



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**FORMULACIÓN, DESARROLLO Y DISEÑO DE UN PRODUCTO A BASE DE PUDÍN DE  
BANANO COMÚN (*Musa sapientum* L) FORTIFICADO CON HIERRO PARA LA  
SUSTENTACIÓN NUTRICIONAL DE NIÑOS DE DOS A DIEZ AÑOS**

**María Isabel Cienfuegos Bonilla**

Asesorado por el Ing. Rolando Alexander Gómez Girón

Guatemala, enero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FORMULACIÓN, DESARROLLO Y DISEÑO DE UN PRODUCTO A BASE DE PUDÍN DE  
BANANO COMÚN (*Musa sapientum* L) FORTIFICADO CON HIERRO PARA LA  
SUSTENTACIÓN NUTRICIONAL DE NIÑOS DE DOS A DIEZ AÑOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARÍA ISABEL CIENFUEGOS BONILLA**

ASESORADO POR EL ING. ROLANDO ALEXANDER GÓMEZ GIRÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, ENERO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**FORMULACIÓN, DESARROLLO Y DISEÑO DE UN PRODUCTO A BASE DE PUDÍN DE BANANO COMÚN (*Musa sapientum* L) FORTIFICADO CON HIERRO PARA LA SUSTENTACIÓN NUTRICIONAL DE NIÑOS DE DOS A DIEZ AÑOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha febrero de 2013.

  
**María Isabel Cienfuegos Bonilla**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 30 de Octubre de 2013

Ingeniero  
Víctor Manuel Monzón Valdez  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Ingeniero Monzón:

Por medio de la presente HAGO CONSTAR que he revisado y dado mi aprobación del Informe final de trabajo graduación titulado "FORMULACIÓN, DESARROLLO Y DISEÑO DE UN PRODUCTO A BASE DE PUDÍN DE BANANO COMÚN (*Musa sapientum* l) FORTIFICADO CON HIERRO PARA LA SUSTENTACIÓN NUTRICIONAL DE NIÑOS DE DOS A DIEZ AÑOS", de la estudiante de Ingeniería Química María Isabel Cienfuegos Bonilla quien se identifica con el carné número 2008-22391.

Sin otro particular, me suscribo a usted.

Atentamente,

Ing. Rolando Alexander Gómez Girón

Asesor

Colegiado No. 1373

**Alexander Gomez**  
INGENIERO QUIMICO  
COLEGIADO No. 1373



Guatemala, 25 de noviembre de 2013  
Ref. EI.Q.TG-IF.083.2013

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-017-2013-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

### INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **María Isabel Cienfuegos Bonilla.**

Identificada con número de carné: **2008-22391.**

Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA.**

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

### FORMULACIÓN, DESARROLLO Y DISEÑO DE UN PRODUCTO A BASE DE PUDÍN DE BANANO COMÚN (*Musa sapientum* L) FORTIFICADO CON HIERRO PARA LA SUSTENTACIÓN NUTRICIONAL DE NIÑOS DE DOS A DIEZ AÑOS

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Rolando Alexander Gómez Girón.**

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ACREDITADO POR  
Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería  
Período 2009 - 2015





Ref.EIQ.TG.007.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **MARÍA ISABEL CIENFUEGOS BONILLA** titulado: **"FORMULACIÓN, DESARROLLO Y DISEÑO DE UN PRODUCTO A BASE DE PUDÍN DE BANANO COMÚN (MUSA SAPIENTUM I) FORTIFICADO CON HIERRO PARA LA SUSTENTACIÓN NUTRICIONAL DE NIÑOS DE DOS A DIEZ AÑOS"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.



Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, enero 2014

Cc: Archivo  
VMMV/ale



DTG. 027.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **FORMULACIÓN, DESARROLLO Y DISEÑO DE UN PRODUCTO A BASE DE PUDÍN DE BANANO COMÚN (Musa sapientum I) FORTIFICADO CON HIERRO PARA LA SUSTENTACIÓN NUTRICIONAL DE NIÑOS DE DOS A DIEZ AÑOS**, presentado por la estudiante universitaria: **María Isabel Cienfuegos Bonilla**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 28 de enero de 2014

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por estar junto a mí en cada etapa de mi vida. Siendo la luz que ilumina mi camino, dándome la fuerza para seguir adelante y bendecir mi vida constantemente. Lo más importante en mi vida eres tú. Ya que solo junto a ti soy realmente feliz.

### **Mi padre**

Luis Roberto Cienfuegos, por ser ejemplo de perseverancia, amor, viveza y fortaleza. Por siempre demostrarme su apoyo incondicional, amor y fe en mí, formándome como una persona con integridad y moral

### **Mi madre**

Sonia Bonilla de Cienfuegos, la mayor influencia en mi vida cuyos consejos y su total entrega hacia sus hijos, siempre me inspiran a ser mejor cada día. Gracias por su infinito amor.

### **Mis hermanos**

Karla María, Luis Eduardo y Andrea Lucía Cienfuegos; por cuidarme y ayudarme en cada obstáculo, ser mis confidentes y ejemplos de vida. Los amo y los admiro mucho.

**Mi mejor amigo**

Paulo Cesar Garrido, por ser mi apoyo, mi amigo y confidente, él que me dio la fuerza para perseverar. Gracias por tu paciencia y por siempre lograr hacerme sonreír.

**Mis abuelos**

Luis Augusto Cienfuegos y Haydee de Cienfuegos, Gustavo y Yolanda Bonilla; que siempre me ha inspirado aún después de su muerte.

**Mis tíos**

Porque a pesar de la lejanía me han demostrado amor e interés por mi bienestar, constantemente al pendiente de mí.

**Mis primos**

Por hacerme ver que las cosas buenas de la vida se alcanzan con valores e integridad, siempre teniendo el amor a Dios como prioridad.

**Mis amigos**

Por compartir risas, tristezas, enojos, desvelos, y porque por ustedes durante mi carrera nunca me sentí sola, llegaron a ser mis confidentes y mis maestros. Ustedes hicieron esta experiencia alegre y totalmente memorable.

**Mis catedráticos**

Por esmerarse y querer enseñar de la mejor manera. Esforzándose para formar a los profesionales del futuro.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por cuidarme y guiarme hacia las oportunidades con las que me bendice.
<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de ser parte de tan magnífica institución.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme las herramientas para lograr ser una profesional consiente y exitosa, la cual se siente muy orgullosa de su carrera y de poder profesarla.
<b>Mis padres</b>	Porque con su sacrificio y dedicación se aseguraron de que nunca me faltara nada.
<b>Alimentos Regia S. A.</b>	Por brindarme los recursos, la atención y su fe para realizar el proyecto.
<b>Mi asesor</b>	El Ing. Alexander Gómez que me apoyó y confió en mí para realizar el proyecto, encaminándome con paciencia para elaborarlo de manera eficiente.
<b>Inga. Marisabel Morales</b>	Quien con su experiencia, me asesoró y ayudó en la realización del proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
Hipótesis.....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1.    MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1.    Antecedentes.....	1
1.2.    Justificación .....	3
1.3.    Determinación del problema.....	4
1.3.1.    Definición .....	5
1.3.2.    Delimitación .....	5
2.    MARCO TÉORICO.....	7
2.1.    Bananas en Guatemala.....	7
2.2.    Exportación de banano.....	7
2.3.    Generalidades del banano.....	10
2.3.1.    Características del banano .....	10
2.3.2.    Clasificación taxonómica .....	10
2.3.3.    Componente nutricional del banano .....	11
2.3.4.    Contenido de minerales.....	11
2.4.    Métodos de análisis de alimentos.....	12
2.4.1.    Análisis proximal.....	12

2.4.2.	Métodos físicos de análisis de alimentos .....	13
2.5.	Aporte nutricional del banano en Guatemala .....	13
2.6.	Necesidad vitamínica de hierro en los niños .....	14
2.7.	Fundamentos para la fabricación de un producto alimenticio a nivel industrial .....	15
2.7.1.	Formulación del producto .....	15
2.7.2.	Evaluación microbiológica .....	16
2.7.3.	Evaluación organoléptica .....	16
2.7.3.1.	Análisis descriptivo .....	16
2.7.3.2.	Análisis discriminantes .....	17
2.7.4.	Evaluación económica .....	18
2.8.	Almacenamiento y expedición del producto final .....	18
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	21
3.1.	Variables .....	21
3.1.1.	Variables dependientes .....	23
3.1.2.	Variables independientes .....	24
3.2.	Delimitación de campo de estudio.....	24
3.3.	Recursos humanos disponibles .....	25
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	25
3.4.1.	Materia prima y reactivos de la fase experimental ..	26
3.4.2.	Cristalería de la fase experimental .....	26
3.4.3.	Equipos de la fase experimental .....	27
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	29
3.5.1.	Preparación para la base del producto.....	30
3.5.2.	Preparación de formulaciones del producto .....	30
3.5.3.	Preparación para el análisis organoléptico descriptivo cuantitativo y discriminante .....	31
3.5.4.	Preparación de pruebas fisicoquímicas.....	31

	3.5.4.1.	Calibración potenciómetro .....	32
	3.5.4.2.	Preparación de soluciones para evaluación microbiológica.....	32
3.6.		Recolección y ordenamiento de la información .....	35
	3.6.1.	Elaboración de formulaciones.....	35
	3.6.2.	Determinación de pH .....	36
	3.6.3.	Determinación de los grados Brix .....	37
	3.6.4.	Análisis de consistencia.....	37
	3.6.5.	Evaluación microbiológica .....	38
	3.6.5.1.	Recuento bacteriano.....	39
	3.6.5.2.	Recuento de hongos, mohos y levaduras .....	40
	3.6.5.3.	Recuento de Coliformes y E. coli.....	41
	3.6.5.4.	Tinción de Gram .....	42
3.7.		Análisis estadístico .....	44
	3.7.1.	Tamaño del muestreo.....	44
	3.7.2.	Análisis estadístico .....	45
3.8.		Plan de análisis de los resultados .....	49
	3.8.1.	Presentación técnica .....	49
	3.8.2.	Métodos y modelos de datos según tipo de variable .....	49
	3.8.3.	Programas a utilizar para análisis de datos .....	49
4.		RESULTADOS .....	51
	4.1.	Resultados de evaluación descriptiva .....	52
	4.2.	Resultados de la evaluación discriminante.....	54
	4.3.	Resultados de la calidad nutricional del pudín de banano mediante análisis fisicoquímicos y de estabilidad para cada formulación .....	55

4.4.	Determinación del diseño del proceso de elaboración de pudín de banano .....	59
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	61
	CONCLUSIONES.....	65
	RECOMENDACIONES .....	67
	BIBLIOGRAFÍA.....	69
	APÉNDICES.....	73
	ANEXOS.....	87

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Principales exportadores de banano .....	9
2.	Diseño general .....	29
3.	Evaluación descriptiva de la formulación núm. 1 partir de banano con cáscara en forma de pudín de banano .....	52
4.	Evaluación descriptiva de la formulación núm. 2 a partir de banano con cáscara en forma de pudín de banano .....	53
5.	Evaluación descriptiva de la formulación núm. 3 a partir de banano con cáscara en forma de pudín de banano .....	53
6.	Evaluación discriminante de las formulaciones de pudín de banano con cáscara a diferentes porcentajes en peso de banano .....	54
7.	Diagrama de flujo del proceso para la obtención de pudín de banano a partir de banano con cáscara fortificada hierro .....	59
8.	Diagrama de flujo del proceso para la obtención de pudín de banano a partir de banano con cáscara fortificada hierro .....	60

### TABLAS

I.	Definición operacional de las variables, para la formulación de pudín de banano, caracterización química, microbiológica y de estabilidad .....	21
II.	Definición operacional de las variables, para la formulación de pudín de banano, caracterización química, microbiológica y de estabilidad .....	22



III.	Formulaciones de pudín de banano.....	24
IV.	Datos típicos para el diseño de bloques al azar .....	45
V.	Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio .....	47
VI.	Resultados del análisis de varianza.....	48
VII.	Porcentaje de rendimiento en peso para la formulación pudín de banano .....	51
VIII.	Evaluación de la inocuidad de las formulaciones de pudín de banano a partir de banano mediante análisis microbiológicos para un período de 9 meses .....	55
IX.	Calidad nutricional del pudín de banano 30% de banano con ácido ascórbico .....	56
X.	Calidad nutricional del pudín de banano 35% de banano con ácido ascórbico .....	56
XI.	Calidad nutricional del pudín de banano a 40% de banano con ácido ascórbico .....	57
XII.	Calidad nutricional del pudín de banano 30% de banano con ácido cítrico .....	57
XIII.	Calidad nutricional del pudín de banano 35% de banano con ácido cítrico .....	58
XIV.	Calidad nutricional del pudín de banano 40% de banano con ácido cítrico .....	58

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>PH</b>	Acidez de una solución
<b>BPE</b>	Buenas prácticas de elaboración y distribución
<b>hp</b>	Caballos de fuerza
<b>cm</b>	Centímetro
<b>°Brix</b>	Grados Brix
<b>C</b>	Grados Celsius de temperatura
<b>gr</b>	Gramo
<b>hz</b>	Hertz
<b>hr</b>	Hora
<b>Kc</b>	Kilocaloría
<b>l</b>	Litros
<b>&lt;</b>	Menor que
<b>m</b>	Metro
<b>mg</b>	Miligramo
<b>ml</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minuto
<b>%</b>	Por ciento
<b>SCD</b>	Suma de los cuadrados de los grupos
<b>SCE</b>	Suma de los cuadrados entre grupos
<b>UFC</b>	Unidad formadora de colonia
<b>V</b>	Voltio
<b>W</b>	Watt



## GLOSARIO

- Aceptabilidad/vida útil** Evaluación de producto midiendo que no contenga niveles de microorganismos suficientes para convertirlo en alterado desde el punto de vista organoléptico, en un tiempo inadmisiblemente corto.
- Aditivos** Sustancia que sin constituir por sí misma un alimento, se agrega a los alimentos y bebidas en cantidades mínimas con objetivo de modificar sus caracteres organolépticos o facilitar o mejorar su proceso de elaboración o conservación.
- Análisis de acidez** Es un análisis químico que se puede realizar en prácticamente donde sea, en sólo unos pasos y no más de un par de minutos, para que no sea necesario llevar una muestra al laboratorio.
- Análisis de estabilidad** Evaluar el producto tenga una calidad constante cada vez que se produzca respecto a su consistencia y sabor.
- Análisis microbiológico** Inspección que permite valorar la carga microbiana. Determina los puntos de críticos de riesgo de contaminación o multiplicación microbiana y evitarlos siguiendo un código estricto de Buenas Prácticas de Elaboración y Distribución del alimento (BPE).

**Análisis organoléptico** Es una función que la persona realiza desde la infancia y que le lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos.

**Análisis proximal** Análisis de componentes de los alimentos como humedad, cenizas, grasa, proteína; está diseñado para simular el proceso de la digestión. Una digestión ácida es seguida por una digestión alcalina. La mayoría de los requisitos legales para productos alimenticios se basan en él.

