



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UN CEREAL DE DESAYUNO
FORMULADO PARCIALMENTE CON HARINA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)**

Juan José Pérez Flores

Asesorado por el Ing. Vladimir Iván Pérez Soto

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UN CEREAL DE DESAYUNO
FORMULADO PARCIALMENTE CON HARINA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN JOSÉ PÉREZ FLORES

ASESORADO POR EL ING. VLADIMIR IVÁN PÉREZ SOTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Luis Pedro Ortiz de León
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UN CEREAL DE DESAYUNO
FORMULADO PARCIALMENTE CON HARINA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha abril de 2019.

Juan José Pérez Flores

Guatemala, 14 de marzo de 2019.

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Industrial
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación de la estudiante **Juan José Pérez Flores** carné número **200611031**, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Artes en Ciencia y Tecnología de los Alimentos**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Maestro. Ing. Vladimir Ivan Pérez S.
Asesor(a)

Vladimir Iván Pérez Soto
MSc. Ing. Químico
Colegiado No. 2232

Maestra. Inga. Hilda Piedad Palma Martini
Coordinadora de Área
Ciencias Aplicadas

Maestro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Cc: archivo/L.Z.L.A.

RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA: Proceso de Graduación aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011.



REF.DIR.EMI.143.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UN CEREAL DE DESAYUNO FORMULADO PARCIALMENTE CON HARINA DE PLÁTANO (Musa Paradisiaca)**, presentado por el estudiante universitario **Juan José Pérez Flores**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2019.

/mgp



DTG. 421.2019

La Decana 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 Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UN CEREAL DE DESAYUNO FORMULADO PARCIALMENTE CON HARINA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)**, presentado por el estudiante universitario: **Juan José Pérez Flores**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ingá. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, octubre de 2019

/gdech

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
3.1. Contexto general del problema.....	11
3.2. Descripción del problema	12
3.3. Formulación del problema	13
3.4. Preguntas de investigación.....	13
3.4.1. Pregunta principal.....	13
3.4.2. Preguntas secundarias	14
3.5. Delimitación.....	14
3.6. Viabilidad.....	15
4. JUSTIFICACIÓN	17
5. OBJETIVOS	19
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	21

7.	MARCO TEÓRICO	25
7.1.	Generalidades del plátano	25
7.1.1.	Morfología del plátano.....	26
7.1.1.1.	Sistema radicular o raíces	26
7.1.1.2.	Corno o rizoma.....	26
7.1.1.3.	Sistema foliar.....	27
7.1.1.4.	La inflorescencia y el racimo	28
7.1.2.	Condiciones de cultivo	28
7.1.2.1.	Clima	29
7.1.2.2.	Suelos	29
7.1.2.3.	Siembra	30
7.1.2.4.	Cosecha	30
7.1.3.	Importancia económica	31
7.1.4.	Distribución geográfica.....	32
7.1.5.	Estándares de calidad del plátano	33
7.1.6.	Plátano de rechazo	34
7.1.7.	Valor nutritivo del plátano.....	36
7.1.8.	Usos que se le han dado al plátano	38
7.1.9.	Propiedades funcionales del plátano.....	39
7.2.	Generalidades de los cereales.....	40
7.2.1.	Estructura interna de los cereales	41
7.2.1.1.	Salvado o cáscara.....	41
7.2.1.2.	Germen o embrión	41
7.2.1.3.	Endospermo o núcleo	41
7.2.1.4.	Valor nutritivo de los cereales	42
7.2.2.	Mejoramiento de harinas de cereales	43
7.3.	Cereales de desayuno	44
7.3.1.	Cereales utilizados en la fabricación de cereales de desayuno.....	44

7.3.1.1.	Trigo	45
7.3.1.2.	Maíz	45
7.3.1.3.	Avena	45
7.3.1.4.	Arroz	45
7.3.2.	Importancia económica.....	46
7.3.3.	Historia de los cereales de desayuno	47
7.3.4.	Materias primas utilizadas en la elaboración de cereales de desayuno.....	48
7.3.4.1.	Cereales y sus harinas	48
7.3.4.2.	Harina de plátano	49
7.3.4.3.	Azúcar	49
7.3.4.4.	Extracto de malta.....	50
7.3.4.5.	Sal	50
7.3.4.6.	Jarabe de maíz	50
7.3.4.7.	Vitaminas y minerales.....	51
7.3.4.8.	Aditivos alimentarios.....	51
7.3.5.	Presentación de los cereales de desayuno	51
7.3.5.1.	Cereales en copos o expandidos.....	51
7.3.5.2.	Cereales inflados, esponjados o expandidos	52
7.3.5.3.	Cereales integrales y ricos en fibra.....	53
7.3.5.4.	Muesli	53
7.3.6.	Procesos de elaboración de cereal.....	53
7.3.6.1.	Proceso de elaboración de cereal de desayuno a partir del grano entero	54
7.3.6.2.	Proceso de cocción por extrusión por expansión directa.....	55
7.3.7.	Análisis que deben realizarse al producto terminado.....	57

7.3.7.1.	Análisis sensorial.....	57
7.3.7.2.	Utilidad del análisis sensorial	58
7.3.7.3.	Formas de realizar un análisis sensorial.....	59
7.3.7.3.1.	Pruebas objetivas.....	59
7.3.7.3.2.	Pruebas hedónicas	60
7.3.7.4.	Análisis bromatológico	61
7.3.8.	Etiquetado nutricional.....	61
7.3.9.	Aditivos que pueden utilizarse en los cereales de desayuno.....	62
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	65
9.	METODOLOGÍA	69
9.1.	Diseño de investigación	69
9.2.	Tipo de estudio.....	69
9.3.	Alcance	70
9.4.	Contextualización.....	70
9.5.	Definición de variables e indicadores.....	71
9.6.	Criterios de inclusión y exclusión	73
9.7.	Técnicas de investigación	73
9.8.	Procedimientos	74
9.9.	Instrumentos de recolección de datos.....	76
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	79
11.	CRONOGRAMA	81
12.	RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	83

13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
14.	APÉNDICES.....	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proceso de desarrollo de nuevos productos	22
2.	Proceso de producción del cereal de desayuno a base de harina de plátano a nivel de laboratorio	23
3.	Gráfico de volumen de exportaciones en TM por año vs. Países compradores	31
4.	Distribución de la producción de la industria bananera a nivel nacional (%)	32
5.	Comercio del plátano	34
6.	Producción del plátano nacional total (TM) vs. Exportación.....	35
7.	Valor nutricional del plátano	37
8.	Estructura de los granos de cereales	41
9.	Valor nutritivo de los cereales (por 100 gramos).....	42
10.	Diagrama de proceso de elaboración de cereal de desayuno a partir de grano entero	54
11.	Diagrama de proceso de cocción por extrusión por expansión directa ..	56
12.	Aditivos aprobados por el RTCA para ser utilizados en cereales de desayuno.....	63
13.	Cronograma de actividades	81
14.	Árbol de problema	91

TABLAS

I.	Clasificación taxonómica del plátano	26
II.	Volumen de exportaciones agrícolas 2012-2016.....	32
III.	Importaciones y exportaciones de cereales y frutas en Guatemala.....	46
IV.	Variables e indicadores.....	71
V.	Herramientas estadísticas de comparación de más de dos muestras (ANOVA)	80
VI.	Recurso humano.....	83
VII.	Recurso de tecnología	84
VIII.	Materia prima.....	84

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
g	Gramos.
mg	Miligramos.
%	Porcentaje.

