el cuadro 11 se observa el anavar realizado para la respuesta humedad, allí se muestra que los tratamientos y la regresión o modelo utilizado no fueron significativos ($p > 0,05$), indicando que no hubo efecto de los tratamientos sobre el control de la variable humedad, así como se observa que los factores X_1 (Harina de Trigo) y X_2 (Harina de Cáscara de Plátano) mostraron baja significancia, indicando que los datos se ajustan moderadamente con un R^2 de 83%, mostrando una buena bondad de ajuste del modelo planteado. El hecho de obtener altos valores de R^2

significa una alta correlación entre los datos de los factores experimentales seleccionados con el modelo seleccionado.

Cuadro 11. Análisis de la varianza para la respuesta Humedad.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	p<F
Tratamientos	11	30,0006	2,7273	1,58	0,2976ns
Regresión	5	29,1025	5,8205	3,36	0,0745ns
X ₁	1	6,4481	6,4481	3,72	0,0597*
X ₂	1	7,4594	7,4594	4,31	0,0428*
X ₁ ²	1	13,3057	13,3057	7,69	0,0103**
X ₂ ²	1	1,1310	1,1310	0,65	0,7466ns
X ₁ X ₂	1	1,8632	1,8632	1,08	0,4871ns
Falta de Ajuste (FA)	3	0,8981	0,2994	0,17	0,9942ns
Error Exp.	6	6,0919	1,0153	0,59	0,7879ns
Error Puro	3	5,1938	1,7313		
Total	14	35,1944			

$$R^2 = (SCReg/SCTot)*100 = 83\%$$

P≤0,05 → *: Significativo. P≤0,01 **: Altamente significativo.

Sin embargo para visualizar mejor una discriminación de los componentes de la regresión y de los factores experimentales que tienen la importancia en el control de la Humedad, se construyó la gráfica de Pareto.

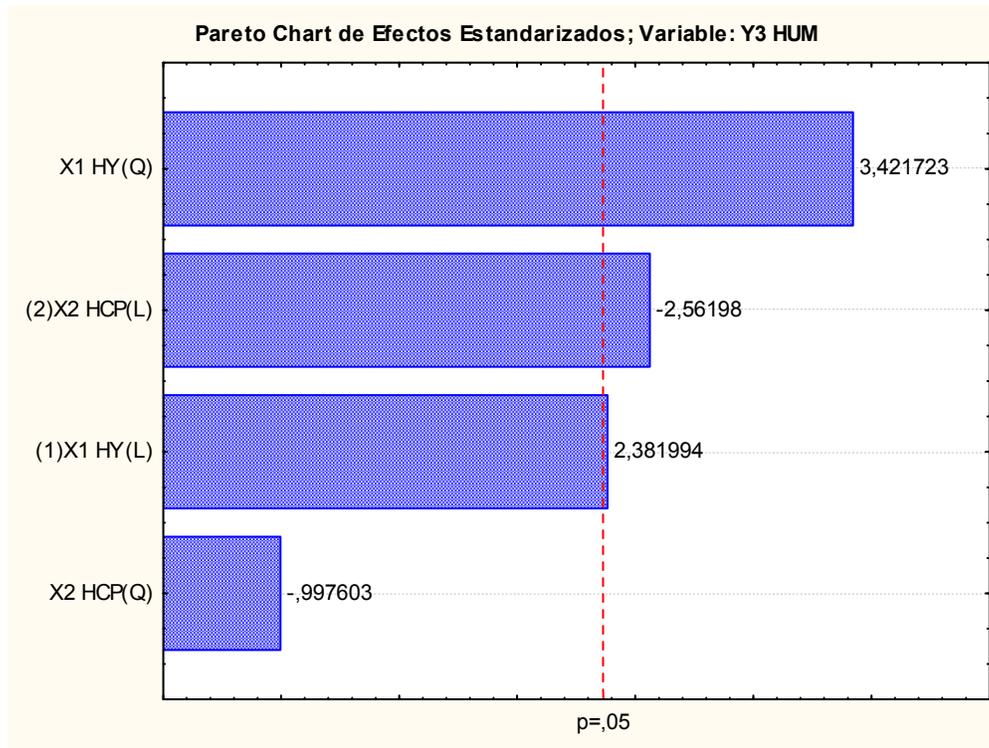


Figura 8. Gráfica de Pareto para la respuesta Humedad.