**Calidad de alimentos** Conjunto de cualidades que hacen aceptables los alimentos a los consumidores. Estas cualidades incluyen tanto las percibidas por los sentidos (cualidades sensoriales):sabor, olor, color, textura, forma y apariencia, tanto como las higiénicas y químicas.

**Fortificación de hierro** Estrategia efectiva para luchar contra la deficiencia de micronutrientes mediante la adición de promotores de la absorción o la eliminación o disminución de los inhibidores, de ser posible.

<b>Gomas</b>	Son exudados formados en el sitio de heridas de las plantas, constituyen un grupo complejo de polisacáridos que contienen ácido glucurónico y galacturónico así como xilosa, galactosa y manosa, fundamentalmente, sirven para espesar productos.
<b>Grados Brix</b>	Escala que se utiliza para determinar el cociente total de sacarosa o sal disuelta en un líquido, es la concentración de sólidos- solubles. La escala Brix se utiliza en el sector de alimentos, para medir la cantidad aproximada de azúcares en zumos de fruta.
<b>Inocuo</b>	Producto que no contiene patógenos o toxinas que causen trastornos.
<b>Lípido</b>	Son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono e hidrógeno y generalmente, en menor proporción, oxígeno. También pueden contener fósforo, nitrógeno y azufre.
<b>Materia prima</b>	La materia prima utilizada es el banano denominado de rechazo no utilizado para la exportación como fruta fresca, aunque conserva todas las características propias del banano de exportación. Se utiliza también ácido ascórbico y ácido cítrico como aditivos.

**Período de incubación** Tiempo comprendido entre la exposición a un organismo químico, radiación patogénicos y cuando los signos y síntomas aparecen por primera vez.

**Proteínas** Son los principales compuestos nitrogenados que existen en los alimentos. Son moléculas complejas constituidas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y, a veces, también otros elementos como azufre, hierro, cobre, fósforo y zinc.

**Puré de banano** Producto cremoso, homogéneo, de sabor, color y aroma similares a los del fruto del cual proviene, que se obtiene por maceración, puede o no contener aditivos químicos. Rico en vitaminas, fibras y carbohidratos con 23° Brix.

**Vitamina C** Ácido L-ascórbico, ascorbato o simplemente (el anión de ácido ascórbico), es un nutriente esencial para los seres humanos y ciertas otras especies de animales. El ascorbato y el ácido ascórbico, interconvierten formas de acuerdo con el pH.

## RESUMEN

El propósito del presente trabajo de graduación es formular y desarrollar un pudín de banano común ( *Musa sapientum* L), fortificado con hierro mediante la elaboración de distintas fórmulas, con diferentes porcentajes de rendimiento de banano, ya sea con cáscara o sin cáscara, empleando aditivos que regulan la acidez de la solución (pH) y mantienen un color atractivo al cliente, también se evaluó la aceptabilidad del mercado objetivo, mediante análisis organolépticos aptos para el consumidor, generando de esta manera un producto de alto contenido nutritivo que logre sustentar a niños de dos a diez años.

El banano utilizado como materia prima se obtuvo de una bananera guatemalteca, aprovechando el banano de exportación que no logra llegar a su destino, debido a su avanzada etapa de madurez, reduciendo así su costo total de materia prima y generando mayores beneficios.

Se realizaron analizaron proximales para evaluar el contenido nutricional del banano ya sea con cáscara o sin cáscara y su variación organoléptica, a partir de esto se determinó cuál de ellos es más viable como base del producto, el banano con cáscara resultó siendo el más factible debido a su mayor contenido nutricional, el mayor aprovechamiento de banano sin variar demasiado sus características organolépticas y la factibilidad de su molienda.



Luego se realizaron las formulaciones del pudín de banano utilizando un diseño factorial con tres porcentajes en peso de banano distintos (30, 35 y 40) y dos diferentes tipos de evasores microbiológicos, ejecutando 5 observaciones para hacer un total de 30 unidades experimentales.

A las diferentes formulaciones de pudín se le realizaron pruebas fisicoquímicas, siendo estas, pruebas de acidez y grados Brix, también se efectuaron análisis de estabilidad y microbiológicos, análisis de consistencia, y el recuento de colonias a partir de un período de incubación de nueve meses, cuyos resultados determinaron que todas las formulaciones se encontraban en los rangos estándares de calidad.

Para determinar la fórmula con mayor aceptabilidad del mercado objetivo, se realizaron análisis organolépticos, descriptivos cuantitativos y discriminantes, los cuales presentaron que la formulación elegida fue la que toma como base 35 por ciento de banano, esto debido a su buena consistencia y sabor.

## OBJETIVOS

### General

Formular, desarrollar y diseñar un producto de calidad con alto porcentaje en peso de banano común (*Musa sapientum* L), fortificado con hierro para la sustentación nutricional de niños de dos a diez años de bajo costo, que sea atractivo al mercado del consumidor.

### Específicos

1. Determinar el porcentaje de rendimiento en peso para la formulación pudín de banano mediante balances de masa, que sea atractivo al mercado del consumidor acorde a análisis organolépticos descriptivo cuantitativo y discriminante.
2. Evaluar la inocuidad y calidad nutricional del pudín de banano mediante análisis microbiológicos y de estabilidad.
3. Diseñar un proceso que permita obtener pudín de banano formulado de una manera óptima y económica.

## **Hipótesis**

Existe una variación entre la inocuidad, calidad nutricional y las características organolépticas adecuadas para el mercado del consumidor para cada formulación, desarrollo y diseño de pudín de banano elaborado, lo cual se puede comprobar, por medio del análisis de datos obtenidos de las distintas técnicas de análisis tanto microbiológicas, fisicoquímicas, organolépticas y de estabilidad.

### Hipótesis nula

Existe diferencia significativa entre la calidad nutricional e inocuidad de la formulación y los aditivos utilizados.

### Hipótesis alternativa

No existe diferencia significativa entre la calidad nutricional e inocuidad de la formulación y los aditivos utilizados.

## INTRODUCCIÓN

Guatemala se ubica como el octavo exportador de banano a nivel mundial, representando el cinco por ciento de las exportaciones mundiales. A la vez, es el principal proveedor para Estados Unidos, y participando con el veintiocho por ciento de las importaciones de banano de ese país. Las exportaciones se han destinado en un ochenta y dos por ciento principalmente a Estados Unidos y las importaciones de Honduras, Ecuador y Estados Unidos, aunque estas son mínimas. Otros mercados principales son Islas Vírgenes Británicas las cuales no son del todo el destino final de estos embarques si no un punto de trasbordo para continuar hacia otros destinos como puede ser Europa.

Todos estos mercados de exportación exigen estándares altos de calidad, como cierta etapa de madurez del banano para que logre aceptar su venta en el consumo externo. Por lo que pasan por un proceso riguroso de selección y rechazo. Gran cantidad del producto rechazado se pierde, ya que la demanda interna no es lo suficientemente alta para absorberla. Deben de existir nuevas alternativas de desarrollo para diversificar su uso en la sustitución de productos derivados, beneficiando la economía nacional.

El banano es rico en carbohidratos y fibra, el cual apoya el crecimiento de bacterias beneficiosas en el colon. Los micronutrientes que más se encuentran en el banano son el potasio, el magnesio y el ácido fólico, cada uno de ellos con importantes funciones en nuestro organismo. Adicionalmente, se encuentran taninos, que tienen propiedades con acción astringente.

Esta fruta es muy recomendada para los niños, los jóvenes, los adultos, los deportistas, las mujeres embarazadas o madres lactantes y las personas mayores, debido a que es una fruta que posee cantidades importantes de nutrientes indispensables para el buen funcionamiento del organismo, por lo que su mercado es bastante amplio.

El presente trabajo se basa en el desarrollo de un pudín de banano de calidad enfocado al aprovechamiento de banano de exportación que no logra llegar a su destino, reduciendo así su costo total de materia prima y generando mayores beneficios, como es la sustentación nutricional de niños de dos a diez años de manera económica.

# 1. MARCO CONCEPTUAL

Guatemala al ser productor de frutas tropicales, por obvias razones, tiene una alta demanda para la exportación de frutas entre ellos el banano, pero gran parte de este no cubre los procesos rigurosos para su exportación, por lo cual surge la necesidad de generar productos derivados y ampliar su mercado.

## 1.1. Antecedentes

Los estudios realizados del banano abarcan diferentes aspectos del mismo, realizados a lo largo de los años en vista de la importancia de esta fruta en la economía de muchos países productores del mismo. Por lo que se encuentran investigaciones que denotan el tipo de banano que se produce en Guatemala, sus características, contenido nutricional de proteínas, carbohidratos, beneficios de su consumo.

En el 2004, en Bogotá, D.C., la microbióloga industrial de nutrición y dieta, Luisa Fernanda Casallas Malaver de la Facultad de Ciencias Pontificia de la Universidad JAVERIANA, elaboró un estudio basado en la evaluación del análisis fisicoquímico del banano común (*Musa sapientum* L) transformando por acción de levadura *Candida guilliermondii*. En el cual se da conocimiento acerca de métodos de análisis de alimentos, como es el análisis proximal, este sistema está diseñado para simular el proceso de la digestión. Una digestión ácida es seguida por una digestión alcalina.

La mayoría de los requisitos legales para productos alimenticios se basan en análisis mediante este sistema. Por lo que el desarrollo de un nuevo producto debe contar con un laboratorio que trabaje con alimentación de ganado y experimentos de nutrición, con equipo para el sistema de análisis proximal.

En agosto de 2005, la nutricionista Luz del Carmen Santiago Roldán de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizó su trabajo de graduación, llamado: *Valor nutritivo de la harina de banano verde, en el cual se denota los aspectos agrícolas de cultivo de banano y su composición química*. También se hace énfasis al estudio de la maduración de banano, lo cual contribuye a la determinación de la razón del rechazo de banano para exportación.

Existen estudios previos sobre exportaciones de banano de Guatemala a países industrializados como también planes de exportación de nuevos productos a partir de banano, pero estos denotan un mayor énfasis en el análisis de factibilidad, tales como:

En el 2002, María Eugenia Suarez Bareiro y Glenda Sulando Crespo Roca efectuaron su trabajo de graduación en el Instituto de Ciencias Humanísticas y económicas, de la Escuela Politécnica del Litoral denominado: *Jaleas de banano a partir de banano de desecho*. En el que realizaron estudios preliminares de la razón del rechazo de banano de exportación y su estudio de factibilidad industrial, económico y financiero para el lanzamiento de jaleas de banano a nivel industrial presentando resultados positivos que denotan que el desarrollo de productos a partir de banano tiene factibilidad económica.

En el 2004, en Quito (Ecuador), la ingeniera Verónica Elizabeth Jacome López de la Escuela de Comercio de Exterior e Integración, de la Facultad de Ciencias Económicas realizó su trabajo de graduación denominado: *Plan de exportación del puré de banano al mercado japonés*, en el que presenta un estudio técnico de la factibilidad económica de exportar productos a partir de banano, la capacidad instalada actual, una descripción resumida del proceso y la tecnología utilizada para su elaboración.

Sin embargo no hay estudios sobre la formulación y desarrollo de alternativas de productos a partir de banano de rechazo de exportación desde su caracterización química, organoléptica y microbiológica.

## **1.2. Justificación**

El banano de exportación de Guatemala a Estados Unidos y Europa tiene parámetros estrictos de calidad, por lo que las industrias bananeras pasan un proceso riguroso de selección y rechazo. Un alto porcentaje del banano rechazado se encuentra en condiciones aceptables para su consumo, ya que la razón de su rechazo se encuentra en el aspecto físico de la cáscara o por tener un estado de madurez que se excede al requerido para pasar las fronteras y llegar a su mercado objetivo, por lo desafortunadamente es desperdiciado, debido a que la demanda interna no es lo suficientemente alta para absorberla.

Por tal razón, surge la necesidad de formular un producto que aproveche dicha materia prima nacional de calidad, el cual se obtendrá mediante los productores de plantaciones bananeras nacionales a bajo costo, aplicándolo en el desarrollo de productos industriales de consumo interno, el cual busca recuperar parte de su inversión y generar ganancias propias.



Es necesario seleccionar el mercado apto para el producto, siendo altamente competitivo atrayendo al consumidor, y de esta forma, obtener mayores utilidades.

El producto formulado es un pudín de banano el cual se enfoca en su alto contenido en peso de banano para su mayor aprovechamiento y bajo costo, fortificado con hierro, que logre sustentar y agradar al mercado objetivo, niños de dos a diez años.

Se evaluó la calidad del mismo mediante diversos análisis organolépticos para seleccionar la fórmula más apropiada y se realizaron pruebas microbiológicas y de estabilidad, que determinen el tiempo de vida útil y toda la variación en los parámetros de calidad que esta posee.

El resultado de la presente investigación tiene una aplicación directa en la salud alimenticia de niños de nuestro país. La misma busca; la reducción de costos por parte de la materia prima, para que su precio sea apto para el consumo de clases socioeconómicas bajas y aun así viable en términos de monetarios para los inversionistas, ampliando de misma forma el mercado de la materia prima nacional.

### **1.3. Determinación del problema**

Existe una alternativa para el aprovechamiento de banano, mediante el desarrollo de un producto a partir de él, el cual tendrá bajo costo de materia prima y operación.

### **1.3.1. Definición**

La aplicación de una formulación de pudín de banano cuyo objetivo sea la sustentación alimenticia de niños de dos a diez años es escasa y más que nada elaborado por marcas internacionales, por lo que no es accesible para la mayoría de la población guatemalteca. Su desarrollo se enfoca en disminuir los costos de materia prima y aumentar la salud alimenticia de las clases socioeconómicas bajas, que satisfaga la necesidad vitamínica de hierro, con materia prima nacional.

Se realizó la investigación y el desarrollo para el proceso de formulación, elaboración, análisis organoléptico, microbiológico y de estabilidad, según el porcentaje en peso de rendimiento de banano y con o sin cáscara, cuyo sabor y contenido nutricional logre atraer al consumidor, cuyo proceso sea factible económicamente al producirlo industrialmente.

### **1.3.2. Delimitación**

El desarrollo del pudín se trabajó con banano con o sin cáscara, determinando por análisis proximales el más adecuado según su porcentaje de carbohidratos, fibra, proteínas y cenizas. Tres porcentajes en peso de rendimiento de banano obtenidos mediante balances de masa, eligiendo el que denotó el análisis organoléptico, que mejor se adaptó al mercado del consumidor (niños de dos a diez años).

Se utilizó como vehículo de la formulación; agua y materia prima proveniente de una bananera guatemalteca. Se realizaron seis muestras de banano y cinco observaciones para cada muestra, para hacer un total de treinta formulaciones experimentales.



## **2. MARCO TEÓRICO**

El desarrollo de un producto derivado del banano para la sustentación nutricional de niños, con lleva a un estudio de la obtención del banano, el contenido nutricional del banano, la necesidad vitamínica de niños, su evaluación microbiológica, organoléptica y económica.