GLOSARIO

Aceptabilidad	La aceptación de los alimentos es el resultado de la interacción entre las características del alimento (composición química y nutritiva, estructura y propiedades físicas), las del consumidor (genéticas, etarias, estado fisiológico y psicológico) y las del entorno que le rodea (hábitos familiares y geográficos, religión, educación, moda, precio o conveniencia de uso). Esto influye en su actitud en el momento de aceptar o rechazar un alimento. (Costell, 2001).
Amilasa	Enzima que fragmenta el almidón en sus componentes. (RAE, 2018).
Almidón	Hidrato de carbono que constituye la principal reserva de casi todos los vegetales y tiene usos alimenticios e industriales
Banano	Fruta, variedad del plátano que se come cruda.
Bromatología	Ciencia aplicada y multidisciplinar que se ocupa del estudio de los alimentos desde todos los puntos de vista posibles: estructura, función, valor nutritivo, características higiénico-sanitarias, fabricación, calidad, alteraciones, conservación, análisis y

legislación. La bromatología es la ciencia que estudia todo lo relacionado con los alimentos antes de su entrada en el organismo. (Kuklinski, 2003).

Calidad

Adecuación de un producto o servicio a las características especificadas. (RAE, 2018).

CIF

Cost, Insurance & Freight. Costo, seguro y flete. La abreviatura va seguida del nombre del puerto de destino. El precio comprende la mercadería puesta en puerto de destino, con flete pagado y seguro cubierto. El vendedor contrata el seguro y paga la prima correspondiente. El vendedor solo está obligado a conseguir un seguro con cobertura mínima.

Extrusión

Dar forma a una masa metálica, plástica, etc., haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta. (RAE, 2018).

FOB

Free on Board. Libre a bordo. Va seguido del puerto de embarque. Significa que la mercadería es puesta a bordo del barco con todos los gastos, derechos y riesgos a cargo del vendedor hasta que la mercadería haya pasado la borda del barco, con el flete excluido. Exige que el vendedor despache la mercadería de exportación. Este término puede usarse solo para transporte por mar o vías acuáticas interiores.

Harina	Polvo menudo a que se reducen algunas materias sólidas, como el trigo y otras semillas, o tubérculos y legumbres. (RAE, 2018).
Laminado	Acción y efecto de laminar. Hacer láminas, planchas o barras con el laminador. (RAE, 2018).
Lípidos	Cada uno de los compuestos orgánicos que resultan de la esterificación de alcoholes, como la glicerina y colesterol, con ácidos grasos. (RAE, 2018).
Organoléptico	Que puede ser percibido por los órganos de los sentidos.
Potasio	Elemento químico metálico, alcalino, de número atómico 19, fundamental en las funciones celulares, blando, de color blanco plateado y muy abundante en la corteza terrestre, donde se encuentra en forma de sales, en muchos minerales y en el agua de mar. (RAE, 2018).
Plátano	Fruto comestible del plátano (planta musácea), que es una baya alargada, de diez a quince centímetros de longitud, algo encorvada y de corteza lisa y amarilla.
Proteína	Sustancia constitutiva de la materia viva, formada por una o varias cadenas de aminoácidos.

1. INTRODUCCIÓN

El plátano es una fruta que posee muchas propiedades debido a su fácil digestión y su alto valor nutricional, pues contiene vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B6 y fibra. Esta fibra favorece la flora bacteriana y estimula la digestión. Además, la pulpa del plátano es rica en carbohidratos y en aminoácidos como la lisina, leucina y valina, entre otros. Todo esto hace que el plátano sea un alimento energético, nutritivo y de bajo costo, que es consumido por familias de todos los estratos sociales. (Canto y Castillo, 2011).

En Guatemala la producción de plátano y banano se encuentra dentro de las más importantes. Para el año 2010, la producción de plátano fue de 232 mil toneladas métricas, proveyendo trabajo y desarrollo a las comunidades que se encuentran cerca de las plantaciones de este. El sector bananero guatemalteco es uno de los mayores cultivadores de banano a nivel mundial y también uno de los más competitivos, ya que una tercera parte de las importaciones de banano que ingresan a Estados Unidos provienen de Guatemala. Para el plátano en específico el desarrollo no se ha dado al mismo ritmo que el banano, lo cual representa una oportunidad para el sector. (Ministerio de Economía del Gobierno de Guatemala, 2011).

Las normas de calidad con las que son evaluadas estas frutas para exportación son bastantes estrictas, lo cual influye en el porcentaje de rechazo de producto, el cual puede ser utilizado en la alimentación local de las personas, así como en la creación de nuevos productos.

De los frutos verdes puede obtenerse harina o fécula que puede utilizarse para la producción de diversos alimentos como el cereal de desayuno. El proceso de la harina se elabora pelando, secando y triturando el plátano. Para evitar el oscurecimiento de la pulpa que se produce después del pelado y durante la maceración, es recomendable someter el fruto al vapor antes de pelar la pulpa, cortarla y deshidratarla. Este es un método barato que facilita también la eliminación de la cáscara, sobre todo si no se cuenta con maquinaria especial de pelado. (González, 2017)

Para su industrialización, la harina de plátano debe ser muy fina al tacto. Esta harina puede ser utilizada entonces en la preparación de cereales, panes y otros productos. Se le ha usado generalmente como un elegido en la nutrición de las personas afectadas por diversos trastornos intestinales y en pacientes con la enfermedad celiaca.

La elaboración de un cereal de desayuno a base de harina de plátano podría representar una solución nutritiva y económica para la población con enfermedades intestinales, la desnutrición, la anemia, la diabetes, el colesterol alto y enfermedad celiaca, y es una propuesta de inversión que invita a un mejor aprovechamiento de los recursos agrícolas de un país, para poner a disposición del consumidor con una opción diferente en sabor y presentación.

En el capítulo 1 se describirá el marco teórico con la información relevante que respalda la investigación con relación a todo lo relacionado al plátano, desde las generalidades de la planta hasta sus partes, las condiciones de cultivo, la importancia económica que tanto el plátano como el sector bananero han tenido en Guatemala, la distribución geográfica de la siembra de la planta en Guatemala, los cereales, su estructura interna, su valor nutritivo y cómo la mezcla de distintas harinas provenientes de cereales con harinas provenientes

de frutas puede ayudar a tener subproductos más nutritivos que los productos que son ofrecidos actualmente en el mercado, y al mismo tiempo favorecer a reducir los desechos de estas industrias. También se describe los cereales, la importancia que estos tienen en la dieta diaria y cómo han ido formando parte de la industria de cereales de desayuno.

En el capítulo 2 se presentan los resultados de la formulación, comportamiento de la harina en el proceso de producción, aceptabilidad y el valor nutritivo. En el capítulo 3 se presenta la discusión de resultados de todos los procesos de la investigación. Y, por último, se presentan las conclusiones y las recomendaciones a las que se llegó después de realizar todo el proceso.

2. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan temas relacionados con la investigación y los aportes que brindan al estudio.

La industria bananera ha sido una industria importante para Guatemala desde hace varias décadas. El banano y el plátano producidos por las bananeras que cumplen con los estándares internacionales son exportados a distintos países, siendo el mayor consumidor Estados Unidos, lo que ayuda a generar empleos y desarrollo en las áreas en donde se lleva a cabo la actividad productiva.

En los últimos años la industria bananera ha tenido un crecimiento en sus producciones de banano, no así en las producciones de plátano. Esto ha llevado a la industria a realizar una autoevaluación, a la cual, para el año 2011, se le conoció como ISDE Banano, Análisis Sectorial. Dentro de este análisis, las bananeras llegaron a la conclusión de que, debido a que la industria nacional no procesa el banano ni el plátano, existe una oportunidad para la creación de nuevos productos que todavía no ha sido explotada. (Ministerio de Economía del Gobierno de Guatemala, 2011). Este antecedente muestra una oportunidad que se tiene como industria de desarrollar nuevos productos, por lo que ayuda en el planteamiento del problema de la falta de creación de nuevos productos provenientes del plátano y a la justificación del presente proyecto.