La grafica de Pareto muestra que el factor más importante en el control de la humedad, es la harina de trigo (X_1), seguido de la harina de cáscara de plátano verde presentando un efecto altamente significativo sobre la respuesta humedad ($p < 0,001$) en el proceso.

IV.1.5.5. Discusión de la optimización multirespuesta de las respuestas: pH, ATT y Humedad con los factores experimentales.

Las técnicas de co-optimización multifactorial-multirespuesta, se realizaron con el software JMP v.4, utilizando el método grafico-matemático dinámico de perfiles de respuestas múltiples, y graficas de deseabilidad co-optimizadas con funciones de control de pérdida de calidad.

En la figura 9, se muestra la relación entre las variables dependientes e independientes, arrojando así, una predicción de mínimos cuadrados apropiado sin optimizar los valores.

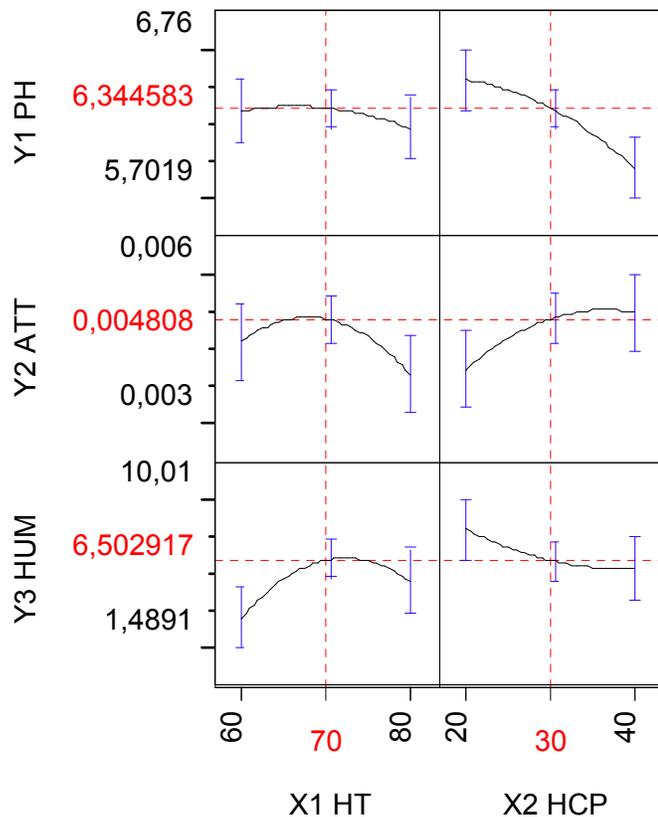


Figura 9. Predicción de los perfiles mínimos cuadrados.

Una vez que el software JMP v.4, ha corrido el modelo se observa el perfil de los mínimos cuadrados para los factores experimentales con sus respuestas, indicando 70 % de harina de trigo (X_1) y 30 % de cáscara de plátano verde (X_2), con un máximo de 6,34 de pH; 0,0048% de acidez titulable total y 6,5% para la respuesta humedad, valores estos que son parecidos o semejantes a de los que presentaron el tratamiento n° 2 (pH = 6,46; ATT = 0,0050% y un valor de humedad = 6,04%.

Una vez obtenida la predicción del perfil de los mínimos cuadrados, se generan los perfiles dinámicos de simulación de las respuestas múltiples o valores co-optimizados ensayados en función de los factores experimentales $X_1 =$ Harina de Trigo y $X_2 =$ Harina de cáscara de plátano, incorporando las gráficas de deseabilidad como se muestra en la figura 10, los cuales arrojaron unos valores co-optimizados para los factores experimentales: pH = 6,34%; 0,0048% de acidez titulable total y humedad = 6,5%, para una deseabilidad de 0,91% de correlación de los datos y el modelo seleccionado.