### **2.1. Bananeras en Guatemala**

El banano en Guatemala contribuye de forma fundamental a la economía del país y es una importante fuente de ingresos de exportación y de empleo. Durante décadas, Guatemala ha tenido la superficie plantada más estable de todos los países exportadores de banano de América Latina, lo que ha permitido que la productividad de las tierras aumente gradualmente.

Existen distintas plantaciones de banano en Guatemala, cabe mencionar: La Frutera, que manejan específicamente variedades como lo son: Williams, el Gran Enano, William Haffa y Valerie con un sistema de comercialización eficiente y organizada.

### **2.2. Exportación de banano**

En Guatemala desde los años sesenta hasta comienzos de los noventa aumentó su producción a un ritmo moderado del uno por ciento anual, pero luego se incrementó rápidamente durante los años noventa a una tasa del cinco por ciento anual.

Cabe destacar un traslado más reciente de la superficie plantada para la producción de banano en la costa oeste en tierras dedicadas anteriormente al cultivo de azúcar, para tener así un acceso fácil a los mercados de la costa oeste de los EE. UU.

El banano en Guatemala es la tercera fuente en importancia de ingresos procedentes de la exportación agrícola, después del café y el azúcar. Las exportaciones de banano se han incrementado de forma constante a un ritmo del 5,4 por ciento anual desde los años sesenta, pero la mayor parte del aumento se produjo en los noventa. Las perspectivas de expansión futura de la producción y las exportaciones de banano son confusas.

Los obstáculos más importantes para el aumento de la producción y las exportaciones son el transporte y la infraestructura de las comunicaciones, que no está previsto mejorar en este decenio debido al bajo rendimiento de la economía.

Guatemala es el principal proveedor de bananos para Estados Unidos, reportando la importación de casi cuatrocientos setenta y cuatro millones. En el 2008 y cubriendo así el veintiocho por ciento de las importaciones por banano del país.

De los cinco principales compradores a nivel mundial de banano, además de Estados Unidos, Guatemala es proveedor también para Reino Unido y Alemania. Colombia, Costa Rica y Ecuador son otros importantes proveedores para los cinco principales compradores de banano a nivel mundial.

Guatemala se ubica como el octavo exportador de banano a nivel mundial, habiendo exportado en el 2008 trescientos cuarenta y ocho millones al mundo, lo cual representa el cinco por ciento de las exportaciones mundiales de banano.

Figura 1. **Principales exportadores de banano**



Fuente: depósitos de documentación del Departamento de agricultura, nutrición, protección al consumidor FAO.[en línea]:<http://www.fao.org/documents>. Consultado: 1 de diciembre de 2012.

Estados Unidos es el principal destino de las exportaciones por concepto de banano guatemalteco, exportándole Guatemala en el 2008 el ochenta y dos por ciento del total de sus exportaciones. Si bien el nivel de crecimiento del 2002 al 2008 con este mercado puede ser considerado alto (veintidós por ciento), continua siendo el mercado más importante para esta categoría de productos.

## **2.3. Generalidades del banano**

El banano es el cuarto cultivo de fruta más importante del mundo y es considerado una parte esencial de la dieta diaria para los habitantes de más de cien países tropicales y subtropicales por ser una buena fuente de carbohidratos. El banano común es una especie frutal, el fruto puede tener entre ochenta a ciento veinte gramos de peso.

Este fruto se caracteriza por ser de forma curvilínea, color amarillo, sabor dulce, textura dura. Nutricionalmente es considerado un alimento altamente energético, con hidratos de carbono fácilmente asimilables, pero pobre en proteínas y lípidos.

### **2.3.1. Características del banano**

La madurez, grados Brix, peso, diámetro, longitud y el color son factores muy importantes que ayudan a determinar, si la materia prima a usarse está dentro de los parámetros de calidad y esto permitirá la obtención de un producto en buen estado con mayor durabilidad y con excelentes propiedades nutricionales.

### **2.3.2. Clasificación taxonómica**

La madurez, grados Brix, peso, diámetro, longitud y el color son factores muy importantes que nos ayudan a determinar, si la materia prima a usarse está dentro de los parámetros de calidad y esto permitirá la obtención de un producto en buen estado con mayor durabilidad y con excelentes propiedades nutricionales.

### **2.3.3. Componente nutricional del banano**

Los bananos tienen un considerable valor nutricional. El principal componente de la pulpa de banano es el agua, en orden decreciente siguen: carbohidratos, cuyo aporte es, en promedio, de veintidós gramos por cien gramos, del cual 0,5 gramos es fibra. El contenido de proteína y grasa es bajo, al igual que las cenizas.

El banano es relativamente rico en magnesio, fósforo y potasio el cual se encuentra en gran cantidad en este alimento, es un mineral importante para controlar el equilibrio electrolítico del cuerpo.

También es esencial para la función muscular, la transmisión de impulsos nerviosos y el buen funcionamiento del corazón y los riñones Pero es pobre en calcio y hierro. Según la International Network for the Improvement of Banana and Plantain ( INIBAP) por sus siglas en inglés, el banano es rico en vitaminas A, C y B6.

### **2.3.4. Contenido de minerales**

El banano tiene un alto contenido de fósforo y potasio como también otra variedad de minerales, expresado en miligramos por cien gramos. (miligramos por gramo) de porción comestible equivale a:

- Contenido de minerales
  - Calcio 8
  - Fósforo 28
  - Hierro 0,6



- Cloruros 78-125
- Yoduros 0,02
- Magnesio 31-42
- Manganeso 0,64-0,82
- Potasio 300-450
- Sodio 0,006-0,145
- Azufre 13
- Zinc 0,28
- Cobre 0,16-0,21

## **2.4. Métodos de análisis de alimentos**

Existen varios métodos para el análisis de alimentos, tal como el análisis proximal, los métodos físicos como; calorimetría, cromatografía, y muchos otros. Estos se utilizan para observar cualitativa y cuantitativamente el contenido de un alimento.

### **2.4.1. Análisis proximal**

El proximal es el análisis de componentes de los alimentos como humedad, cenizas, grasa, proteína. El sistema de análisis proximal se desarrolló en Alemania hace más de cien años en la estación experimental que dio su nombre al procedimiento.

Este sistema se ha criticado mucho, pero hasta la fecha nadie ha desarrollado otro mejor y que sea tan práctico y tan aceptable. Debido a que sobre la fibra no existe información suficiente, la manera de obtener la cantidad de la misma es objetada por muchos científicos, pues es altamente empírica.

Este sistema está diseñado para simular el proceso de la digestión. Una digestión ácida es seguida por una digestión alcalina. La mayoría de los requisitos legales para productos alimenticios se basan en análisis mediante este sistema. Por lo que todo laboratorio que trabaje con experimentos de nutrición, debe contar con equipo para el sistema de análisis proximal.

#### **2.4.2. Métodos físicos de análisis de alimentos**

Existen distintos métodos de análisis físico entre ellos se encuentran los de densidad y gravedad específica; de refractometría; calorimetría; cromatografía; intercambio iónico; concentración de ion hidrógeno; conductividad y viscosidad. Según sea el macronutriente a analizar, el método a utilizar será descrito a su debido tiempo.

#### **2.5. Aporte nutricional del banano en Guatemala**

Desde el punto de vista nutricional, el banano ofrece buenas perspectivas para su uso. Su aporte calórico es similar al maíz, (300 kilocalorías por 100 gramos), y su bajo contenido de fibra cruda lo hacen apto para la alimentación humana. La baja cantidad de proteína puede ser aumentada mediante suplementación con leguminosas u oleaginosas.

La incorporación de banano y plátano a la dieta, como fuente calórica ofrece buenas perspectivas y probablemente constituya una necesidad a corto plazo, ya que la producción de cereales y especialmente maíz ha venido disminuyendo en forma alarmante en los últimos años.

## **2.6. Necesidad vitamínica de hierro en los niños**

El hierro es un micromineral u oligoelemento, interviene en la formación de la hemoglobina y de los glóbulos rojos, como así también en la actividad enzimática del organismo. Dado que participa en la formación de la hemoglobina de más está decir que transporta el oxígeno en sangre y que es importante para el correcto funcionamiento de la cadena respiratoria. Las reservas de este mineral se encuentran en el hígado, el bazo y la médula ósea.

La falta de hierro en el organismo puede producir mala síntesis proteica, deficiencia inmunitaria, aumento del ácido láctico, aumento de noradrenalina, menor compensación de enfermedades cardiopulmonares y anemia.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la deficiencia de hierro se considera el primer desorden nutricional en el mundo. El desarrollo de la deficiencia de hierro es gradual y el comienzo se da con un balance negativo de hierro es decir cuando la ingesta de hierro de la dieta no satisface las necesidades diarias.

Se produce una disminución en el depósito de hierro del organismo pero los niveles de hemoglobina permanecen normales. Por otro lado la anemia por deficiencia de hierro (anemia ferropénica) es un estadio avanzado en la disminución del hierro. Aquí los niveles de hemoglobina se encuentran por debajo de lo normal.

## **2.7. Fundamentos para la fabricación de un producto alimenticio a nivel industrial**

En el desarrollo de un producto, existen varias etapas necesarias previas a su realización a escala industrial. Las fundamentales son: la formulación, la evaluación microbiológica, organoléptica y económica.

### **2.7.1. Formulación del producto**

La formulación abarca el conocer lo que es necesario para el desarrollo y fabricación de un producto comercial caracterizado por su valor de uso y en respuesta a una lista de especificaciones preestablecidas.

Un producto formulado se obtiene por asociación y mezcla de diversas materias primas de origen sintético o natural, entre las cuales se distinguen por lo general a las materias activas que cumplen la función principal y los auxiliares de formulación que aseguran las funciones secundarias, facilitando la preparación de un producto comercial, o prolongan su duración, tales como los aditivos que se deben aplicar según las normas instituidas de los alimentos.

La formulación concierne, por lo tanto, a todas las industrias de transformación de la materia, desde la producción de las materias primas hasta las que están en contacto directo con el consumidor final (industrial o público), fabricando los productos listos para su empleo.

### **2.7.2. Evaluación microbiológica**

El análisis microbiológico de alimentos no tiene carácter preventivo sino que simplemente es una inspección que permite valorar la carga microbiana. Por tanto, no se puede lograr un aumento de la calidad microbiológica mediante el análisis microbiológico sino que lo que hay que hacer es determinar en la industria cuáles son los puntos de riesgo de contaminación o multiplicación microbiana (los llamados puntos críticos del proceso) y evitarlos siguiendo un código estricto de Buenas Prácticas de Elaboración y Distribución del alimento (BPE).

### **2.7.3. Evaluación organoléptica**

Un análisis organoléptico es una valoración cualitativa que se realiza sobre una muestra (principalmente de alimento o bebida) basada exclusivamente en la valoración de los sentidos (vista, gusto y olfato). Existen distintos tipos de análisis organolépticos en ellos se encuentran:

#### **2.7.3.1. Análisis descriptivo**

Se caracteriza, por medio de diversos atributos, el producto a analizar, de manera que tenga una carta de identidad precisa, reproducible y comprensible para todos.

- Prueba descriptiva simple: selecciona los atributos que describen el producto. En las diversas sesiones con los catadores, se generan los atributos a través de discusiones y consenso.

- Prueba descriptiva cuantitativa y perfil sensorial: se seleccionan los diversos atributos sensoriales, utilizando escalas, de diverso tipo, para describir la intensidad de los mismos.

### **2.7.3.2. Análisis discriminantes**

Aquellos que tienen por objeto establecer si entre dos o más muestras existe o no diferencia, en alguna característica o teniéndolas en cuenta todas conjuntamente. Las distintas pruebas que se pueden realizar, ajustándose a los distintos requerimientos y condiciones son:

- Prueba de comparación por parejas: consigue determinar si hay diferencias entre dos muestras, la preferencia y es sencilla.
- Prueba triangular: detecta pequeñas diferencias entre muestras. Produce más fatiga sensorial que la comparación pareada.
- Prueba dúo - trío: determina si hay alguna diferencia sensorial entre una muestra dada y una de referencia. Los jueces deben conocer bien la muestra de referencia.
- Prueba dos de cinco: prueba utilizada cuando se dispone de un menor número de catadores. Produce fatiga sensorial en el catador.
- Prueba A / no A: en esta prueba los jueces deben conocer bien la muestra de referencia. Se puede utilizar para la evaluación de muestras que presentan variaciones en su aspecto o que tengan un regusto persistente.

#### **2.7.4. Evaluación económica**

El análisis económico o análisis costo-beneficio proporciona una visión de los costos y riesgos asociados con alternativas de inversión. La evaluación económica es el análisis económico de un proyecto de inversión, ya que ella amerita realizar una estimación, lo más exacta posible, de todos los ingresos y egresos asociados a un proyecto para determinar si los beneficios que generará son capaces de recuperar las inversiones realizadas en él o no, y generar un retorno mínimo, dentro de un parámetro de riesgo dado.

Esta evaluación ayuda a adoptar decisiones basándose en la factibilidad de cada alternativa, según los equipos y materia prima a utilizar.

#### **2.8. Almacenamiento y expedición del producto final**

El almacenamiento, es una parte esencial del proceso de un producto debido a que es clave para alargar su vida útil. Es fundamental evaluar como debe ser preservado y transportado el producto.

- Los alimentos ensacados deben ser almacenados en el depósito lejos de la luz del sol sobre bandejas de carga situadas a una distancia aproximada de treinta centímetros entre sí para asegurar una buena circulación de aire.
- El almacenamiento debe basarse en el principio de que el primer producto en entrar es el primero en salir.

- La primera condición del almacenamiento de los alimentos elaborados es proteger las especies seleccionadas y la salud humana. Alcanzados estos objetivos, el fabricante buscará asegurar la satisfacción del cliente.
- Los registros de expedición y distribución deben conservarse para facilitar el retiro del mercado de una producción específica si sucedieran errores en el procesamiento.
- Los documentos de expedición del alimento a granel deben identificar los contenidos de cada compartimiento del camión o del contenedor marítimo.
- Todos los sacos que se envíen deben encontrarse en buenas condiciones (sin roturas ni orificios que originen pérdidas). Todos los productos vendidos y expedidos deberán ser debidamente pesados, y se acompañarán con una copia de la orden de expedición/venta.
- Los camiones que lleven alimentos deben limpiarse con líquidos apropiados o bien usarse en una secuencia organizada para asegurar que las sucesivas entregas no serán contaminadas por materiales químicos no autorizados o dañinos, afectando negativamente a otros clientes.





### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

Se describen las variables dependientes e independientes en el desarrollo de las formulaciones de pudín de banano, para su caracterización química, microbiológica y de estabilidad, los cuales se evaluaron mediante distintos métodos de análisis de alimentos.

#### 3.1. Variables

Como resultado de la revisión bibliográfica sobre los factores que influyen en el presente trabajo, se determinaron las variables de entrada a modificar para medir su efecto sobre los resultados; además los factores se constantes.