El plátano es una fruta que tiene muchos usos. En otros países en donde el plátano es una importante fuente de alimento para la población, ya es tomado en cuenta para reducir la dependencia de la harina de trigo extranjera. En

Nigeria, por ejemplo, Adenijil (2015) menciona que la harina hecha con una mezcla de harina de trigo y harina de plátano (85 – 15%) fue la mejor mezcla que pudieron encontrar, debido a que un 100% de harina de plátano es una harina muy suave para la panificación industrial. Se evidencia entonces que la harina de plátano es panificable y amigable para el horneado y para procesos industriales, por lo que este antecedente será útil en el planteamiento del problema y la justificación, el marco teórico, la metodología y las técnicas de análisis de información.

Hernández Aguirre, en la tesis *Efecto del proceso en la calidad y digestibilidad de pasta sin gluten*, desarrolló un producto tipo pasta a partir de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*) y comparó los efectos de los métodos de extrusión y laminado, en su calidad y aceptabilidad. En su investigación llegó a la conclusión de que el proceso de extrusión favorece la formación de una estructura compacta, con menos poros, lo cual ayuda al planteamiento de la metodología y planteamiento del problema al momento de realizar un cereal de desayuno a base de harina de plátano.

Ramírez (2018), en el estudio *Formulación de harina de plátano verde (Musa Paradisiaca) fortificada con zinc y hierro. Estudio realizado en el departamento de Escuintla, Guatemala, diciembre 2017 a febrero 2018*, describe el proceso de elaboración de harina de plátano y la buena aceptación por parte de las personas que realizaron un análisis organoléptico a la harina por medio de atol y panqueques. Se obtuvo el resultado de que 85% de las personas que fueron entrevistadas encontraron agradable el sabor de los productos elaborados con harina de plátano, además de que, mediante un análisis nutricional se determina que la mayor parte del mismo corresponde a los carbohidratos totales. La información que este estudio posee es de gran ayuda para la definición del problema y marco teórico del presente estudio.

Juárez y otros autores (2006), en el trabajo *Composición, digestibilidad y aplicación en la elaboración de pan de harina de plátano*, evaluaron la composición y digestibilidad de pan elaborado 100% con harina de plátano, y llegaron a la conclusión de que “dicha harina es un ingrediente potencial en la elaboración de productos con carbohidratos de bajo índice glucémico”. (Juárez; et al, 2006).

Por otro lado, Agama y otros autores (2009), en el estudio *Pasta con harina de plátano inmaduro: estudio físico, de textura y de preferencia*, prepararon diferentes mezclas de harina de plátano y semolina para la elaboración de espagueti. En el estudio llegaron a la siguiente conclusión: “El contenido de almidón total fue mayor al 45% presentando menor contenido de almidón disponible, se observó que el contenido de almidón resistente y la fracción no digerible aumentaba en relación con la cantidad de harina de plátano añadida”. (Agama; et al, 2009).

Otro estudio realizado por Aparicio, Osorio, Agama, Islas y Bello (2013), en el que se elaboró tortillas a base de harina de plátano, concluyó que el cambio en la composición química y digestibilidad de las tortillas podría ser una alternativa para población con requerimientos dietéticos especiales.

Estos tres antecedentes ejemplifican lo que es posible realizar con la harina de plátano en conjunto con otras harinas, lo cual refuerza la idea de la creación de productos a base de harina de plátano, por lo que colaboran con la justificación del presente proyecto.

Se ha considerado a la harina de plátano en estado inmaduro como una fuente natural de almidón resistente, reportando un contenido de entre 47% y 57%. Zhang y Hamaker (2012) encontraron que la resistencia a la hidrólisis de

los gránulos de almidón de plátano es atribuida a la estructura granular del almidón nativo. El almidón resistente es importante, ya que numerosos estudios han demostrado que tienen funciones fisiológicas similares a la de la fibra dietética. Este antecedente da mayor detalle acerca de las propiedades de la harina de plátano como tal, por lo que será útil en la justificación y el marco teórico del presente proyecto.

A nivel nacional se han encontrado dos proyectos importantes relacionados a dar un uso industrial tanto al plátano como al banano de rechazo, y a la creación de productos a partir de estos. El primer antecedente es de la autora Gil (2011) y se refiere a la creación de una bebida nutritiva a base de un concentrado de plátano, enriquecido con zinc, en Mazatenango, Suchitepéquez. El segundo es de Reyes (2014), con su tesis *Montaje de una planta de producción de jalea a partir del aprovechamiento del banano de desecho en el municipio de Tiquisate, Escuintla*. Ambos antecedentes describen el proceso de creación de un nuevo producto para la industria bananera y aportan conocimientos teóricos, ayudando a dar un contexto de creación de productos a partir del desecho de la industria bananera. Ambos antecedentes, por lo tanto, pueden ser utilizados en el planteamiento del problema del presente proyecto, la justificación de este, el marco teórico y las técnicas de análisis de información, ya que son ejemplos bastante recientes.

Con respecto a la elaboración de cereales de desayuno utilizando harinas distintas a la harina de trigo, la autora Robles (2013), en su trabajo *Elaboración de cereales de desayuno fortificados con harina de amaranto y frutas deshidratadas*, describe cómo un cereal de desayuno puede ser un alimento funcional al momento de introducir harina de amaranto en la formulación de un cereal de desayuno realizado a través del proceso de extrusión. También describe el proceso de extrusión y las distintas variables

que pueden llegar a afectarlo, así como los distintos tipos de extrusores que son utilizados en la industria alimentaria. Por el contenido teórico que este trabajo tiene, será de gran utilidad en la elaboración del marco teórico y del planteamiento del problema del presente trabajo.

Otro estudio, realizado por Silva (2013) y titulado *Diseño de planta agroindustrial para la elaboración de un alimento funcional tipo cereal de desayuno a base de harina de chocho (Lupinus mutabilis), amaranto (Amaranthus sp.), con trigo (Triticum vulgare) y Avena (Avena sativa)*, concluye que la mejor formulación para el proceso del alimento es aquella que presenta los granos de trigo molidos secados a temperaturas relativamente bajas (40 °C) y mayor tiempo de horneado (70 min), obteniendo un porcentaje mayor de hojuelas en buen estado por lote de producción. Debido a que este estudio aporta varias definiciones del trigo, así como de los cereales de desayuno y de los alimentos funcionales, también será de gran utilidad en el marco teórico.

De León (2017), en la tesis *Guía con información del contenido de azúcar, grasas, fibra y sodio de los cereales de desayuno. Estudio realizado en supermercados del área urbana de la Ciudad de Guatemala. 2017*, hace una clasificación de los cereales con el objetivo de crear una herramienta de información tanto para los profesionales de la nutrición como para el público en general, para que al momento de seleccionar un cereal de desayuno, ya sea para niños o adultos, este sea los más nutritivo posible, sin dejarse influenciar por la mercadotecnia de las grandes compañías. Este estudio determina que los cereales tienen como ingrediente principal al maíz (31%), seguido de la avena (29%) y al trigo (27%). También determina que la mayoría de los cereales de desayuno presentes en los supermercados más grandes de Guatemala tienen un alto contenido de azúcar (88%), la mitad tiene alto contenido de fibra dietética (51%) y el 79% tiene un contenido medio de sodio. Debido a que

contiene mucha información acerca de los cereales que se consumen en Guatemala y sus principales ingredientes, este antecedente será útil en el planteamiento del problema, justificación y marco teórico del presente estudio.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general del problema

El sector bananero en el estudio *Iniciativas sectoriales para el desarrollo empresarial* (2011) establece que dentro de los desafíos que tiene como sector, dar un valor extra a sus productos y establecer formas de procesarlos en el país es uno de los más importantes. Como sector empresarial, han podido determinar que es necesario aumentar su variedad de productos y/o clientes para poder dar mayor crecimiento al cultivo del plátano en específico, ya que dentro del mismo estudio se determina que el único producto que ha crecido en términos de cultivo ha sido el banano. (Ministerio de Economía del Gobierno de Guatemala, 2011). En otros países, donde el plátano es también un cultivo importante, ya se ha empezado a utilizar la harina de plátano para realizar distintos productos de panadería. Se puede tomar el ejemplo de Nigeria, en donde se han realizado estudios de distintas aplicaciones de la harina de plátano con el objetivo no solo de crear productos más nutritivos, sino también para realizar productos con materias primas que se producen en su territorio que puedan tener aplicaciones industriales, y de esta manera reducir las importaciones de granos de trigo. (Adeniji, 2015)

En Guatemala, los cereales más utilizados para la fabricación de cereales de desayuno son el maíz, la avena y el trigo. (De León, 2017). Se observa que las harinas provenientes de legumbres o frutas no son tomadas en cuenta para la realización de cereales de desayuno, lo que supone un nicho de mercado que todavía no ha sido aprovechado.