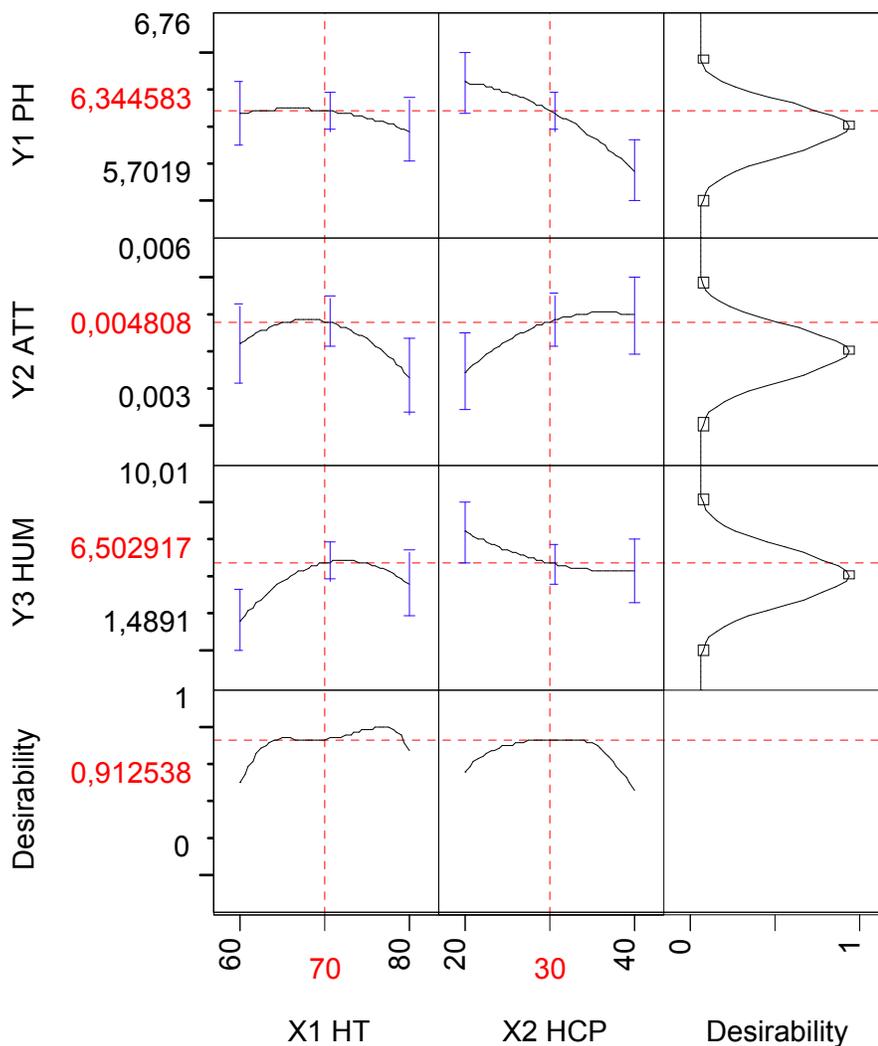


Figura 10. Perfiles de respuestas múltiples y de deseabilidad.

IV.1.5.6. Gráficas de superficie de respuesta.

Respuesta pH.

En la figura 11, se presenta la gráfica de superficie de respuesta para la variable dependiente pH (Y_1). En ella se observa que a niveles medios de harina de trigo, cuando se aumenta la cantidad de harina de cáscara de plátano verde, el pH presente en el tratamiento tiende a bajar.