Tabla I. **Definición operacional de las variables, para la formulación de pudín de banano, caracterización química, microbiológica y de estabilidad**

No.	Variable	Fórmula Química	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlables	No Controlables
<b>Análisis formulación de pudín</b>						
1	Estado de madurez de banano			X	X	
2	% en peso de banano			X	X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Definición operacional de las variables, para la formulación de pudín de banano, caracterización química, microbiológica y de estabilidad**

No.	Variable	Fórmula Química	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlables	No Controlables
<b>Análisis formulación de pudín</b>						
3	Ácido cítrico			X	X	
4	Ácido ascórbico			X	X	
5	Hierro		x		X	
6	Benzoato de potasio	----	x		X	
7	Goma Xantan	-----	X		X	
<b>Análisis de la caracterización química</b>						
8	Análisis proximal					X
9	Determinación PH			X		X
10	Determinación acidez			X		X
11	Determinación grados Brix			X		X
<b>Análisis microbiológico y de estabilidad</b>						
12	Recuento de colonias			x		x
13	Análisis de consistencia			x		x

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1. Variables dependientes

Son las variables de las cuales depende el producto para su aprobación, constan de varios análisis para denotar el contenido nutricional, acidez, grados Brix, consistencia durante un período de incubación.

- **Análisis proximal** Se determinó el porcentaje de proteínas, cenizas, humedad y grasa de las formulaciones desarrolladas.
- **Acidez (pH)** Se midió la acidez de todas las formulaciones a lo largo de un período de incubación.
- **Grados Brix** Se determinaron los grados brix de las formulaciones a lo largo de un período de incubación.
- **Análisis organoléptico** Se midieron las características organolépticas de cada formula realizada.
- **Análisis de consistencia** Se midió la consistencia de las formulaciones a lo largo de un período de incubación.
- **Recuento de colonias y tinción de Gram** Se midió el tiempo que toma para que las bacterias se reproduzcan a lo largo de un período de incubación.

### 3.1.2. Variables independientes

Existieron distintas posibles composiciones de la formulación del producto a partir del banano, sus variables independientes fueron: el banano con o sin cáscara, su porcentaje de banano y aditivo utilizado.

Tabla III. Formulaciones de pudín de banano

Formulación	Componentes Banano	(%) en peso de banano	Aditivo (1%)
1	Banano con/sin cáscara	30	Ácido ascórbico
2	Banano con/sin cáscara	35	Ácido ascórbico
3	Banano con/sin cáscara	40	Ácido ascórbico
4	Banano con/sin cáscara	30	Ácido cítrico
5	Banano con/sin cáscara	35	Ácido cítrico
6	Banano con/sin cáscara	40	Ácido cítrico

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Delimitación de campo de estudio

Se detalla la etapa del proceso, la ubicación para el desarrollo del producto a partir de banano fortificado con hierro y las variables con respecto al área de trabajo.

- Industria: producción.
- Proceso: desarrollo de pudín de banano fortificado con hierro a partir de banano.

- Etapa del proceso: formulación y desarrollo del producto.
- Ubicación: departamento de investigación y desarrollo de Alimentos Regia, Carretera al salvador, kilómetro 16,5 entrada a Pavón.
- Clima: el clima del área es templado a semifrío, registra los valores más bajos del territorio del país y las lluvias más intensas se presentan en el mes de mayo a octubre.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

Para la planeación, desarrollo y ejecución del pudín de banano fortificado con hierro, se contó con la participación de una investigadora y dos ingenieros químicos con experiencia en el desarrollo y control de calidad de producto. Ellos son:

- Investigadora: María Isabel Cienfuegos Bonilla
- Asesor: Ing. Qco. Rolando Alexander Gómez Girón
- Colaborador: Ing. QcO. Williams Álvarez

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

Para el presente trabajo se realizó el proceso de formulación pudín de banano, así como las pruebas cualitativas y fisicoquímicas, llevadas a cabo en el departamento de investigación y desarrollo de la empresa Alimentos Regia. Las pruebas cuantitativas como lo es el análisis proximal se realizará en el Laboratorio del Instituto de nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

### **3.4.1. Materia prima y reactivos de la fase experimental**

Para la fase experimental, se utilizó como base el banano de exportación proveniente de una bananera guatemalteca, como también distintos reactivos necesarios para la aprobación de su calidad, estos son:

- Banano de exportación de bananera guatemalteca
- Ácido cítrico
- Ácido ascórbico
- Hierro
- Benzoato de sodio
- Goma Xantan
- Sorbato de potasio
- Sacarosa
- Agua de Peptona
- Agar Plate Count
- Agar Patata Dextrosa
- Agar VRB Fluorocult
- Acido tartárico
- Solución de cristal violeta
- Solución de lugol pur
- Solución de safranina
- Aceite de inmersión

### **3.4.2. Cristalería de la fase experimental**

Para la medición, análisis y manipulación de la materia prima y los reactivos utilizados, fue necesaria una gran cantidad de cristalería e instrumentos con baja incerteza, los cuales fueron.

- Recipientes plásticos para guardar materia prima fresca.
- Recipientes plásticos para guardar materia exhausta.
- Frascos ámbar para guardar materia prima fresca de 250 mililitros.
- Recipientes plásticos para guardar materia exhausta de 5 litros.
- Probetas de 50 mililitros y 100 mililitros.
- Pipetas volumétricas.
- Beakers de 25 mililitros y 100 mililitros.
- Sartén con capacidad de 250 mililitros.
- Varillas de agitación.
- Espátula.
- Termómetro.
- Frasco estéril de 4 onzas.
- Caja de petri estéril.
- Cámara de Quebec.
- Agitador magnético con calentamiento.
- Barra de agitación.

### **3.4.3. Equipos de la fase experimental**

Para el desarrollo y ejecución de un producto como en cualquier experimento, es necesario obtener el equipo con mayor precisión posible. En el proceso de fabricación de pudín se consiguieron los siguientes equipos:

- Balanza Marca: Adventur serie: G1231202040133 Voltaje 8-14,5V, frecuencia 50/60 Hertz. Máxima Capacidad ciento cincuenta gramos, Lectura mínima 0,001gramos. Hecha en Estados Unidos.



- Plancha de calentamiento con agitación, marca Corning, modelo PC-620, 120V/100V, frecuencia 60 Hertz, Potencia 1113 watts, rango 0 – 4 800 C, 0 – 1 100 rpm.
- Campana de extracción de 110 Voltios y 900 Watts, marca Serproma de motor con capacidad de  $\frac{3}{4}$  caballos de fuerza.
- Potenciómetro.
- Autoclave.
- Estufa eléctrica.
- Asa bacteriológica.
- Lámina para análisis.
- Gotero pinza.
- Mechero.
- Bandeja de aluminio.
- Consistometro Bostwick.
- Cronómetro.
- Microscopio.
- Refractómetro.
- Bureta.

### 3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

La técnica que se implementó para el desarrollo del producto a partir de banano, contó con varias etapas en las cuales se investigó, planificó, especificó, ejecutó y evaluó el proceso. Para lo cual se efectuó un diseño general.

Figura 2. Diseño general



Fuente: elaboración propia.

### **3.5.1. Preparación para la base del producto**

La base del producto será el banano con cáscara, el cual pasa un proceso de molienda y continuará su proceso en mezcladoras asegurando la homogenización de la mezcla.

### **3.5.2. Preparación de formulaciones del producto**

Se pesaron los aditivos y conservantes constantes y luego se pesó el ácido cítrico / ácido ascórbico en una balanza analítica, ya que se encuentran en estado sólido, añadiéndolos en un beacker, junto con la base de banano previamente pesada.

Se pesó el agua, y el saborizante aparte, ya que estos se encuentran en estado líquido y se mezclaron en un beacker. Los cuales se mezclaron con la sacarosa, generando un jarabe a 27 grados brix. Se calentó la mezcla en una estufa, llevándola hasta su punto de ebullición, agitándola constantemente, bajando la temperatura levemente.

Gradualmente se mezcló el jarabe y los componentes en estado sólido, agitando hasta la obtención de una mezcla completamente homogénea, elevando su temperatura, de manera que se pasteurice. Luego se deja enfriar y se empaqueta al vacío.

### **3.5.3. Preparación para el análisis organoléptico descriptivo cuantitativo y discriminante**

El área de prueba se situó lejos del lugar de procesamiento, para impedir la contaminación con olores, separada del área de pruebas, sin que los jueces observen al conductor de la prueba cuando él esté preparando las muestras, ya que esto causaría error de expectación.

El área estaba cómodamente iluminada, ventilada, la temperatura fue lo más constante posible y dentro de un rango de 18 a 21 Celsius. Las pruebas organolépticas se realizaron en horarios adecuados entre las 11 de la mañana y 1 de la tarde y de 5 a 6 de la tarde.

Las muestras se envasaron en frascos y serán analizadas por jueces consumidores, sin tener contacto entre ellos hasta la finalización de la prueba. Se realizó una prueba descriptiva cuantitativa y una discriminativa, donde se determinó la caracterización del producto.

### **3.5.4. Preparación de pruebas fisicoquímicas**

Las pruebas fisicoquímicas se utilizan para denotar si el producto contiene las cualidades que hacen aceptables los alimentos a los consumidores. Para su evaluación fue necesario la calibración de los equipos y la preparación de ciertas soluciones con las que se midió su calidad.

#### **3.5.4.1. Calibración potenciómetro**

La calibración se hizo en lo posible con estándares que se encuentran alejados de  $56 \pm 2$  milivoltios por cada diez unidades de concentración, de modo que las posteriores lecturas de concentración sean lo más confiables posible.

El método de calibración es similar al de cualquier potenciómetro tradicional; es decir, la lectura del voltaje o diferencia de potencial desarrollada por los patrones o estándares respectivos.

#### **3.5.4.2. Preparación de soluciones para evaluación microbiológica**

La preparación de soluciones para el análisis microbiológico, es sumamente importante, debido a que su elaboración puede afectar la inspección que permite valorar la carga microbiana del producto. Para el pudín se utilizaron varias soluciones, las cuales se especifican a continuación:

- Preparación de solución de agua de peptona
  - Se pesó 50 gramos de agua de peptona y agregar a un balón de 2000 mililitros. (25.1 gramos por litro).
  - Se aforó el balón con agua desmineralizada.
  - Se colocó la barra de agitación en la solución.
  - Se agito sobre el agitador magnético durante 5 minutos o hasta que se disuelva totalmente el agar.
  - Se midió con la pipeta 90 mililitros de la solución cada uno.
  - Se llenaron 22 frascos de 4 onzas con 90 mililitros de la solución cada uno.

- Se cerró cada frasco con papel *kraft*, hule y papel testigo.
  - Se colocaron todos los frascos en la autoclave y se cerró.
  - Se llevó la autoclave a 121 Celsius y se dejó durante 15 minutos a esta temperatura.
  - Se dejó enfriar los frascos dentro la autoclave.
  - Se enfrió los frascos a temperatura ambiente y luego se refrigeró.
  - Se identificó el recipiente que contiene la solución con el tipo (agua de peptona) y la fecha de preparación.
- Preparación de solución de Agar Plate Count
    - Se pesaron 45 gramos de agar. (22 gramos por litros)
    - Se agregó el Agar Plate Count a un balón de 2000 mililitros.
    - Se aforó el balón con agua desmineralizada.
    - Se colocó la barra de agitación en la solución.
    - Se agitó mediante un agitador magnético aplicando calentamiento durante 5 minutos o hasta que se disuelva totalmente.
    - Se trasvasaron 400 mililitros de la solución a 5 frascos (los usados regularmente son de 500 mililitros).
    - Se cerró cada frasco con papel *Kraft*, hule y papel testigo.
    - Se colocaron todos los frascos en la autoclave y cerrar.
    - Se llevó la autoclave a 121 Celsius y dejó durante 15 minutos a esta temperatura.
    - Se dejó enfriar los frascos dentro la autoclave.
    - Se enfriaron los frascos a temperatura ambiente y luego se refrigeraron.
    - Se identificó el recipiente que contenía la solución con el tipo (agar PlateCount) y la fecha de preparación.

- Preparación de Agar Patata Dextrosa (PDA)
  - Se pesó 39 gramos de Agar Patata Dextrosa y se disolvió en 1000 mililitros de agua desmineralizada.
  - Se agitó e hirvió la mezcla, en un agitador magnético aplicando calentamiento hasta que se disolvió la solución.
  - Se colocó la solución en la autoclave a 121 Celsius durante 15 minutos para esterilizar.
  - Se dejó enfriar y se agregaron 15 mililitros de ácido tartárico a la solución.
  - Se identificó el recipiente con el tipo de químico (agar Patata Dextrosa), fecha de preparación y se selló el recipiente para su posterior utilización.
  
- Preparación de solución de Agar VRB Fluorocult (MUG)
  - Se pesaron 39 gramos de Agar VRB y se disolvió en 1000 mililitros de agua destilada.
  - Se agitó constantemente y se calentó durante 30 minutos o hasta disolver (sin esterilizar).
  - Se identificó el recipiente con el tipo de químico (agar VRB-MUG), fecha de preparación y se selló el recipiente para su posterior utilización.

### **3.6. Recolección y ordenamiento de la información**

El pudín de banano se obtuvo del proceso de calentamiento y mezclado de una base de banano (con cáscara), agua, sacarosa, en porcentajes en peso de banano de treinta, treinta y cinco y cuarenta, respectivamente. Y cuyos resultados de análisis fisicoquímico son aptos para el consumo del producto.

#### **3.6.1. Elaboración de formulaciones**

La elaboración del producto se trabajó con una de las bases de banano previamente determinada, ya sea con o sin cáscara, a tres distintos porcentajes en peso y dos distintos evasores microbiológicos. Realizando así seis formulaciones con cinco observaciones cada una, haciendo un total de treinta formulaciones.

- Procedimiento
  - Se pesaron los aditivos y conservantes constantes.
  - Se pesó el ácido cítrico/ ácido ascórbico en una balanza analítica, que se encuentren en estado sólido, añadiéndolos en un *beacker*.
  - Se pesó el agua, y saborizantes ya que se encuentran en estado líquido y se mezclaron en un *beacker* y luego se mezclaron junto con la sacarosa, generando un jarabe a veintisiete grados Brix.
  - Se mezcló la base de banano junto a los aditivos y conservantes que se encuentran en estado sólido y el jarabe, gradualmente hasta la obtención de una mezcla completamente homogénea.



- Se calentó la mezcla en una estufa, llevándola hasta su punto de ebullición, agitándola constantemente, hasta su pasteurización.

### **3.6.2. Determinación de pH**

Medición de la acidez o alcalinidad de una solución. Indicando concentraciones de iones hidronio  $[H_3O^+]$  presentes en determinadas sustancias.

- Procedimiento

Es necesario calibrar el instrumento periódicamente, especialmente si se requiere de precisión en las lecturas. Se encendió el potenciómetro, previamente calibrado, haciendo presión a la pantalla táctil. Se colocó la cantidad necesaria de la muestra en un beacker de ciento cincuenta mililitros para que cubra el sensor del electrodo.