3.2. Descripción del problema

La panificación es el proceso que más estudios de mezclas de harina ha provocado. En México se realizó el estudio *Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con la harina de trigo*, el cual concluye que la harina de trigo es deficiente en aminoácidos y en carbohidratos no digeribles, por lo que el mezclarlas con harinas provenientes de legumbres y frutas proporciona estos nutrientes. Por lo tanto, puede ser una buena opción para personas que buscan productos alimenticios con mayor valor nutritivo. (Torres, Jimenez y Bárcenas, 2014). Estos estudios todavía no han sido puestos en práctica para otros tipos de aplicaciones industriales, como por ejemplo la extrusión o la laminación de masa hecha a partir de mezclas de harina para la producción de cereales de desayuno.

El banano y el plátano son los frutos que mayormente son consumidos por la sociedad guatemalteca. Según el estudio *Análisis de la situación alimentaria en Guatemala*, realizado por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), el 74% de las personas a nivel nacional consume bananos y plátanos dentro de su dieta normal, en comparación con un 54% de las personas que consumen un cereal de desayuno. (Menchú, 2011). Estos datos dan una premisa de que el gusto de los guatemaltecos por el plátano puede ayudar a que se fabrique un cereal de desayuno a nivel nacional, con harina de plátano, y que sea bien recibido por los consumidores.

Dentro de la misma línea del estudio realizado por el INCAP, la FAO realizó un boletín llamado *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*, en el cual se dan ciertos ejemplos de cómo Guatemala ha reducido sus pérdidas y desperdicios de alimentos, y da un marco para entender que es mediante la utilización de los desperdicios generados por las

grandes empresas que se pueden crear nuevos alimentos con valor nutritivo para la población. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015). Esto tomó sentido para la industria bananera en el estudio *Iniciativas sectoriales para el desarrollo empresarial* (ISDE, 2011).

Por lo anterior, y dado que en la Ciudad de Guatemala los cereales de desayuno actualmente son hechos a base de harinas refinadas, siendo las tres más usadas maíz, avena y trigo, según De León, las opciones para las personas con diabetes, enfermedades intestinales y personas con hábitos alimenticios sanos son pocas, por lo tanto significa una opción de mercado que todavía no ha sido explotado, por lo cual se hace necesario producir un cereal formulado parcialmente con harina de plátano que cumpla con las necesidades nutricionales, de calidad y de inocuidad que el cliente está exigiendo cada vez más, en una industria alimenticia cada vez más exigente con respecto a los reglamentos del país.

3.3. Formulación del problema

La subutilización del plátano como un alimento accesible y como posible fuente de harina para la creación de más productos, en específico de un cereal de desayuno.

3.4. Preguntas de investigación

3.4.1. Pregunta principal

¿Qué formulación será la más adecuada para producir un cereal de desayuno con sustitución parcial de harina de trigo con harina de plátano (*Musa paradisiaca*) a nivel de laboratorio?

3.4.2. Preguntas secundarias

- ¿Cuál es la formulación de una mezcla de harinas para la elaboración de un cereal de desayuno con diferentes porcentajes de harina de plátano (*Musa paradisiaca*) y harina de trigo?
- ¿Cuáles son las características de calidad que debe presentar la mezcla de harina de plátano (*Musa paradisiaca*) durante el proceso de fabricación del cereal de desayuno?
- ¿Cuál será el valor nutritivo del cereal de desayuno elaborado a base de una mezcla de harina de plátano (*Musa paradisiaca*)?
- ¿Un cereal de desayuno con sustitución parcial de harina de plátano será aceptado organolépticamente por el consumidor final?

La innovación es necesaria, además de la explotación de los recursos que ya se producen en el país. No solo puede solucionar un problema relacionado con la subutilización de productos agrícolas, si no que puede llegar a producir nuevos empleos, generando nuevas materias primas para la industria de cereales de desayuno, lo cual ampliará la oferta de este tipo de producto y contribuirá a que la productividad y el desarrollo del país vayan mejorando cada vez más.

3.5. Delimitación

- Geográfica: la investigación se llevará a cabo en la Ciudad de Guatemala, debido a que, según el INCAP, en la ciudad es en donde se consume más cereales de desayuno. Se realizará con equipo prestado por parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, debido a la necesidad del estudio bromatológico del producto final; y por parte de

personas particulares, ya que el equipo necesario para manufacturar el producto será proporcionado por personas interesadas en el proyecto.

- Temporal: la investigación teórica será realizada durante el segundo semestre de 2018. La investigación de campo, junto con la parte experimental y la recolección de datos, se llevará a cabo en el primer semestre de 2019.
- Disciplinar: la investigación corresponde a la disciplina de desarrollo e investigación de nuevos productos.

3.6. Viabilidad

El producto se elaborará a escala de laboratorio, por lo que se necesitaría maquinaria que sea adecuada para dicha prueba. Las balanzas, rodillos, hornos, entre otros, serán proporcionados por un centro de capacitación (INTECAP) de panadería, y serán útiles para elaborar el producto. El horno deberá ser de convección industrial, ya que de esta manera se podrán obtener mediciones de temperatura, además que se evaluará el comportamiento de la harina durante todo el proceso de producción del cereal de desayuno, con menor cantidad de materia prima, menor cantidad de insumos, menor cantidad de horas-hombre, entre otros.

Las materias primas como la harina de trigo, además de azúcar, sal y los aditivos antioxidantes, se consiguen en diferentes puntos de venta a nivel nacional. La harina de plátano no es un producto común en Guatemala, pero si es común en Suramérica y en los Estados Unidos, por lo que sería la única materia prima que se necesitaría importar. Se puede concluir que obtener la materia prima, la maquinaria y el medio ambiente para poder realizar el cereal de desayuno a base de harina de plátano (*Musa paradisiaca*) es viable.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de graduación se presenta en la línea de investigación de desarrollo y formulación de productos alimenticios funcionales e innovadores, de la Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, debido a que muchos productos alimenticios son subutilizados durante su proceso de producción, generando pérdidas y desperdicios para las empresas y una baja productividad a nivel macroeconómico.

En Guatemala son pocas las empresas que poseen personal cuya función sea específicamente el desarrollo y la investigación de nuevas formas de utilizar el producto que fabrican. Esto conlleva un costo de oportunidad oculto, ya que se dejan de atender futuros posibles mercados y se puede perder la oportunidad de darle mayor crecimiento a la empresa.

La industria de los alimentos frescos, como las frutas y los vegetales, ha venido creciendo, y cada vez es mayor la cantidad de inversionistas que desean invertir en ellas. Un ejemplo de este crecimiento ha sido la industria bananera, la cual ha tenido un gran y constante crecimiento en su producto estrella: el banano. Pero el plátano, su otro producto, se ha quedado relegado, aunque se ha mantenido estable en los últimos años. (Ministerio de Economía del Gobierno de Guatemala, 2011). La mayoría de la producción de la industria bananera es para exportación, y los productos que no logran ser exportados, debido a requerimientos de calidad, son comercializados en el mercado interior o simplemente son desechados. Esto no solo afecta la seguridad alimentaria de un país con grandes índices de desnutrición y pobreza, si no también significa

un costo de oportunidad alto para la industria, además de afectar su productividad y sus ganancias como empresa.