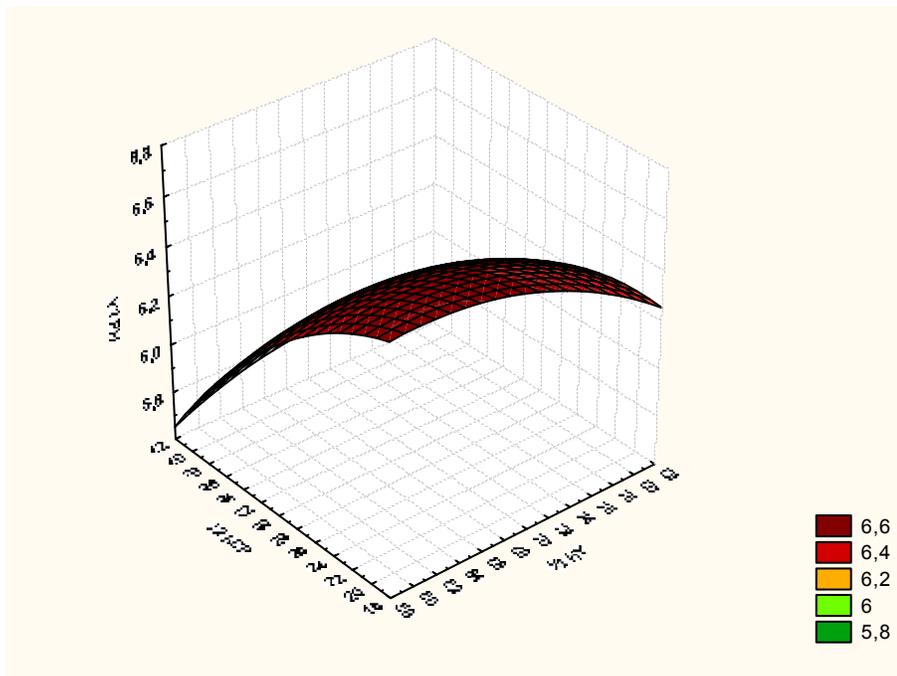


Figura 11. Gráfica de superficie de respuesta pH.

Respuesta Acidez Titulable Total.

En la figura 12, se presenta la gráfica de superficie de respuesta para la variable dependiente acidez titulable total (Y_2). En ella se observa que a niveles medios de

harina de trigo, cuando se aumenta la cantidad de harina de cáscara de plátano verde, aumenta el porcentaje de acidez de las galletas.

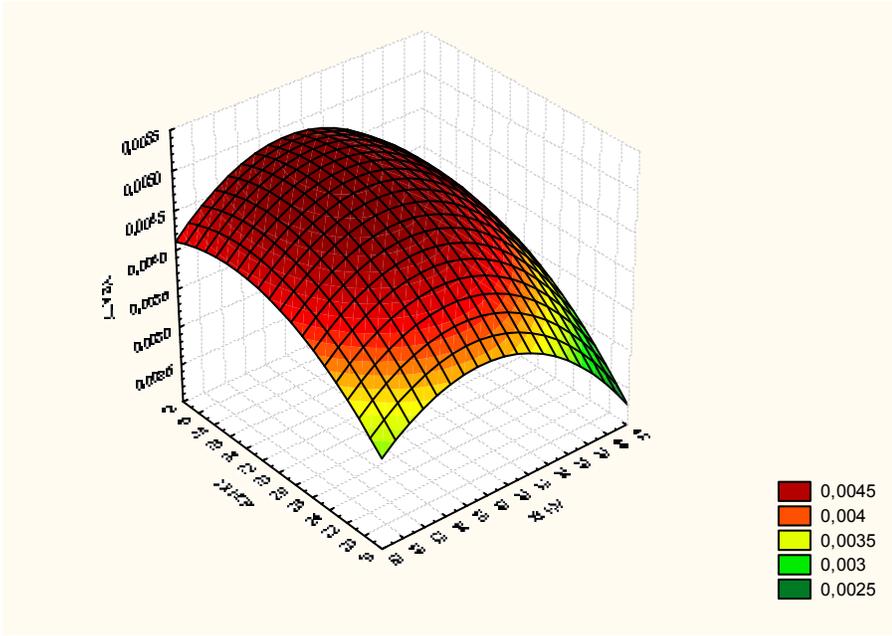


Figura 12. Gráfica de superficie de respuesta ATT.

Respuesta Humedad.

En la figura 13, se presenta la gráfica de superficie de respuesta para la variable dependiente Humedad (Y_3). En ella se observa que a niveles altos de harina de trigo, cuando se disminuye la cantidad de harina de cáscara de plátano verde, disminuye el porcentaje de humedad presente en el tratamiento de las galletas.