- Se introdujo el electrodo del potenciómetro dentro del beacker de la muestra.
- Se tomó la lectura de la acidez de la muestra.
- Se limpió el electrodo con papel mayordomo.

### **3.6.3. Determinación de los grados Brix**

Medición de la concentración de sólidos en líquidos, expresados en grados Brix. Los cuales son la escala que se utiliza para determinar el cociente total de sacarosa o sal disuelta en un líquido, se midió por medio del uso de un refractómetro.

- Procedimiento
  - Se tomó la temperatura en caso de estar superior de veinticinco-veintiséis grados centígrados se dejó enfriar hasta dicha temperatura.
  - Se utilizó una espátula para colocar con precaución una pequeña cantidad de la muestra a analizar sobre el prisma del refractómetro. Se cerró la tapa del refractómetro.
  - Se observó por el lente del refractómetro la escala y la cantidad de grados Brix de la muestra. Se observó una parte oscura y otra clara. La cantidad de Brix se encuentra determinada por el nivel en donde se encuentra la sombra oscura que se observó por el lente.
  - Se limpió con algodón y agua destilada el lente del refractómetro.

### **3.6.4. Análisis de consistencia**

Medida del desplazamiento de un producto semisólido en un tiempo determinado, sobre una superficie conocida. La consistencia fue mediada por medio de un consistómetro. Bostwick.

- Procedimiento
  - Se verificó que el consistometro se encontrará nivelado, de lo contrario, se ajustaron los tornillos hasta que el indicador de nivel se encontrará centrado.
  - Se cerró la compuerta del consistometro.
  - Se llenó completamente, utilizando una espátula, el primer compartimiento del consistometro con la muestra a analizar.
  - Se tomaron treinta segundos con un cronometro a partir del momento en que se presiona la palanca de seguridad que abre las compuertas a modo de dejar fluir la muestra al área del piso graduado del consistometro.
  - Se leyó la distancia recorrida por la muestra a los treinta segundos y reportar este dato como Bostwick o distancia en centímetros recorrida en treinta segundos.
  - Se limpió con agua y jabón el área del consistometro que tuvo contacto con la muestra.

### **3.6.5. Evaluación microbiológica**

Para la evaluación microbiológica se realizaron: recuentos bacterianos, de hongos y mohos y levaduras, E. Coli y Tinción de Gram a las diferentes muestras realizadas durante un período de incubación de nueve meses.

### 3.6.5.1. Recuento bacteriano

Establecer la secuencia de actividades a realizarse para determinar de forma cuantitativa la carga bacteriana total presente en la muestra recolectada, reportándola como unidades formadoras de colonia (UFC) por unidad de peso (gramos).

- Procedimiento
  - Se pesaron 10 gramos de muestra de un frasco estéril de cuatro y agregar 90 mililitros de agua de peptona.
  - Se agitó hasta homogenizar la muestra a analizar.
  - Se rotuló la caja con el código correspondiente a la muestra que se va inocular.
  - Se realizó la siembra depositando 1 mililitro de la dilución en la caja de Petri estéril y adicionar aproximadamente 15 mililitros de agar a utilizar, el cual debe mantenerse a una temperatura menor de 45 grados Celsius.
  - Se agitó la caja con rotaciones suaves para homogenizar la alícuota en el agar.
  - Se esperó a que el agar se solidificará y luego se colocó la muestra en la incubadora de forma invertida (tapadas hacia abajo) a una temperatura de 34- 36 grados Celsius durante 24 horas.
  - Se realizó el conteo de colonias en una cámara Quebec, reconociendo las unidades formadoras de colonia como cualquier punto blanco o aglomeración de puntos blancos sobre el agar de color ámbar claro.

- El número de puntos blancos es el que se reportó como número. de colonias observadas y este número es el que se usó en la fórmula para calcular las colonias totales.

### **3.6.5.2. Recuento de hongos, mohos y levaduras**

Establecer la secuencia de actividades a realizarse para determinar de forma cuantitativa los hongos, mohos y levaduras presentes en la muestra recolectada, reportándola como unidades formadoras de colonia (UFC) por unidad de peso (gramos).

- Procedimiento
  - Se pesaron 10 gramos de muestra de un frasco estéril de 4 onzas y se agregaron 90 mililitros de agua de peptona.
  - Se agitó hasta homogenizar la muestra a analizar.
  - Se rotuló la caja con el código correspondiente a la muestra que se inoculó.
  - Se realizó la siembra depositando 1 mililitro de la dilución en la caja de Petri estéril y adicionar aproximadamente 20 mililitros de agar a utilizar, el cual debe mantenerse a una temperatura menor de 44 grados Celsius.
  - Se agregaron tres gotas por placa de ácido tartárico.
  - Se agitó la caja con rotaciones suaves para homogenizar la alícuota de la muestra en el agar.
  - Se esperó a que el agar se solidificará y luego se dejó la muestra al ambiente durante 72 horas (3 días).

- Se realizó el conteo de colonias en una cámara Quebec, reconociendo las unidades formadoras de colonia como cualquier punto o aglomeración de puntos grisáceos o verdes abajo del agar.
- El número de puntos observados es el que se reportó como No. de colonias observadas y este número es el que se utilizó en la fórmula para calcular las Colonias Totales.

### **3.6.5.3. Recuento de Coliformes y E. coli**

Establecer la secuencia de actividades a realizarse para determinar la forma cuantitativa la carga de coliformes y E. coli total presente en la muestra recolectada, reportándola como unidades formadoras de colonia. (UFC) por unidad de peso (gramos).

- Procedimiento para recuento de coliformes
  - Se pesaron 10 gramos de muestra de un frasco estéril de cuatro onzas y se agregaron 90 mililitros de agua de peptona.
  - Se agitó hasta homogenizar la muestra a analizar.
  - Se rotuló la caja con el código correspondiente a la muestra que se inoculó.
  
  - Se realizó la siembra depositando 1 mililitro de la dilución en la caja de Petri estéril y se adicionó aproximadamente veinte mililitros de agar utilizado, el cual se mantuvo a una temperatura menor de 44 Celsius.
  - Se agitó la caja con rotaciones suaves para homogenizar la alícuota de la muestra en el agar.

- Se esperó a que el agar se solidificará y luego se colocó la muestra en la incubadora de forma invertida (tapadas hacia abajo) a una temperatura de 34- 36 grados Celsius durante 48 horas.
  - Se realizó el conteo de colonias en una cámara Quebec. Las colonias se observaron de color rojo, ligeramente rosado.
  - El número de puntos observados es el que se reportó como número de colonias observadas y este número es el que se utilizó en la fórmula para calcular las colonias totales.
- Procedimiento del método de análisis de E. coli
    - Se colocó la caja de petri en la cual se realizó el análisis de coliformes totales bajo una luz ultravioleta con una longitud de onda de treientos sesenta y seis nanómetros.
    - Se realizó el conteo de colonias en una cámara Quebec y se contó el número de colonias formadoras con fluorescencia.

#### **3.6.5.4. Tinción de Gram**

Establecer la secuencia de actividades a realizarse para ejecutar un análisis de tinción de Gram para la identificación de staphilococcus, bacilos, mohos y levaduras en productos terminados.

- Procedimiento
  - Se identificó la muestra.
  - Se agregó una gota de agua a la lámina.

- Se esterilizó el asa bacteriológica flameándola completamente con un mechero hasta que se tornó de un color rojo intenso y luego se dejó enfriar sobre un área a manera que la punta del asa no tenga contacto con alguna superficie.
- Se frotó por unos segundos la caja de petri que contenía el cultivo de la muestra, utilizando el asa bacteriológica esterilizada.
- Se fijó el frote a la lámina durante 5 segundos, utilizando una tenaza para sostener la misma y se flameó por el lado contrario de donde se realizó el frote en la lámina.
- Se añadió sobre el frote con el cultivo, unas gotas cristal violeta a manera de cubrir completamente la lámina y se dejó actuar durante 1 minuto.
- Se enjuagó con agua destilada la lámina, se añadió lugol hasta cubrirla completamente y se dejó actuar la solución durante un minuto.
- Se enjuagó la lámina nuevamente con agua destilada, se decoloró con alcohol (solución decolorante reactivo tres) y se escurrió.
- Se agregaron de 3 a 4 gotas de safranina hasta cubrir la placa y dejar actuar la solución durante 1 minuto.
- Se lavó con agua, se escurrió y se dejó secar cuidadosamente sobre papel secante o al aire.
- Se colocó la lámina sobre el microscopio, se utilizó el lente de diez para encontrar el área de localización de los microorganismos, luego se utilizó el lente 40 para acercar dicha área y se utilizó el lente cien para observar a mayor detalle los microorganismos. Se agregaron 2 o 3 gotas de líquido de inmersión cuando se utilizó el lente de 100.



- El resultado es Gram positivo si se observan microorganismos color morado y es Gram negativo si estos se observan de color rojo.

### **3.7. Análisis estadístico**

Para evaluar el comportamiento de los resultados obtenidos experimentalmente obtenidos en el laboratorio del pH, grados Brix y calidad de las formulaciones, se llevará a cabo por medio de un análisis de varianza por medio de un diseño de bloques aleatorio con la distribución de Fisher, esto debido a que se tratan más de dos niveles.

#### **3.7.1. Tamaño del muestreo**

El número de repeticiones para el experimento realizado se encontrará con base a los criterios de confiabilidad del noventa y cinco por ciento, y con un error estimado del dieciséis por ciento debido a la precisión de los aparatos utilizados para la determinación del análisis fisicoquímico.

Para estimar la cantidad de repeticiones a evaluar se utiliza la ecuación:

$$N = \frac{ZA/2^2PQ}{E^2}$$

Donde:

N = número de repeticiones

$\frac{ZA}{2}$  = confiabilidad

P = probabilidad de éxito

Q = probabilidad de fracaso

E = error

Con el propósito de obtener resultados con un mínimo de error y gráficas y análisis matemáticos adecuados se utiliza un valor de  $Z_{A/2} = 1,96$ ,  $P = 0,95$ ,  $Q = 0,05$ ,  $E = 0,16$ .

$$N = \frac{1,96^2 * 0,95 * 0,05}{0,16^2} = 7,12 \cong 7$$

En el caso de la evaluación de la reducción de costos de operación, se realizarán 5 corridas, utilizando el criterio de selección apropiado dado que los valores obtenidos en registros anteriores no representan mayor desviación.

### 3.7.2. Análisis estadístico

Para la formulación de pudín de banano se utilizará como variables 3 concentraciones de base de banano con cáscara, con porcentajes de: 30, 35 y 40 por ciento; y dos aditivos que preserven la calidad del producto, con 5 observaciones, para hacer un total de 30 unidades experimentales. A los cuales posteriormente se les realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Tabla IV. Datos típicos para el diseño de bloques al azar

Formulaciones	1	2	Promedio
1	Y1,1	Y1,2	Y1prom
2	Y2,1	Y2,2	Y2prom
3	Y3,1	Y3,2	Y3prom
4	Y4,1	Y4,2	Y4prom
5	Y5,1	Y5,2	Y5prom
6	Y6,1	Y6,2	Y6prom
<b>Promedio</b>	<b>Y1prom</b>	<b>Y2prom</b>	<b>Y</b>

Fuente: elaboración propia.

Donde:

$Y_{i,j}$  = total de las observaciones bajo la  $i,j$ -ésima formulación

$y$  = promedio total de las observaciones bajo la  $i,j$ -ésima formulación

$Y_{a,b}$  = datos obtenidos para cada observación bajo cada formulación

Generalmente el procedimiento para un diseño de bloque aleatorio consiste en seleccionar  $b$  bloques y en ejecutar una repetición completa del experimento en cada bloque, con un solo factor a dos niveles. Las observaciones pueden representarse por medio de un modelo estadístico lineal.

$$i=1,2,\dots,a$$
$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$
$$j = 1, 2, \dots, b$$

Donde:

$y_{ij}$  = observación

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto de la formulación  $i$ -ésima

$\beta_j$  = efecto del bloque  $j$ -ésimo

$\varepsilon_{ij}$  = error aleatorio

Los efectos de bloque y de la formulación se definen como desviaciones respecto a la media general. Como el interés es probar la igualdad de los efectos del tratamiento, siendo:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1: \tau_i \neq 0 \text{ al menos una } i$$

La distribución F de Fisher, que se basa en la razón de dos varianzas. Con el fin de determinar si las medias de los diversos grupos son todas iguales, se pueden examinar dos estimadores diferentes de la varianza de la población.

Uno de los estimadores se basa en la suma de los cuadrados dentro de los grupos (SCD); el otro se basa en la suma de los cuadrados entre los grupos (SCE). Si la hipótesis nula es cierta, estos estimadores deben ser aproximadamente iguales; si es falsa el estimador basado en la suma de los cuadrados entre grupos debe ser mayor. El estimado de la varianza entre los grupos no solo toma en cuenta las fluctuaciones aleatorias de una observación a otra, sino también mide las diferencias de un grupo con otro.

Las operaciones para el análisis de varianza se resumen a continuación:

Tabla V. **Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio**

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Fo
formulacion	$\sum_{i=1}^a y_i^2 / b - y^2 \dots / ab$	a - 1	$(SS_{\text{tratamientos}}) / (a - 1)$	$(MS_{\text{tratamientos}}) / MS_E$
Bloques	$\sum_{j=1}^b y_j^2 / a - y^2 \dots / ab$	b - 1	$(SS_{\text{bloques}}) / (b - 1)$	
Error	SS <sub>E</sub> (por sustracción)	(a - 1)(b - 1)	$(SS_E) / [(a - 1)(b - 1)]$	
Total	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - y^2 \dots / ab$	ab - 1		

Fuente: WALPOLE, Ronald, MYERS, Raymond, MYERS, Sharon. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Cruz, Ricardo (trad.); Torre, Juan Antonio (rev.). Sexta edición. México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., 1999 .752 p.ISBN: 970-17-964-6. p.266.

La hipótesis nula se prueba mediante la razón de Fisher, que se define como:

$$F_o = \frac{MS \text{ Tratamientos}}{MS_E}$$

Donde:

MS Formulaciones= Media cuadrática de los tratamientos

MS<sub>E</sub>= Media cuadrática del error; para un nivel de confianza  $\alpha = 0,05$  y con 2 grados de libertad para formulaciones y 5 para bloques

Tabla VI. **Resultados del análisis de varianza**

	<b>Ácido Ascórbico</b>	<b>Ácido cítrico</b>
Media	4.06	3.96
Varianza	0.032571429	0.025428571
Observaciones	15	15
Grados de libertad	14	14
F	1.280898876	
P(F<=f) una cola	0.324774856	
Valor crítico para F (una cola)	2.483725741	

Fuente: elaboración propia.

Debido a que el estimador basado en la suma de los cuadrados entre grupos (SCE).es mayor que la suma de los cuadrados dentro de los grupos (SCD); la hipótesis alterna es aceptable; por lo que no existe diferencia significativa entre la calidad nutricional e inocuidad de la formulación y los aditivos utilizados. Cualquier diferencia en la media muestral se explica por la variación aleatoria, y la varianza entre grupos, la cual debe estar cerca de la varianza dentro de los grupos.