Según el *Análisis de la situación alimentaria en Guatemala*, se puede concluir que los productos de la industria bananera son más consumidos a nivel nacional que los productos derivados de la harina de trigo. También se determina que 35% de las personas que se encuentran en pobreza extrema consume cereales de desayuno, y el 60% de las personas catalogadas como no pobres consume cereales de desayuno. (INCAP, 2011). Los datos presentados por este estudio se pueden tomar como indicadores preliminares de que la formulación de un cereal de desayuno a base de harina de plátano puede tener un mercado que no ha sido explotado y que además signifique innovación y desarrollo para una industria que se mantiene en constante crecimiento, siendo esta la trascendencia del estudio.

La mezcla de harinas ha sido importante para el desarrollo de nuevos productos, y aunque es un proceso bastante común en la industria de la panificación, para la realización de cereales de desayuno no se han encontrado marcas comerciales que actualmente utilicen harinas provenientes de legumbre o frutas, lo que constituye una oportunidad para crear productos más nutritivos para lo que se acostumbra a llamar el tiempo de comida más importante del día: el desayuno. (Torres, Jiménez, Bárcenas, 2014).

Es por eso que, para el estudio de nuevos productos, es importante que siempre se tenga un enfoque vanguardista, que permita una mayor diversidad de opciones en el mercado, de tal manera que los recursos se exploten de manera correcta, sin generar muchos residuos y que permitan un producto final económico.

5. OBJETIVOS

General

Elaborar un cereal de desayuno con sustitución parcial de la harina de trigo por harina de plátano (*Musa paradisiaca*) a nivel de laboratorio en la ciudad de Guatemala.

Específicos

1. Formular una mezcla de harinas para la elaboración de un cereal de desayuno con diferentes porcentajes de harina de plátano (*Musa paradisiaca*) y harina de trigo.
2. Determinar cuáles son las características de calidad de las formulaciones de harina de plátano (*Musa paradisiaca*) durante el proceso de fabricación.
3. Determinar el valor nutritivo del cereal por medio de análisis bromatológico (análisis de macronutrientes y vitamina A).
4. Determinar la aceptabilidad organoléptica a través de una escala hedónica de 5 puntos del cereal de desayuno a base de harina de plátano (*Musa paradisiaca*).

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Las necesidades que se estarán cubriendo al momento de elaborar el cereal de desayuno formulado parcialmente con harina de plátano (*Musa paradisiaca*) serían las siguientes:

1. Utilizar la harina de plátano (*Musa paradisiaca*) en la formulación de un producto alimenticio, con el objetivo de evaluar su comportamiento en las diferentes etapas del proceso de producción, dejando documentados los resultados para que en un futuro puedan replicarse utilizando harina de plátano proveniente de plátanos desechados por la industria bananera.
2. Elaborar un cereal de desayuno a base de harina de plátano (*Musa paradisiaca*), con el objetivo de crear una nueva opción saludable y nutritiva, que sea comparable con las opciones en el mercado y que sea evaluada por el consumidor final para determinar su nivel de aceptación.
3. Publicar los resultados de la investigación, tanto teórica como experimental, ya que es necesario que las personas conozcan las propiedades de la harina de plátano (*Musa paradisiaca*) para que pueda ser evaluada su utilización en la producción de otros productos alimenticios.

El esquema de solución para estas necesidades es el siguiente: con respecto a la necesidad de utilizar la harina de plátano (*Musa paradisiaca*), es necesario aplicar el siguiente procedimiento:

Figura 1. **Proceso de desarrollo de nuevos productos**



Fuente: Carro, R.; Gonzáles, D. (2012). *Diseño y selección de bienes y servicios*.

El presente diseño de investigación pretende llegar hasta la fase de prueba del producto y llegar a las conclusiones sobre los diferentes análisis que se deberán realizar al producto, para determinar si la harina de plátano puede ser utilizada en otros procesos industriales además de la panificación.

Con respecto a la necesidad de la creación de un cereal de desayuno que sea nutritivo y saludable, el presente proyecto pretende realizar las pruebas necesarias de formulación, elaboración y evaluación para crear un cereal de desayuno con harina de plátano (*Musa paradisiaca*), por lo que al obtener los resultados y las conclusiones se estaría resolviendo esta necesidad. Es imperativo, sin embargo, determinar el proceso de producción con el que se elaborará dicho cereal de desayuno.

Figura 2. **Proceso de producción del cereal de desayuno a base de harina de plátano a nivel de laboratorio**



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Generalidades del plátano

La historia del plátano y cómo fue introducido en América no es clara. Se sabe que los cruzamientos de las especies *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*, cuyo origen es en la península de Malaya, son el origen de las variedades conocidas en América (Fuentes, 2014). El plátano tiene su origen en el sureste de Asia, “incluyendo el Norte de la India, Burma, Camboya y parte del Sur de China, las Islas mayores de Sumatra, Java, Borneo, las Filipinas y Taiwan” (Gil, 2011). Los plátanos que se cultivan en países con clima tropical, dentro de los que se incluye a Guatemala, proceden de dos especies silvestres del género *Musa* que habitan en el sureste asiático: el plátano malayo y el plátano macho. A partir de ellas se han obtenido más de un millón de híbridos, razas o cultivares de agradable sabor y alto valor nutritivo. (López y Pérez, 2011).

Han existido muchos cruces de especies de plátano a lo largo de los años, y es por este motivo que saber con exactitud en qué momento fueron introducidas las especies que se conocen hoy en día en Guatemala es bastante difícil. Sin embargo, han existido distintos autores que concuerdan en la clasificación taxonómica del plátano. Un ejemplo es el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarios (INIFAP), que presenta la clasificación taxonómica del plátano de la siguiente manera:

Tabla I. **Clasificación taxonómica del plátano**

División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsidae
Orden	Zingiberales
Familia	Musa
Especie	M. Malvisiana o Paradisiaca

Fuente: INFAP, (2005).

7.1.1. Morfología del plátano

Como cualquier planta, el plátano posee raíz, tallo, hojas, flores y frutos, la diferencia es que todas las partes tienen nombres específicos. “La planta del plátano está formada por el sistema radicular, el cormo o rizoma, el sistema foliar y la inflorescencia que da origen al racimo”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004).

7.1.1.1. Sistema radicular o raíces

“Se conforma por raíces adventicias, fasciculadas y fibrosas. La mayor parte se desarrolla entre los 20 a 60 centímetros del suelo. Su color varía según la edad y etapa del desarrollo. La longitud de las raíces está condicionada por la textura y la estructura del suelo y pueden alcanzar hasta 5 metros de longitud si no son obstruidas”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004). Como en cualquier planta, es la parte donde todos los nutrientes son absorbidos del suelo.

7.1.1.2. Cormo o rizoma

El cormo se ocupa de trasladar los nutrientes del suelo a toda la planta.

“El corno es considerado el verdadero tallo de la planta, el cual es subterráneo, con ramificaciones monopódicas, originándose de este las hojas que parten del meristemo apical que se encuentra en la parte superior del rizoma. El tallo está formado por muchos entrenudos cortos, cubiertos externamente por la base de las hojas. De los nudos brotan las raíces adventicias. Un corno desarrollado correctamente puede llegar a medir de 25 a 40 centímetros de diámetro y pesar de 6.9 a 11.5 kilogramos”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004).