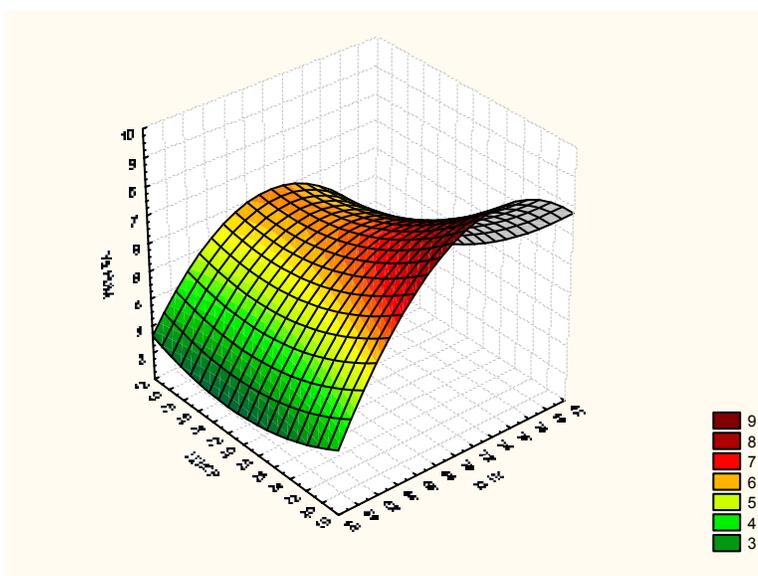


Figura 13. Gráfica de superficie de respuesta Humedad.