### **3.8. Plan de análisis de los resultados**

Se analizaron los resultados obtenidos mediante diferentes métodos alimenticios para su control de calidad, midiendo así el comportamiento de las de cada muestra según sus variables.

#### **3.8.1. Presentación técnica**

Es la presentación de los datos obtenidos a nivel laboratorio así como el análisis químico de las diferentes formulaciones de pudín de banano. Cuyos resultados darán a conocer la formulación de mejor calidad.

#### **3.8.2. Métodos y modelos de datos según tipo de variable**

Para que la realización de un producto alimenticio, como lo es el pudín de banano, es necesario que se evalúen ciertos parámetros de midan su calidad, dependiendo de su tipo. Para el pudín de banano existen varios métodos para su evaluación, los cuales serán especificados a continuación:

- Método para la determinación de pH
- Método para la determinación de grados Brix
- Método de análisis de consistencia
- Método análisis microbiológico

#### **3.8.3. Programas a utilizar para análisis de datos**

Existen varias herramientas básicas para el ordenamiento y análisis de datos, fueron necesarias varias de ellas para denotar y comprobar la formulación de pudín de banano más apta para el mercado objetivo. Estas fueron:

- Microsoft Excel 2007  
Hoja de cálculo electrónica utilizada para automatizar diversas operaciones matemáticas.
- Microsoft Visio 2007  
Software que facilita la elaboración de diagramas de flujo tanto de equipos como de sistemas completos.

## 4. RESULTADOS

Mediante balances de masa se determinaron: los porcentajes de rendimiento en peso de banano para cada formulación de pudín de banano, para comprobar que el producto fuera atractivo al mercado del consumidor se realizaron análisis organolépticos descriptivos cuantitativos y discriminantes.

También se evaluó la inocuidad y calidad nutricional del pudín de banano mediante análisis microbiológicos, fisicoquímicos y de estabilidad. Al determinar la fórmula indicada se logró delimitar las etapas necesarias para su elaboración óptima.

Determinación del porcentaje de rendimiento en peso para cada formulación de pudín de banano desarrollado

Tabla VII. **Porcentaje de rendimiento en peso para la formulación pudín de banano**

<b>Porcentaje en peso de banano (%)</b>	<b>Rendimiento teórico</b>	<b>Rendimiento real</b>	<b>Porcentaje de rendimiento (%)</b>
30%	0,30	0,3061	30,61
35%	0,35	0,3571	35,71
40%	0,40	0,4081	40,81

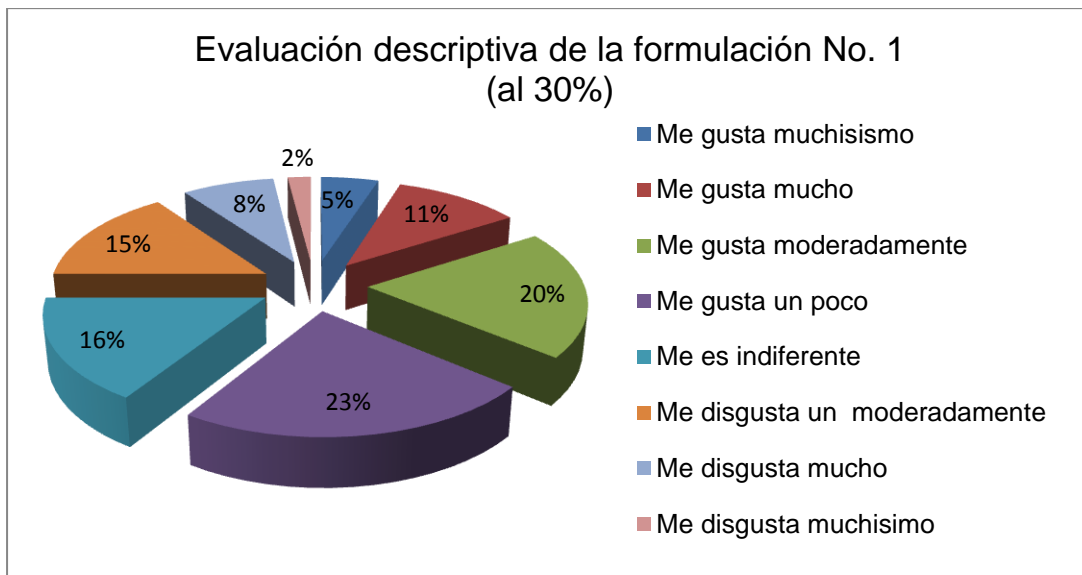
Fuente: elaboración propia.



#### 4.1. Resultados de evaluación descriptiva

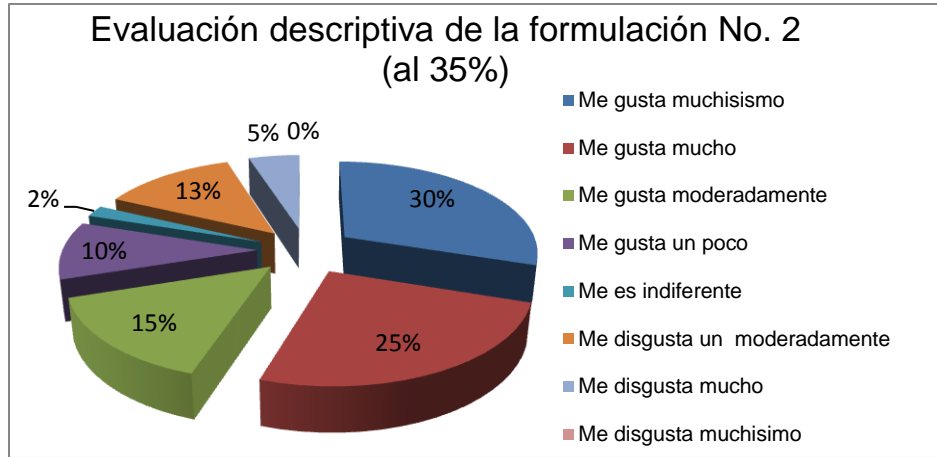
Se determinó mediante paneles sensoriales la aceptación del consumidor de cada fórmula de pudín de banano por separado, describiéndolo según su grado de satisfacción.

Figura 3. **Evaluación descriptiva de la formulación núm. 1 partir de banano con cáscara en forma de pudín de banano**



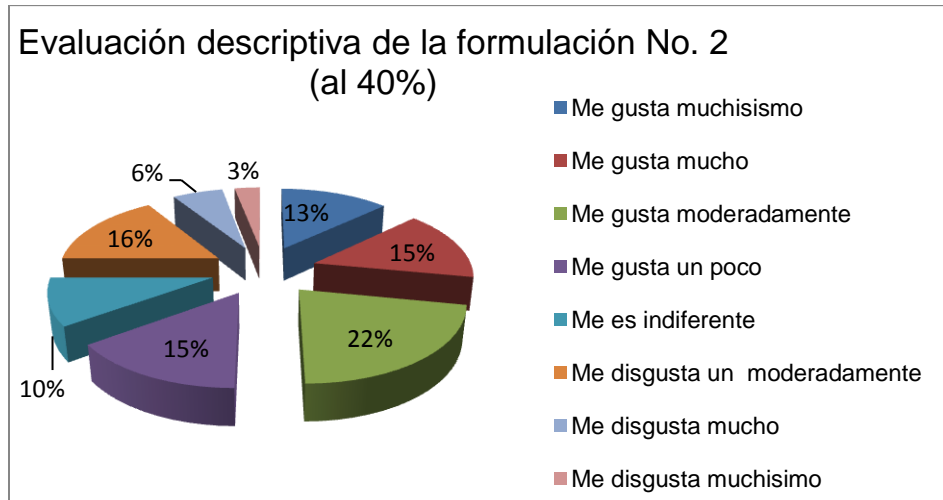
Fuente: Laboratorio de desarrollo e investigación. Alimentos Regia.

Figura 4. **Evaluación descriptiva de la formulación núm. 2 a partir de banano con cáscara en forma de pudín de banano**



Fuente: Laboratorio de desarrollo e investigación. Alimentos Regia.

Figura 5. **Evaluación descriptiva de la formulación núm. 3 a partir de banano con cáscara en forma de pudín de banano**

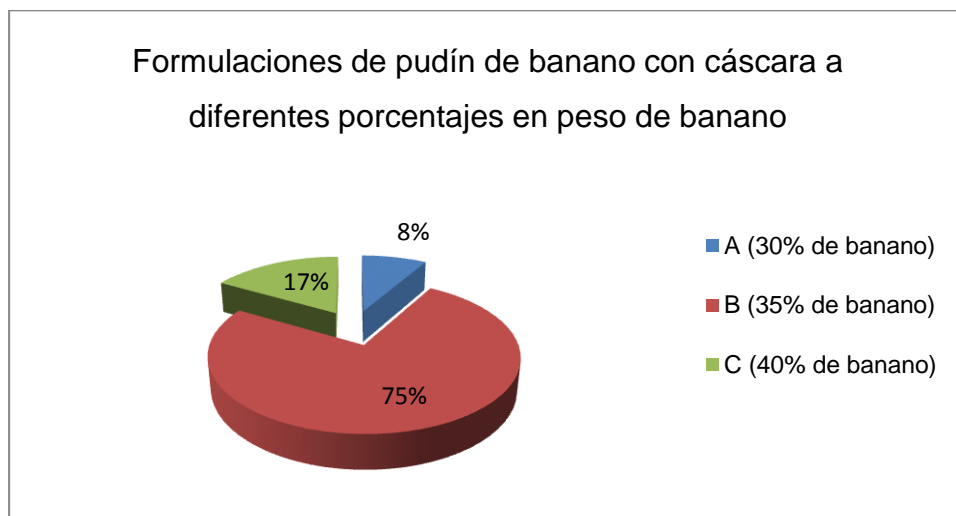


Fuente: Laboratorio de investigación y desarrollo. Alimentos Regia.

#### 4.2. Resultados de la evaluación discriminante

Se evaluó mediante paneles sensoriales discriminantes, la preferencia del consumidor entre las tres fórmulas de pudín de banano, determinando la de mayor aceptación.

Figura 6. **Evaluación discriminante de las formulaciones de pudín de banano con cáscara a diferentes porcentajes en peso de banano**



Fuente: Laboratorio de investigación y desarrollo. Alimentos Regia.

#### 4.3. Resultados de la calidad nutricional del pudín de banano mediante análisis fisicoquímicos y de estabilidad para cada formulación

Se evaluó la inocuidad y calidad nutricional del pudín de banano mediante análisis microbiológicos, fisicoquímicos y de estabilidad de las tres diferentes fórmulas de pudín de banano.

Tabla VIII. **Evaluación de la inocuidad de las formulaciones de pudín de banano a partir de banano mediante análisis microbiológicos para un período de 9 meses**

Formulación	Porcentaje en peso de banana (%)	Aditivo (0,1%)	Análisis Microbiológico (9 meses)
1	30	Ácido ascórbico	Aprobado
2	35	Ácido ascórbico	Aprobado
3	40	Ácido ascórbico	Aprobado
4	30	Ácido cítrico	Aprobado
5	35	Ácido cítrico	Aprobado
6	40	Ácido cítrico	Aprobado

Fuente: Laboratorio de Investigación y desarrollo. Alimentos Regia.

Tabla IX. **Calidad nutricional del pudín de banano al 30% de banano con ácido ascórbico**

No. De formulación	PH	Grados brix	Consistencia ( Bostwick)	Recuento bacteriano			
				Bacterias	Hongos, mohos, levaduras	E. Coli	Tinción de Gram
1,1	3,9	25	8	0	0	0	0
1,2	3,8	26	8,2	0	0	0	0
1,3	3,9	26	8	10	0	0	0
1,4	3,9	27	7,8	0	0	0	10
1,5	3,7	25	8	0	0	0	0
PROMEDIO	3,84	25.8	8	2	0	0	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Calidad nutricional del pudín de banano al 35% de banano con ácido ascórbico**

No. De formulación	PH	Grados brix	Consistencia ( Bostwick)	Recuento bacteriano			
				Bacterias	Hongos, mohos, levaduras	E. Coli	Tinción de Gram
2,1	4,3	27	7,5	0	0	0	0
2,2	4,1	26	7,5	0	0	0	10
2,3	4,2	26	7,5	0	10	0	0
2,4	4,3	28	7,6	10	0	0	0
2,5	4,1	27	7,3	0	0	0	0
PROMEDIO	4,2	26.8	7,48	2	2	0	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Calidad nutricional del pudín de banano al 40% de banano con ácido ascórbico**

No.De formulación	PH	Grados brix	Consistencia ( Bostwick)	Recuento bacteriano			
				Bacterias	Hongos, mohos, levaduras	E. Coli	Tinción de Gram
3,1	4,2	27	7,5	0	0	0	0
3,2	4,1	27	7,5	0	10	0	0
3,3	4,1	26	7,6	0	0	0	10
3,4	4,1	27	7,5	0	0	0	0
3,5	4,2	28	7,3	0	0	0	0
PROMEDIO	4,14	27	7,48	0	2	0	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Calidad nutricional del pudín de banano al 30% de banano con ácido cítrico**

No. De formulación	PH	Grados brix	Consistencia ( Bostwick)	Recuento bacteriano			
				Bacterias	Hongos, mohos, levaduras	E. Coli	Tinción de Gram
4,1	3,7	25	8	0	0	0	0
4,2	3,7	25	8,2	0	0	0	0
4,3	3,8	26	8	0	0	0	0
4,4	3,8	26	7,8	0	0	0	0
4,5	3,8	25	8	0	0	0	0
PROMEDIO	3,76	25,4	8	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Calidad nutricional del pudín de banano al 35% de banano con ácido cítrico**

No.De formulación	PH	Grados brix	Consistencia ( Bostwick)	Recuento bacteriano			
				Bacterias	Hongos, mohos, levaduras	E. Coli	Tinción de Gram
5,1	4,1	26	7,6	0	0	0	0
5,2	4,0	25	7,5	0	10	0	0
5,3	4,1	25	7,5	0	0	0	0
5,4	4,1	27	7,6	0	0	0	0
5,5	4,0	26	7,5	0	0	0	0
PROMEDIO	4,06	25,8	7,54	0	2	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Calidad nutricional del pudín de banano al 40% de banano con ácido cítrico**