7.1.1.3. Sistema foliar

El sistema foliar se refiere a las hojas de la planta. Tiene como función llevar a cabo la fotosíntesis en la planta

“El sistema foliar del plátano está formado por cuatro partes: ápice, limbo, pecíolo y vaina. El ápice es un órgano temporal, que dirige la hoja a través y hasta el ápice del seudotallo. El limbo es la lámina que está compuesta por dos semilimbos, la nervadura central, nervaduras laterales y finalmente las bandas denominadas pulvinares. La hoja posee forma ovalada, con un extremo apical cónico, su color depende del estado nutricional de la planta. El seudopeciolo es la porción de la hoja que une la vaina con la nervadura central, la cual soporta y permite la divergencia de las laminas foliares. Por último, la vaina, la cual es una estructura foliar que tiene su origen en la túnica meristemática apical del tallo subterráneo, formando una estructura erecta, cilíndrica denominada seudotallo, la cual se encarga de soportar el sistema foliar, el tallo

aéreo y la inflorescencia”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004).

7.1.1.4. La inflorescencia y el racimo

La inflorescencia se refiere a la flor de la planta. Para que inicie el crecimiento de la flor, la planta necesita alcanzar cierto grado de madurez.

“La inflorescencia inicia una vez ocurrida la diferenciación floral (la planta ha producido la mitad de las hojas), la cual después de terminados los procesos fisiológicos conduce a la formación del racimo. Una vez que el ápice de la inflorescencia aparece en la parte superior de la planta (bellota), esta se continúa desarrollando verticalmente hasta salir del seudotallo y tornarse péndula. Las brácteas se levantan secuencialmente y dejan al descubierto las manos. Después una serie de doblamientos de los péndulos hacen que las filas de los frutos cambien de posición hasta que el racimo adquiere su forma definitiva”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004).

El racimo hace referencia al fruto como tal, es decir, al plátano. “El racimo está formado por frutos sin polinización y su desarrollo está condicionado única y exclusivamente por la acumulación de la pulpa en las paredes internas del pericarpio”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004).

7.1.2. Condiciones de cultivo

A continuación, se presentan las condiciones con las que tiene que cumplir el platano.

7.1.2.1. Clima

“El plátano es una planta adaptada a regiones tropicales que poseen un clima húmedo y cálido. La altitud apta para su siembra es de 0 a 400 msnm, moderado de los 400 a 800 msnm y no apto mayor a los 800 msnm. La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo es entre los 20 y 30 °C, la moderada de 30 a 35 °C y no apto inferior a 20 y mayor a 35 °C.

Requiere de grandes cantidades de agua para su desarrollo. Se recomienda sembrar el plátano en zonas cuya precipitación oscila entre 1800 y 3600 mm de promedio anual, la moderada oscila entre 1200 a 1800 y 3600 a 4600 mm y la precipitación no apta es menor a 1200 mm y mayor a 4600 mm anuales”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004).

7.1.2.2. Suelos

“Se recomienda realizar las plantaciones en suelos de topografía plana con pendientes de 0 a 3%, la moderada es de 3 a 8% y la no apta son aquellas pendientes superiores a 8%. Con respecto a la profundidad, los suelos aptos son aquellos con una profundidad efectiva mayor a 90 cm, los moderados de 60 a 90 y los no aptos menores a 60 cm de profundidad. Las texturas del suelo aptas son los franco, franco limosa, franco arcilla limosa, franco arenosa fina y con buena retención de humedad (porosidad y capilaridad óptima), los moderados son las texturas finas (menor a 60% de arcilla) o moderadamente finas y los suelos no aptos son las texturas muy finas o moderadamente gruesas. El pH óptimo es de 6.0 a 7.0, el

moderado es de 4.5 a 6.0 y de 7.0 a 8.0 y el no apto es inferior a 4.5 y mayor a 8.0". (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004).

7.1.2.3. Siembra

“Una buena alternativa que se practica actualmente es la producción intensiva de plátano que contempla la siembra de altas densidades a un solo ciclo de cultivo. El plátano se puede sembrar en cualquier época del año con la condición de que haya suficiente humedad en el suelo. Para lograr uniformidad en el desarrollo vegetativo se debe sembrar en lotes homogéneos por tamaño de semilla”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004).

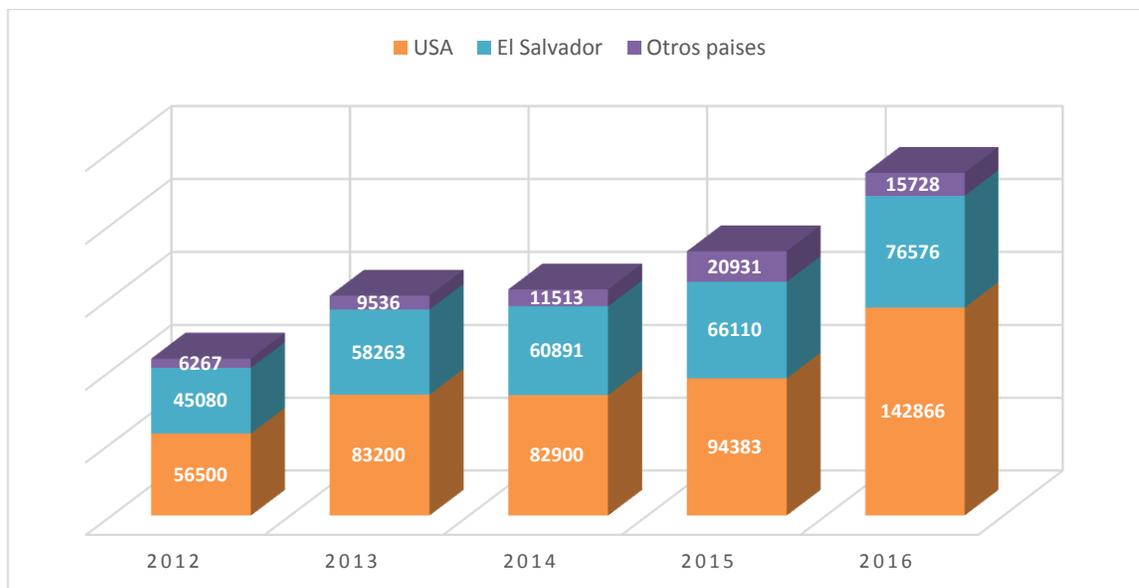
7.1.2.4. Cosecha

“El plátano debe cosecharse verde, en el punto de madurez fisiológica ideal, para que llegue al mercado de color verde, fresco y de buena calidad. Esto se logra programando adecuadamente el encinte y embolse para determinar la edad de cosecha mediante cintas de colores de acuerdo con la semana de embolse y futuro corte. La determinación de la cosecha se realiza tomando en cuenta de grado de corta, edad fisiológica y época de año. Para efectos de exportación, se requiere que la planta tenga como mínimo 4 hojas sanas de promedio”. (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2004)

7.1.3. Importancia económica

El plátano es la fruta tropical más cultivada, siendo a nivel global una de las cuatro más importantes, solo detrás de los cítricos, la uva y la manzana. A nivel nacional la industria bananera es una de las más importantes, después del azúcar y el café (Reyes, 2014), ya que la mayoría de sus productos son exportados, siendo Estados Unidos el cliente que mayores cantidades compra. Según cifras del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, las exportaciones han venido creciendo con un promedio de un 84% en los últimos 4 años.

Figura 3. **Gráfico de volumen de exportaciones en TM por año vs países compradores**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2016). *El agro en cifras*.

Tabla II. **Volumen de exportaciones agrícolas 2012-2016**

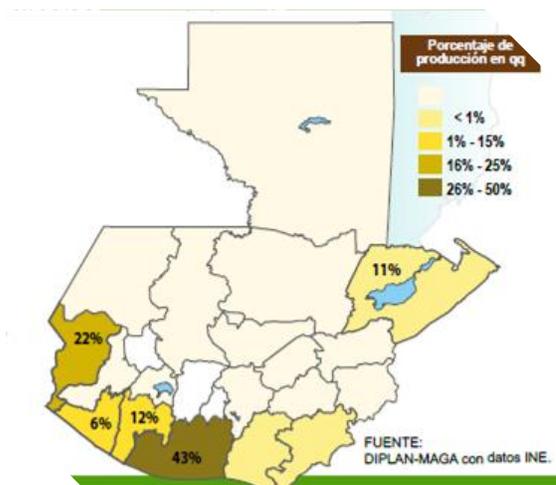
Volumen y monto de las exportaciones, período 2012 - 2016					
Año	2012	2013	2014	2015	2016
TM	116.861,04	151.065,99	155.369,00	181.412,93	235.170,84
US\$	32.731.865,00	38.922.956,00	40.675.265,00	46.196.679,00	74.623.365,00

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2016). *El agro en cifras*.