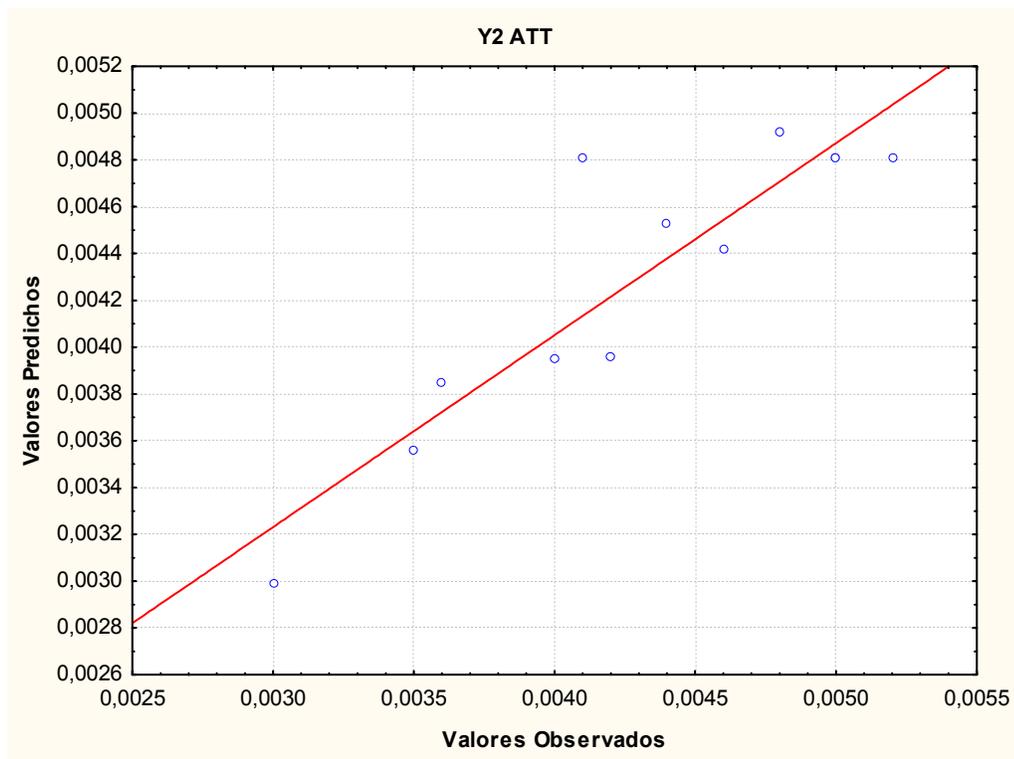
CONCLUSIONES

- En la caracterización fisicoquímica de la materia prima cáscara de plátano (*Musa sapientum*) verde en su estado natural, se obtuvieron valores de °Brix = 5; pH = 6,4; acidez titulable total = 0,1951% y un valor de humedad = 63,87%. Valores estos que se encuentran semejantes dentro de la bibliografía consultada.
- En la estandarización del proceso de obtención de harina de cáscara de plátano verde, se obtuvieron valores de pH = 5,66; acidez titulable total = 0,2404% y un valor de 7,80% de humedad, así como un rendimiento de 59,42%.
- Las pruebas piloto realizadas, determinaron las mejores condiciones de trabajo, estimación de los rangos de los factores experimentales (X_1 = Harina de trigo y X_2 = Harina de cáscara de plátano verde), necesarios para la elaboración de la matriz de diseño estadístico experimental, así, como la familiarización con la metodología de obtención de galletas.
- Generada la matriz de diseño con los valores de los factores experimentales y las respuestas objetos de estudio, se corrió el programa JMP v.4 estimando las gráficas de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente, el anavar, gráficas de Pareto y las gráficas de superficie de respuesta, así, como los perfiles multirespuestas, encontrando condiciones óptimas de obtención de las galletas para el tratamiento n° 2 con un 91% de deseabilidad de correlación de los datos y el modelo seleccionado.

RECOMENDACIONES

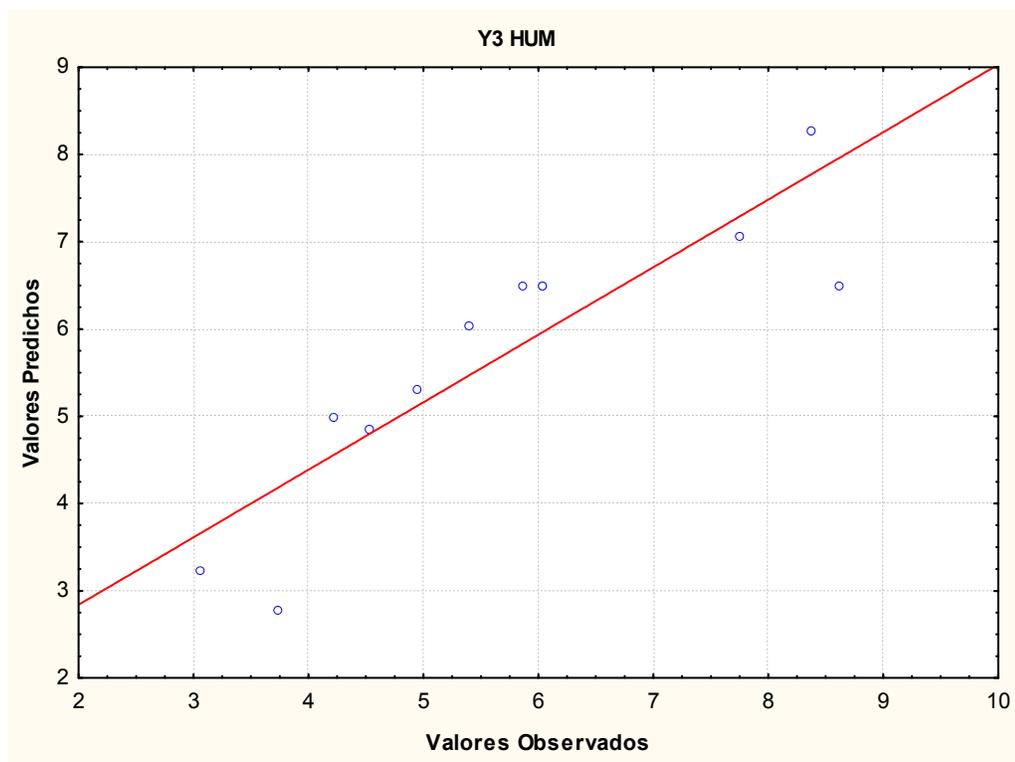
- Se recomienda para estudios posteriores, hacer un análisis sensorial y así determinar la aceptabilidad de galletas obtenidas.
- Se recomienda evaluar el uso de la cáscara de plátano verde en el enriquecimiento de productos alimenticios bajos en proteínas, dándole así un valor agregado a este subproducto de origen vegetal.
- Darle uso a la cáscara de plátano verde en las formulaciones de alimentos que requieran un alto valor nutricional proteico, bajo condiciones de control y estandarización en la elaboración de alimentos.