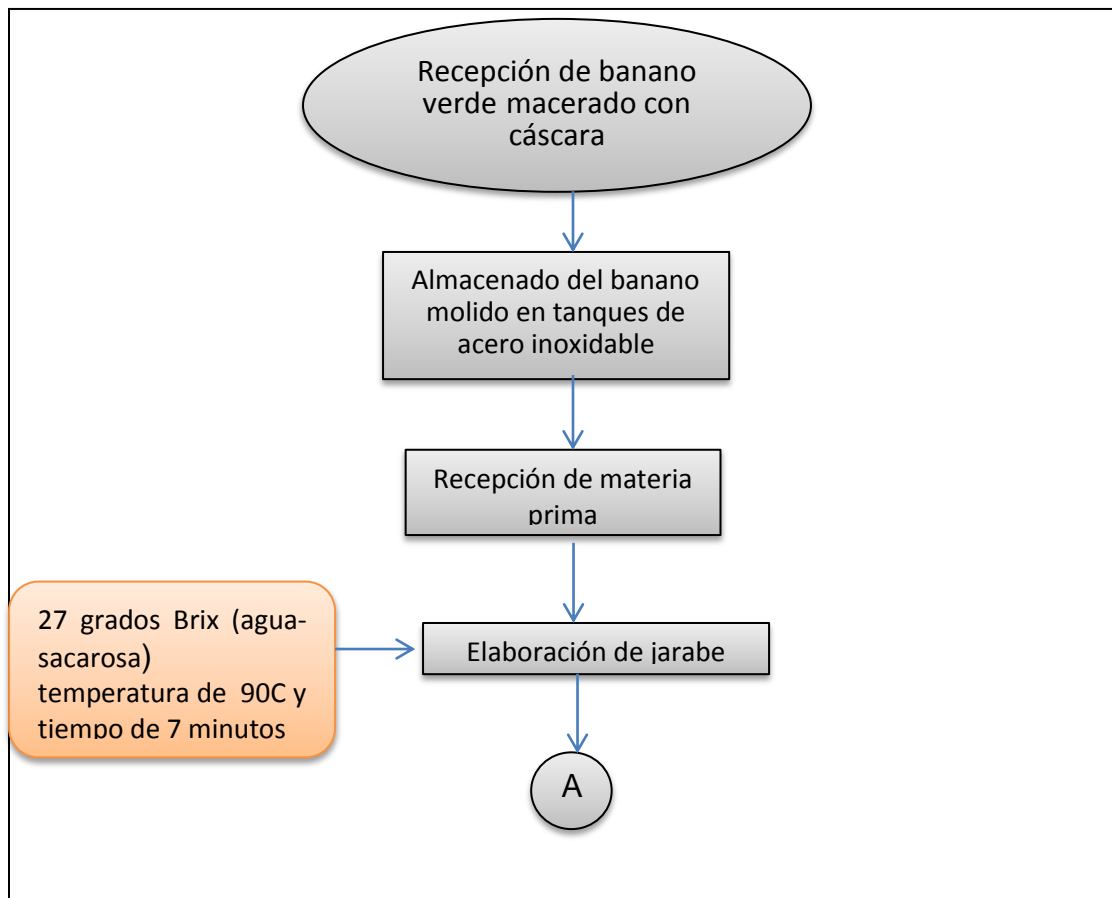
No. De formulación	PH	Grados Brix	Consistencia ( Bostwick)	Recuento bacteriano			
				Bacterias	Hongos, mohos, levaduras	E. Coli	Tinción de Gram
6,1	4,1	26	7,6	0	0	0	0
6,2	4,2	26	7,5	0	0	0	0
6,3	4,0	26	7,6	0	0	0	0
6,4	4,0	27	7,5	0	0	0	0
6,5	4,0	26	7,3	0	0	0	0
PROMEDIO	4,06	26.2	7,5	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

#### 4.4. Determinación del diseño del proceso de elaboración de pudín de banano

Se delimitaron las etapas necesarias para la elaboración de pudín de banano con cáscara fortificado con hierro, diseñando un proceso caracterizado por su optimización.

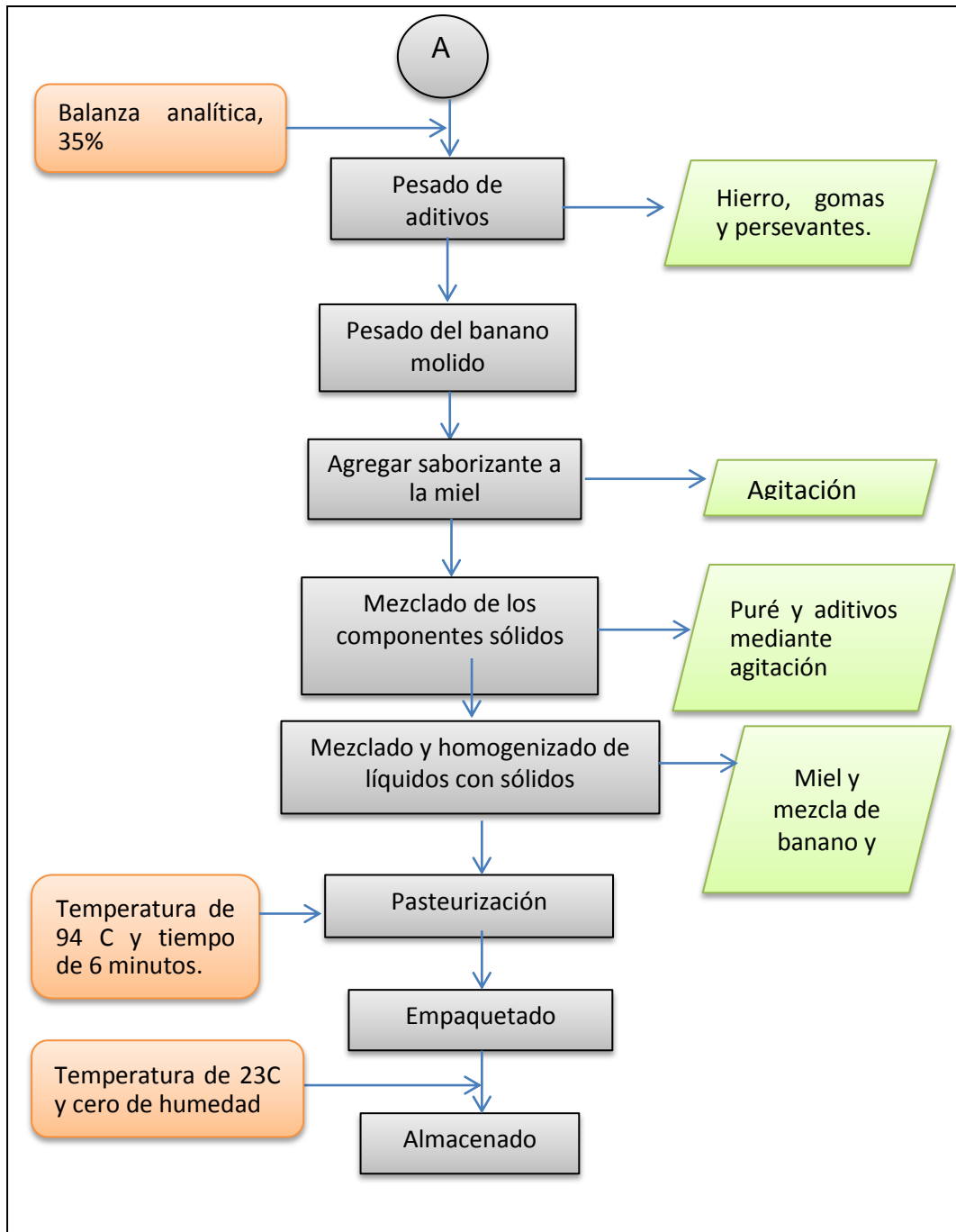
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso para la obtención de pudín de banano a partir de banano con cáscara fortificada hierro



Fuente: elaboración propia.



Figura 8. Diagrama de flujo del proceso para la obtención de pudín de banano a partir de banano con cáscara fortificada hierro



Fuente: elaboración propia.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este estudio se presenta la evaluación nutricional del banano de exportación; con cáscara o sin ella mediante un análisis proximal, con el cual se inició el desarrollo del proyecto para la formulación y elaboración del pudín de banano fortificado con hierro para la sustentación nutricional de niños de dos a diez años.

Los análisis proximales determinaron que los porcentajes de proteína cruda, cenizas, grasa, humedad, carbohidratos y energía eran mayores en banano con cáscara que sin ella. También se denotó que era más factible realizar la formulación a base de banano con cáscara por varios factores; existen mayores propiedades nutricionales en el banano con cáscara, que sin ella, sus características organolépticas varían poco debido a que el banano aún se encuentra verde, y la viabilidad de su molienda sin remover la cáscara a menor y gran escala es alta, por su costo y la pérdida de banano al ser pelado.

Al determinar los porcentajes de rendimiento de banano en el pudín ya sea; treinta, treinta y cinco, cuarenta de porcentaje en peso de banano de las formulaciones de pudín, se demostró que el mayor porcentaje de rendimiento es el de la formulación al cuarenta por ciento, por lo cual entre más banano se utilice más rentable será el producto, debido al máximo aprovechamiento del banano, siempre que sus características sensoriales sean atractivas al consumidor.

Luego de este estudio se procedió a realizar los análisis organolépticos; descriptivos, cuantitativos y discriminantes, los cuales se midieron mediante paneles sensoriales, determinando así, la aceptabilidad de las propiedades organolépticas del banano de las distintas formulaciones de pudín de banano.

La figura 2 evalúa el análisis descriptivo de la formulación al treinta por ciento, el cual muestra que el porcentaje de aceptabilidad es de cincuenta y nueve por ciento, en la figura 3 se denota que la formulación al treinta y cinco por ciento tiene el mayor porcentaje de aceptación con ochenta por ciento y mientras que en la figura 4 la formulación al cuarenta por ciento es de sesenta y cinco por ciento.

En la figura 5 se evaluó el análisis discriminante, el cual determinó la preferencia del consumidor entre las tres diferentes formulaciones; siendo el mayor porcentaje de setenta y cinco por ciento de la formulación al treinta y cinco por ciento de banano, diez y siete por ciento de la formulación al cuarenta por ciento y el de menor preferencia por un ocho por ciento de la formulación al treinta por ciento.

Se comprobó que la formulación con mayor aceptabilidad es la del treinta y cinco por ciento, mediante las observaciones tomadas se puede asumir que su causa fue que al cuarenta por ciento el pudín contenía una astringencia ácida y al treinta por ciento de banano la consistencia no era la adecuada, mientras que la formulación al treinta y cinco por ciento tenía el aroma, consistencia y el sabor más apto para el mercado objetivo.

Se evaluó la inocuidad y calidad nutricional del pudín de banano mediante análisis microbiológicos y de estabilidad. Es a través de esta afirmación que se desarrolló y estableció la hipótesis del proyecto; la cual establece; existe diferencia significativa entre la calidad nutricional e inocuidad de la formulación y los aditivos utilizados, a partir de la cual se determinó la metodología, que partiría de un análisis químico nutricional, a las formulaciones de pudín que comprendían de banano verde con cáscara como materia pura, así como mezclas de los mismos en distintas proporciones en peso y dos distintos evasores microbiológicos.

En las pruebas fisicoquímicas se logró mantener el rango de 3,8- 4,1 de PH; 25-28 grados Brix, en los análisis de consistencia de 7,5 - 9 grados bostwick y el recuento de colonias durante un período de incubación de nueve meses.

Se realizó un análisis de varianza mediante el factor de distribución de Fisher, a partir de dichas formulaciones de pudín, cuyos resultados demostraron que la hipótesis nula no era aceptable, debido a que en las formulaciones no existe diferencia significativa entre la calidad nutricional e inocuidad de la formulación y los aditivos utilizados.

Los dos evasores microbiológicos demostraron ser altamente eficientes, aunque varían insignificadamente en cuanto acidez. Esto debido a que el uso de ácido cítrico regula a pH más ácidos y grados Brix menores. Se eligió el ácido ascórbico como el aditivo para la formulación final, ya que transfiere menos astringencia ácida al producto y regula el pH hasta un rango aceptable.

En la tercera y última fase del proyecto se buscó diseñar un proceso para la obtención de pudín de banano formulado de manera óptima y económica, con mayor aceptación popular y con altos valores nutricionales; estas evaluaciones fueron realizadas en las dos fases anteriores.

El diseño se elaboró mediante un diagrama de flujo del proceso; esta herramienta permite identificar las etapas del proceso. En la figura 6 se muestra a exactitud el desglose de la formulación final del pudín de banano fortificado con hierro.

## CONCLUSIONES

1. Se eligió realizar la formulación a base de banano con cáscara por las siguientes razones; existen mayores propiedades nutricionales en el banano con cáscara, que sin ella. Las características organolépticas varían poco ya que el banano aún se encuentra verde, y la viabilidad de la molienda sin remover la cáscara es mayor.
2. El mayor rendimiento es el de la formulación al cuarenta por ciento de banano, con un 0,40816, debido a que se logra el aprovechamiento máximo del banano, sin afectar las características organolépticas aceptables para niños de dos a diez años.
3. Según figura 5, se determinó que la formulación al treinta y cinco por ciento de banano, obtuvo la mayor preferencia con setenta y cinco por ciento.
4. Acorde análisis organolépticos se determinó que la formulación al treinta y cinco por ciento, tenía el aroma, consistencia y el sabor más apto para el mercado objetivo.
5. Los análisis fisicoquímicos y de estabilidad de todas las formulaciones se mantuvieron en rangos de; grado de acidez: 3,8-4,1, grados Brix de: 25-28 y consistencia de: 7,5-9 grados Bostwick.

6. El análisis de varianza comprobó que la hipótesis nula no era aceptable, debido a que en las formulaciones no existe diferencia significativa entre la calidad nutricional e inocuidad de la formulación y los aditivos utilizados, ya que tanto el ácido cítrico, como el ascórbico demostraron ser altamente eficientes, aunque varían un poco en cuanto acidez.
7. Se eligió el ácido ascórbico como el aditivo para la formulación final, ya que transfiere menos astringencia ácida al producto y regula el pH hasta un rango aceptable.
8. Se diseñó un proceso para el pudín de banano formulado fortificado con hierro a treinta y cinco por ciento de banano en peso, el cual delimitó las etapas necesarias para la obtención del producto de una manera óptima y económica.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis químico nutricional al pudín de banano luego del proceso de fabricación, para determinar los porcentajes de nutrientes y compararlos con los obtenidos por el banano.
2. Evaluar los nutrientes del banano de exportación para diferentes zonas agrarias del país productoras de banano, tomando en cuenta altitud del terreno cultivado, aspectos de fertilización, variedad del banano.
3. Hacer una investigación de campo lo suficientemente grande, para determinar la aceptación del pudín de banano en el mercado alimentario.
4. Dimensionar los equipos industriales para una planta de producción a partir de la demanda diaria obtenida por una investigación de campo.
5. Dar a conocer y promocionar la existencia del producto, con el fin de lograr aceptación por parte del consumidor local y externo, que ha crecido, convirtiéndose en la actualidad en un producto con mucho potencial para el mercado interno y de exportación.
6. Que exista una promoción por parte del gobierno ya sea directamente o a través de la iniciativa privada, la industrialización más amplia del banano, lo cual beneficiaría a la economía nacional, para que no sólo se dependa de la exportación del banano como fruta, sino en productos derivados del mismo.