7.1.4. **Distribución geográfica**

La producción nacional está distribuida de la siguiente manera: Escuintla, con un 43% de la producción total de plátanos, es el departamento que mayor producción tiene en el territorio; le sigue San Marcos con un 22%, Suchitepéquez con un 12% e Izabal con 11% (MAGA, 2016).

Figura 4. **Distribución de la producción de la industria bananera a nivel nacional (%)**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2016). *El agro en cifras*.

A pesar de las cifras que muestran un crecimiento constante en la exportación de plátanos, existen ciertos desafíos que la industria bananera ha podido identificar que pueden transformarse en oportunidades. Uno de los desafíos identificados es que en el país no se procesa el plátano para darle un mayor valor agregado al producto. (ISDE, 2011). A pesar de que existen estudios nacionales relacionados a la industria del banano a nivel nacional, un gran porcentaje de ellos están relacionados al cultivo y cosecha del fruto, siendo la minoría estudios relacionados a cómo transformar el banano en un producto con valor agregado.

7.1.5. Estándares de calidad del plátano

Las características de calidad que deben cumplir los plátanos de todas las categorías se pueden describir de la siguiente manera:

- Verdes, sin madurar.
- Enteros.
- Consistentes.
- Sanos, se deberán excluir los productos alterados que los hagan impropios para el consumo.
- Limpios, que no contengan de materias extrañas.
- Con el pedúnculo intacto, sin pliegues ni ataques fúngicos y sin desecar.
- Sin deformaciones y sin curvaturas anormales de los dedos.
- Que no contengan humedad exterior anormal.
- Sin olores y sabores extraños

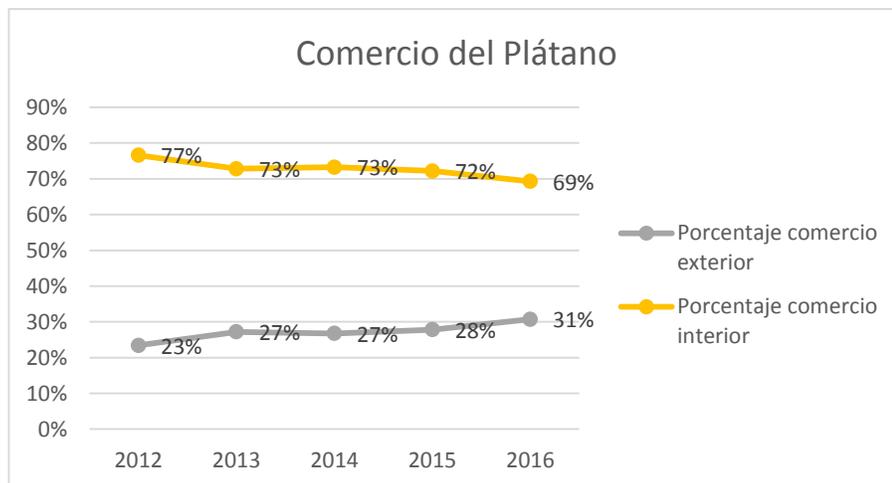
Además, las manos y manojos deben soportar el transporte y manipulación, para lo cual es necesario tener un sistema de distribución en óptimas condiciones. Esto con el fin de que el producto llegue en estado

satisfactorio al lugar de destino y alcance, con un grado de madurez apropiado antes de llegar al consumidor final.

7.1.6. Plátano de rechazo

La producción total de plátano estimada para el año 2016 fue de 7,653,500.00 quintales, es decir 765,350.00 toneladas métricas. En ese mismo año las exportaciones fueron de 235,170.84 toneladas métricas (MAGA, 2016).

Figura 5. Comercio del plátano

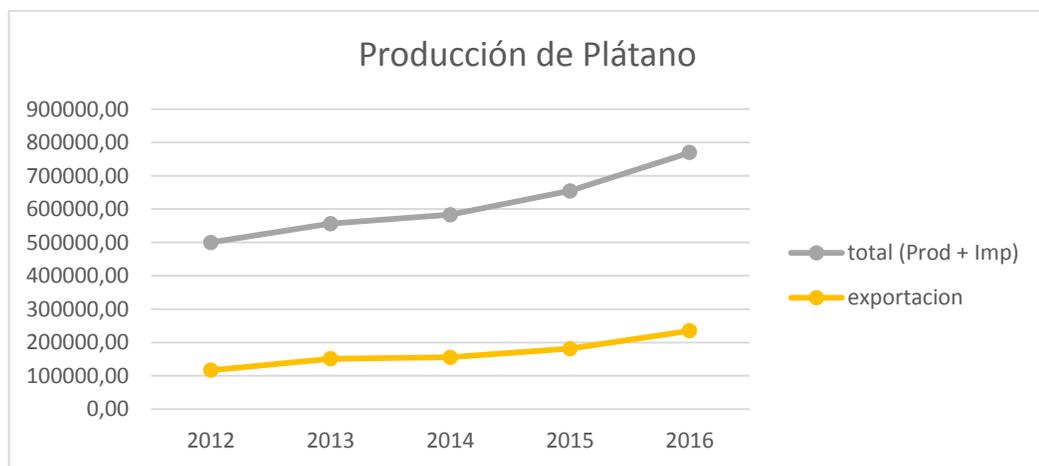


Fuente: elaboración propia.

Una diferencia de 530,179.16 toneladas métricas de producto se quedan en territorio nacional, ya sea por no cumplir con los requerimientos de calidad de los países importadores de plátano, o porque se produce muchísimo más de lo que se demanda en el exterior. En la siguiente grafica se visualiza cómo del 100% que se produce en el país, para el año 2016 el 69% de la producción fue para comercializar en Guatemala, lo que se puede considerar plátano de rechazo, y un 31% de la producción fue para la exportación. A estos datos se

suman las importaciones de plátano que, aunque mínimas, han venido aumentando, siendo México el principal proveedor. Tomando en cuenta la producción y las importaciones, la producción total de plátano se puede graficar de la siguiente manera:

Figura 6. **Producción del plátano nacional total (TM) vs. Exportación**



Fuente: elaboración propia.

“Debido a los estándares de calidad y a la vida de anaquel del banano, la cantidad de rechazo es de 208.855,00 toneladas anuales, el cual se encuentra en buenas condiciones de consumo. La industria bananera ha tenido este problema desde antes del año 1998”. (Reyes, 2014). Los datos proporcionados por el MAGA (2016) indican que las exportaciones han venido creciendo, pero que la cantidad de producto de rechazo todavía es bastante grande, por lo que la creación de una empresa que procese el plátano y que le otorgue un valor agregado es una oportunidad que puede tener altas posibilidades de llevarse a cabo.

7.1.7. Valor nutritivo del plátano

La primera transformación en el plátano es la maduración, cuando el almidón se transforma en azúcar (sacarosa, glucosa y fructosa). El plátano es un alimento alto en energía y cuyos hidratos de carbono son fácilmente asimilables. También es fuente de vitaminas A y E, minerales (fósforo, potasio y zinc) y antioxidantes (vitamina C o ácido ascórbico). (Gil, 2011).

“El plátano maduro es un alimento que ayuda a la digestión, ya que ayuda a la secreción de jugos gástricos. Por este motivo es empleado en la dieta de personas afectadas por trastornos intestinales y en la de niños de corta edad. Tiene un valor energético alto y es una importante fuente de vitaminas B y C. El plátano es pobre en proteínas y lípidos, aunque su contenido en estos componentes supera al de otras frutas”. (Lopez G. y Gómez F. 2014).