ANEXO 1



Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta ATT.

ANEXO 2



Gráfica de los valores predichos por el modelo ajustado contra los valores medidos experimentalmente para la respuesta Humedad.

BIBLIOGRAFIA

- Ayala, C., Rivas, G., y Zambrana, C. (2003).** “Estudio proximal comparativo de la cascara y pulpa del plátano (*Musa paradisiaca*) para su aprovechamiento completo en la alimentación humana y animal”. Artículo en línea. Consultado Octubre 2017. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/5595/1/10122377.pdf>
- Arawande, J., y Komolafe, E. (2010).** Antioxidante Potenciales de Plátano y Extractos sobre aceite de palma crudo ,folletos etnobotánicos.2010; 14 : 559-69
Disponible en: <https://www.uv.mx/rm/>
- Ayala, J.F ., Vega, V., Rosas, C ., Palafox , H ., Villa, J.A. ., Wasim , M ., Dávila, J. E. y González, G. A. (2011).** Agropotencial industrial de subproductos de frutas exóticas como fuente de aditivos alimentarios. FoodResearch International. 44: 1866-1874. Disponible en: <http://tirsomestre.blogspot.com/2010/>
- Blasco, G. y Gómez, F. (2014).** Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). Artículo en línea. Consultado, Octubre 2017. Disponible en: <https://www.uv.mx/rm/>
- Desai, D. y Deshpande, P. (1975).** Chemical transformation in three varieties of banana fruits stored ar 20oC. Mysore Journal of al Science, 9:634-638.
Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/>
- Emaga, T., Andrianaivo, R., Whatelet, B., Techango, J., y Paquot, M. (2007).** Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. Food Chemistry. 103(2), 590–600. 17. Clarke W,

Radnidge P, Lai T, Jensen P, Hardin M. Digestion of waste. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/>

Fernández, M., Marrero, M., Zamora, E., Falco, S., Méndez, B., García, M. (1999). Evaluación de harinas obtenidas con platanos burro cemsa (Musa grupo ABB). Alimentaria: revista de tecnología e higiene de los alimentos. 300:75-75. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/>

FAO (2011). Food and Agriculture Organization. . FAOSTAT. Artículo en línea. Consultado, Septiembre 2015. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>

Forsyth, W. (1980).Banana and plantain. In: Tropical and subtropical fruits (S. Nagy y P.E. Shaw, editores). AVI Publishing Co. Westport, p 258-278. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/>

González, M. y Lobo, G. (2010). Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry*.119(3): 1030–39. Disponible en: <https://www.researchgate.net/>.

Halliwell, B. (1989). “Free Radicals in Biology and Medicine,” 2nd Edition, Oxford Science Publications, Clarendon. 1989.

Knapp, F., y Nicholas, H. (1969).Sterols and triterpenes of banana peel. *Phytochemistry*. 8(1), 207–14.

Kudan, M. (1975). Encyclopedia of fruits, vegetables, nuts and seeds for healthful living, Parker Publishers Inc. Hattiesburg Maryland. 1975.

Lousada J. E .; Costa, J. M .; Neiva , J. N .; Rodríguez , N. M. (2006). Caracterización química de la fruta tropical por productos para uso en animales. ed. Revista CiênciaSAgronômicaS . 37:70-76.

Schieber , A .; Stintzing , F. C. y Carle , R. (2001). Por productos de procesamiento de alimentos de origen vegetal como Fuente de compuestos funcionales

Desarrollos recientes. Tendencias en Ciencia de los Alimentos y la tecnología. 12 (11) : 401-413.