## BIBLIOGRAFÍA

1. *Almacenamiento y expedición*, [en Línea] <http://www.fao.org/docrep/05>  
[Consulta: 11 de septiembre de 2013].
2. *Bacteriological Analytical Manual*, 8a ed. Washington D.C, 1995, p.680.
3. CENGEL, Yunus A. *Transferencia de calor y masa*. Faddeeva, Sofía (rev.). 3a ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2007. ISBN-13: 978-0-07-312930-3. ISBN-10: 0-07-312930-7.p 420.
4. *Depósitos de documentación de la FAO, Departamento de Agricultura Nutrición y Protección al Consumidor*, [en Línea]: <http://www.fao.org/documents/en/docrep.jsp;jsessionid=28498E732F09C1E11983D1712D3B8872>deposito de doxumentos fao  
[Consulta: 1 diciembre de 2012].
5. *Desnutrición por falta de hierro en niños*, [en Línea]: <http://www.zonadiet.com/nutricion/hierro.htm#Funcioneslunes>  
[Consulta: septiembre de 2012].
6. MCCABE, Warren L.; SMITH, Julian C.,HARRIOT, Peter. *Operaciones unitarias en Ingeniería Química*. 4a ed. España: McGraw-Hill/Interamericana, 1991. ISBN: 0-07-044828-0. p.380.

7. *Métodos generales de análisis microbiológicos de alimentos*  
<http://www.unavarra.es/genmi/curso%20microbiologia%20general/11metodos%20analiticosgenerales.htm>.  
[Consulta: 1 de diciembre de 2012].
8. *Método oficial para la determinación de consistencia*  
<http://www.ciens.ucv.ve:8080/generador/sites/mmedina/archivos/Practica4.pdf>. [Consulta 12 de septiembre de 2013].
9. MURRAY, Patrick R., ROSENTHAL, Ken S., PFALLER, Michael A.  
*Microbiología médica*. 6a ed. España: Elsevier, 2009. ISBN: 978-84-8086-465-7.p. 320.
10. RODRÍGUEZ OJEDA, Luis. *Probabilidad y estadística básica para ingenieros*. Instituto de Ciencias Matemáticas, Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL, Guayaquil, Ecuador. 2007 p.370.
11. *Sala situacional desnutrición aguda (moderada y severa) <5 años*. De: Centro Nacional de desnutrición. [en línea]:  
<http://desnutricion.mspas.gob.gt/vig/2012/eventos%20prioritarios/DPE%20Sala%20Situacional%20acumulado%20SE%20202012.pdf>.  
[Consulta: septiembre de 2012, p.12.]
12. *Sensolab. Análisis organolépticos descriptivos cuantitativos* [en línea]  
<http://www.sensolab.net/servicio04htm>. [Consulta:1 diciembre de 2012]

13. WALPOLE, Ronald, MYERS, Raymond, MYERS, Sharon. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Cruz, Ricardo (trad.); Torre, Juan Antonio (rev.). 6a ed. México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., 1999 .752 p.ISBN: 970-17-964-6. p. 370.



## **APÉNDICES**



## BOLETAS PARA EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DEL PUDÍN DE BANANO

Figura 9. **Boleta de análisis descriptivo; cuantitativa**

**ANÁLISIS DESCRIPTIVO  
BOLETA DE PRUEBA  
HEDÓNICA POR ATRIBUTOS**

**No.  
Panelista**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_

**FECHA:** \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:** A continuación se le presentan tres muestras de Pudín de banano. Evalúe cada atributo de las muestras y marque con una X el valor del cuadro que mejor describa a cada atributo Tomando 1 como el valor más bajo, y 5 el máximo

<b>Apariencia</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
A					
B					
C					
<b>Color</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
A					
B					
C					
<b>Olor</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
A					
B					
C					
<b>Sabor</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
A					
B					
C					

¡Muchas Gracias!

Fuente: elaboración propia.



Figura 10. **Boleta de evaluación de prueba organoléptica descriptiva**

**ANALISIS DESCRIPTIVO**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_ **FECHA** \_\_\_\_\_

**NOMBRE DEL PRODUCTO** \_\_\_\_\_

Frente a usted hay tres muestras codificadas de (PUDIN DE BANANO), las cuales debe probar una a la vez y marque con una X su juicio sobre cada muestra.

**ESCALA MUESTRAS**

<b>Código</b>	<b>3383</b>	<b>1490</b>	<b>1645</b>
Me gusta muchísimo			
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta un poco			
Me gusta muy poco			
Me es indiferente			
Me disgusta un poco			
Me disgusta moderadamente			
Me disgusta mucho			
Me disgusta muchísimo			

**¡MUCHAS GRACIAS!**

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Boleta de análisis discriminativo**

<b>ANALISIS DISCRIMINATIVO BOLETA DE PRUEBA PREFERENCIA TRIPLE</b>		
<b>NOMBRE:</b> _____	<b>No. Panelista</b>	<input type="text"/>
<b>FECHA:</b> _____		
<p>INSTRUCCIONES: A continuación se le presentan tres muestras de: Pudín de banano. Pruébelas de izquierda a derecha tomando agua entre cada muestra. Señale qué muestra prefiere por qué.</p>		
<p><b>¿Qué muestra le prefiere o cuál le gusta más?</b></p>		
Muestra # <input type="text"/>	Muestra # <input type="text"/>	Muestra # <input type="text"/>
<p>¿Por qué? _____ _____</p>		
<p>¡Muchas Gracias!</p>		

Fuente: elaboración propia.

## MUESTRA DE CÁLCULO

Determinación de porcentaje de rendimiento teórico de banano por unidad:

$$\%R = \frac{PB}{PTU}$$

Donde:

PB: Peso de banano utilizado

PFU: Peso teórico por unidad

Determinación de porcentaje de rendimiento real de banano por unidad:

$$\%R = \frac{PB}{PFU}$$

Donde:

PB: Peso de banano utilizado

PFU: Peso final por unidad

## DATOS ORIGINALES

Resultados análisis proximales

Tabla XV. **Resultados del análisis proximal del banano con cáscara y sin cáscara**

<b>Contenido nutricional</b>	<b>Banano con cáscara</b>	<b>Banano sin cáscara</b>
Proteína cruda	< 0,1%	< 0,1%
Cenizas	0,6%	0,2%
Grasa	<0,1%	<0,05%
Humedad	80,7%	84,2%
Carbohidratos	18,5%	15,45%
Energía	75 Kcal/100 g	68 Kcal/100 g

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Porcentajes de banano utilizados y peso final por unidad**

<b>Porcentaje en peso de banano (%)</b>	<b>Peso final de la muestra (gr.)</b>
30%	98,00
35%	98,00
40%	98,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Resultados evaluación organoléptica descriptiva cuantitativa de la formulación 1**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>
Me gusta muchísimo	5	135	150	135	75
Me gusta moderadamente	4	105	90	102	96
Me es indiferente	3	45	48	33	60
Me disgusta moderadamente	2	15	12	27	45
Me disgusta mucho	1	0	0	3	24

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Resultados evaluación organoléptica descriptiva cuantitativa de la formulación 2**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>
Me gusta muchísimo	5	147	159	156	105
Me gusta moderadamente	4	99	93	111	108
Me es indiferente	3	42	42	15	54
Me disgusta moderadamente	2	12	6	18	33
Me disgusta mucho	1	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Resultados prueba organoléptica descriptiva cuantitativa de la formulación 3**

Descripción	Valor	Apariencia	Color	Olor	Sabor
Me gusta muchísimo	5	141	150	50	90
Me gusta moderadamente	4	111	90	111	81
Me es indiferente	3	42	48	21	72
Me disgusta moderadamente	2	6	12	18	57
Me disgusta mucho	1	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resultados de la evaluación organoléptica descriptiva**

Descripción	Valores	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Me gusta muchísimo	4	15	90	39
Me gusta mucho	3	33	75	45
Me gusta moderadamente	2	60	45	66
Me gusta un poco	1	69	30	45
Me es indiferente	0	48	6	30
Me disgusta moderadamente	-1	45	39	48
Me disgusta mucho	-2	24	15	18
Me disgusta muchísimo	-3	6	0	9
	Sumatoria	300	300	300

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Resultados de la evaluación organoléptica discriminante**

Muestra evaluada	Preferencia	Observaciones de panelistas
<b>A (30% de banano)</b>	25	Sabor más dulce y delicioso, buena consistencia.
<b>B (35% de banano)</b>	225	Sabor más amargo, olor agradable.
<b>C (40% de banana)</b>	50	Sabor natural y la apariencia más consistente.

Fuente: elaboración propia.

## DATOS CALCULADOS

Tabla XXII. **Porcentaje de rendimiento de banano en el pudín de banano**

Porcentaje en peso de banano (%)	Rendimiento teórico	Rendimiento real	Porcentaje de rendimiento (%)
30	0.30	0.3061	30.61
35	0.35	0.3571	35.71
40	0.40	0.4081	40.81

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Determinación de los porcentajes de prueba organoléptica descriptiva cuantitativa de la formulación núm. 1**

Descripción	Valor	Apariencia	Color	Olor	Sabor
Me gusta muchísimo	5	45	50	45	25
Me gusta moderadamente	4	35	30	34	32
Me es indiferente	3	15	16	11	20
Me disgusta moderadamente	2	5	4	9	15
Me disgusta mucho	1	0	0	1	8

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXIV. **Determinación de los porcentajes de prueba organoléptica descriptiva cuantitativa de la formulación núm. 2**

Descripción	Valor	Apariencia	Color	Olor	Sabor
Me gusta muchísimo	5	49	53	52	35
Me gusta moderadamente	4	33	31	37	36
Me es indiferente	3	14	14	5	18
Me disgusta moderadamente	2	4	2	6	11
Me disgusta mucho	1	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Determinación de los porcentajes de prueba organoléptica descriptiva cuantitativa de la formulación núm. 3**

Descripción	Valor	Apariencia	Color	Olor	Sabor
Me gusta muchísimo	5	47	50	50	30
Me gusta moderadamente	4	37	30	37	27
Me es indiferente	3	14	16	5	24
Me disgusta moderadamente	2	2	4	6	19
Me disgusta mucho	1	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Determinación de los porcentajes de la evaluación organoléptica discriminante**

Muestra evaluada	Porcentaje de preferencia
A (30% de banano)	8,3%
B (35% de banano)	75,0%
C (40% de banano)	16,7%

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Determinación de los porcentajes de prueba organoléptica descriptiva**

Descripción	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Me gusta muchísimo	5	30	13
Me gusta mucho	11	25	15
Me gusta moderadamente	20	15	22
Me gusta un poco	23	10	15
Me es indiferente	16	2	10
Me disgusta un moderadamente	15	13	16
Me disgusta mucho	8	5	6
Me disgusta muchísimo	2	0	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Análisis de varianza**

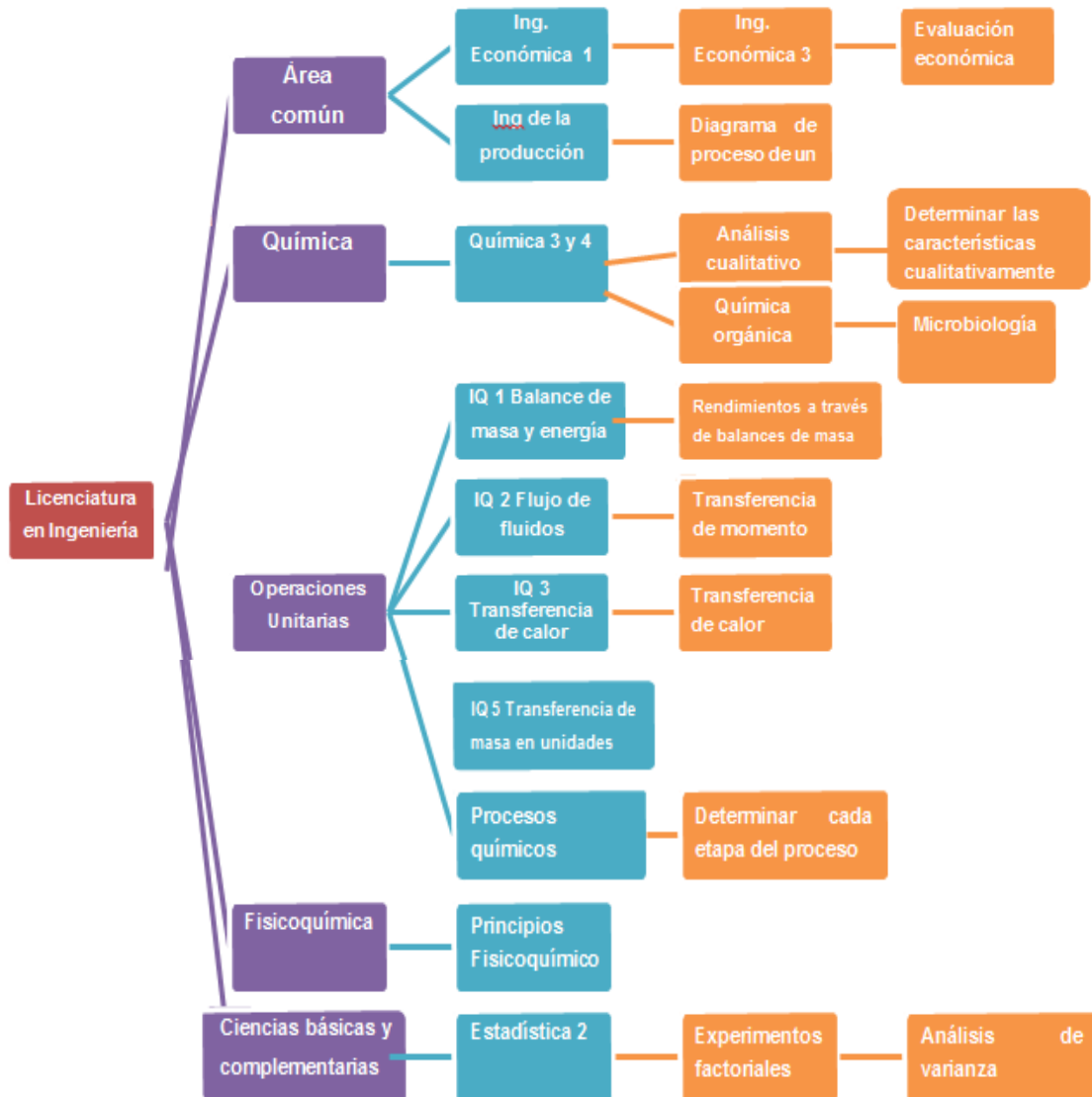
	<b>Ácido Ascórbico</b>	<b>Ácido cítrico</b>
Media	4.06	3.96
Varianza	0.032571429	0.025428571
Observaciones	15	15
Grados de libertad	14	14
F	1.280898876	
P(F<=f) una cola	0.324774856	
Valor crítico para F (una cola)	2.483725741	

Fuente: elaboración propia.

## **ANEXOS**



## TABLA DE REQUISITOS ACADÉMICOS



## ÁRBOL DE PROBLEMA