Saif M, Hashinada F. (2005). Antibacterial and Antioxidant Activities of Banana (*Musa*, AAA cv. *Cavendish*) Fruits Peel. Faculty of Agriculture. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 2005; 1(3): 125–31.

Simmonds, N. (1973). Los Plátanos. Barcelona España, Editorial Blume. 539p.

Subagio A, Morita N, Sawada S(1996). Los carotenoides y sus ésteres de ácidos grasos en la cáscara del plátano .Revista de Ciencias Nutricionales y Vitaminology. 42 (6) : 553-66 .32 .

Tchobanoglous, G., Tcheisen, H., y Vigil, S. (1993). Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. New York: MCGraw-Hill, p3-22

Brandle JE, Starratt AN, Gijzen M. Stevia rebaudiana: Its agricultural, biological, and chemical properties. *Can J Plant Sci*. 1998;78:527-36.

Chatsudthipong V, Muanprasat C. Stevioside and related compounds: therapeutic benefits beyond sweetness. *PharmacolTher*. 2009;121(1):41-54.

Geuns JM, Bruggeman V, Buyse JG. Effect of stevioside and esteviol on the developing broiler embryos. *J Agric Food Chem*. 2003; 51(17):5162-5167.

Goyal SK, Samsher, Goyal RK. Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *Int J Food SciNutr*. 2010;61(1):1-10.

Kinghorn AD, Soejarto D.D. Intensely sweet compounds of natural origin. *Med Res Rev*. 1989, 9:91-115.

Prakash I, Dubois GE, Clos JF, Wilkens KL, Fosdick LE. Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener. *Food ChemToxicol*. 2008;46(Suppl 7):S75-82.

Tratrakoon 1999

Wölwer-Rieck U. The Leaves of *Stevia rebaudiana* (Bertoni), Their Constituents and the Analyses Thereof: A Review. *J Agric Food Chem.* 2012; 60(4):886-95

Young ND, Wilkens K. Study of temporal profile of rebaudiosideA, aspartame and sucrose in water at room temperature, Unpublished results. Atlanta, GA, USA: The Coca-Cola Company; 2007.

Ojo: PDF Extracción de glucósidos edulcorantes de *Stevia rebaudiana bertoni* por métodos de fluidos supercríticos. <http://www.jonnpr.com/pdf/1390.pdf>

PDF Aspectos nutricionales y metabolismo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni). Una revisión: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n2/v28n2a09.pdf>

PDF: Elaboración de té aromático a base de plantas cedrón (*aloyscitrodora*) y toronjil (*mellisaofficinalis*) procesado con *stevia* (*steviarebaudianabertoni*) endulzante natural, utilizando el método de deshidratación. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/913/1/T-UTC-1222.pdf>

APROVECHAMIENTO DE PULPA Y CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca* spp) PARA LA OBTENCIÓN DE MALTODEXTRINA <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n2/v13n2a09.pdf>

CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa AAB*) COMO UN NUEVO RECURSO DE FIBRA DIETARIA: APLICACIÓN A UN PRODUCTO CÁRNICICO

COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE RESIDUOS POST SELECCIÓN Y HOJAS SECAS PARA EXTRACCIÓN DE STEVIÓSIDOS DE *Stevia rebaudiana* BERTONI. <http://scielo.iics.una.py/pdf/ccv/v7n1/2226-1761-ccv-7-01-00007.pdf>

TRABAJO FIN DE GRADO Bioquímica, farmacología y toxicología de *Stevia rebaudiana* Bertoni. <http://www.bdigital.unal.edu.co/45650/1/1015397077.2013.pdf>

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ALEJANDRO%20GUTIERREZ%20CRUZ.pdf>

Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*)

[:https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf](https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf)

**REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA CÁSCARA DE BANANOS (MUSA PARADISIACA)
Y PLÁTANOS (MUSA SAPIENTUM) PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS
DESTINADOS AL CONSUMO HUMANO. AQUÍ ESTA LA COMPOSICIÓN QUÍMICA
NUTRICIONAL DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO:**

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3666/1/1113.pdf>