Según las Fundación Española de la Nutrición:

“El plátano no está contraindicado en diabéticos, a pesar de su alto contenido de hidratos de carbono, ya que estos son absorbidos lentamente (índice glucémico bajo), sin provocar una subida rápida de los niveles de glucosa en la sangre.

El plátano también contiene insulina y otros fruto-oligosacáridos no digeribles por las enzimas intestinales, que llegan al tracto final del intestino y tiene efectos beneficiosos sobre el tránsito intestinal. La insulina puede contribuir a la reducción del riesgo de enfermedades degenerativas como las enfermedades

cardiovasculares, diabetes tipo II, obesidad, osteoporosis o cáncer, mediante la producción de compuestos derivados de la fermentación colónica, estimulación del sistema inmune, aumento de la biodisponibilidad de minerales y metabolismo de lípidos.

El plátano es rico en magnesio y potasio, aunque en menor grado. Este último ayuda a prevenir calambres, lo que combinado con la energía que proporciona, lo convierte en una fruta ideal para reponerse durante actividades deportivas. Además provee una cantidad de sodio muy baja. Al ser rico en potasio y pobre en sodio, el plátano es un alimento adecuado en caso de hipertensión”. (Fundación Española de la Nutrición, 2016-2018).

Figura 7. Valor nutricional del plátano

	Por 100 g de porción comestible	Por unidad mediana (160 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (Kcal)	94	99	3.000	2.300
Proteínas (g)	1,2	1,3	54	41
Lípidos totales (g)	0,3	0,3	100-117	77-89
AG saturados (g)	0,11	0,12	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	0,04	0,04	67	51
AG poliinsaturados (g)	0,09	0,10	17	13
ω-3 (g)*	0,052	0,055	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico (ω-6) (g)	0,039	0,041	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	20	21,1	375-413	288-316
Fibra (g)	3,4	3,6	>35	>25
Agua (g)	75,1	79,3	2.500	2.000
Calcio (mg)	9	9,5	1.000	1.000
Hierro (mg)	0,6	0,6	10	18
Yodo (µg)	2	2,1	140	110
Magnesio (mg)	38	40,1	350	330
Zinc (mg)	0,23	0,2	15	15
Sodio (mg)	1	1,1	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	350	370	3.500	3.500
Fósforo (mg)	28	29,6	700	700
Selenio (µg)	1	1,1	70	55
Tiamina (mg)	0,06	0,06	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	0,07	0,07	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	0,8	0,8	20	15
Vitamina B ₆ (mg)	0,51	0,54	1,8	1,6
Folatos (µg)	22	23,2	400	400
Vitamina B ₁₂ (µg)	0	0	2	2
Vitamina C (mg)	10	10,6	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	18	19,0	1.000	800
Vitamina D (µg)	0	0	15	15
Vitamina E (mg)	0,2	0,2	12	12

Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras y col., 2013. (PLÁTANO). Recomendaciones: Ingestas Recomendadas/día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada. Recomendaciones: Objetivos nutricionales/día. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2011. Recomendaciones: Ingestas Dietéticas de Referencia (EFSA, 2010). 0: Virtualmente ausente en el alimento. * Datos incompletos.

Fuente: Fundación Española de la Nutrición. 2016-2018.

7.1.8. Usos que se le han dado al plátano

- Producto fresco, acompaña a carnes, se consumen hervidos, en postres y helados.
- Secado de plátano, tiene mucho interés en el abastecimiento de alimentos, para evitar la pérdida de las frutas durante el almacenamiento y transporte, a menudo los bananos son procesados antes de ser comercializados.
- Elaboración de harina, el almidón de la pulpa del plátano presenta un contenido de 32% de amilasa, de estructura cristalina tipo B, y sus granos presentan un polimorfismo en su forma y tamaño, durante la maduración del plátano el contenido de almidón total y resistente, así como el contenido de carbohidratos disminuyen significativamente.
- Producción de vinagre de forma artesanal.
- Plátano asado y frito en África, el frito es un plátano común, el “futu” es plátano maduro hervido molido y a veces se le añade yuca (*Manihot esculenta*) y ñame (*Colocasia esculenta*); y el “apiti” es plátano hervido triturado molido con arroz
- Concentrados son sustancia a la que se ha retirado parte del líquido para disminuir su volumen (jugo de la fruta).
- Hojuelas de plátano: secas o fritas.
- Jugos de fruta contienen 100% fruta, el néctar contiene 20% de fruta y las bebidas de fruta contiene 10% fruta.
- Elaboración de vino. En Venezuela es un jugo de plátano fermentado.
- Elaboración de cerveza en muchas comunidades de África oriental y central.
- Mermeladas y jaleas.
- Consumo de flores como verduras.

- Alimentación animal. La cáscara de bananos y plátanos es una fuente sustancial de energía y proteínas.
- Las hojas se utilizan como material de embalaje y muy apreciadas por rumiantes y gallinas, además que se pueden utilizar para cobertura de techos.

7.1.9. Propiedades funcionales del plátano

La pulpa del plátano posee muchos beneficios nutricionales, siendo el potasio uno de los más conocidos. Aunque el potasio puede encontrarse en otros alimentos, como diferentes frutas, verduras e incluso en carnes, solo el plátano proporciona el 23% del requerimiento diario de potasio. El potasio ayuda al buen funcionamiento de los músculos, disminuye la presión arterial y disminuye el riesgo de accidentes cerebrovasculares. (López y Gómez, 2014).

El plátano también es rico en vitaminas A, B₆, C y D. Con respecto a la vitamina B₆, el plátano proporciona el 41% de requerimiento diario, lo que ayuda a que personas diagnosticadas con depresión o síndrome premenstrual tengan un mejor humor, debido a su alto contenido de vitaminas. “En estado inmaduro, el plátano posee una alta concentración de almidón (70%) en comparación con la fruta en estado maduro”. (López y Gómez, 2014). Esto hace que la industria moderna de alimentos actualmente esté empezando a darle mayor importancia, debido a los distintos usos que se le pueden dar, como por ejemplo adhesivo, ligante, enturbiante, entre otros.

De la cáscara del plátano también se pueden obtener beneficios alimenticios. La cáscara es rica en proteínas, ácidos grasos poliinsaturados, potasio, fibra dietética y aminoácidos esenciales. “La cáscara de plátano se considera una fuente natural de compuestos antioxidantes para la elaboración

de alimentos funcionales con efecto en contra de enfermedades del corazón, así como el cáncer” señalan los autores López y Gómez (2014).

7.2. Generalidades de los cereales

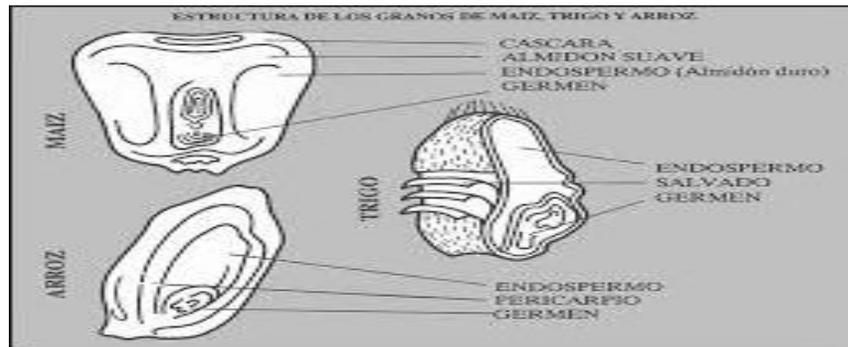
“Los cereales son las semillas de las gramíneas en las que se incluyen el maíz, trigo, arroz, cebada, avena y centeno. Los cereales se cultivan con facilidad, pueden transportarse convenientemente y almacenarse por períodos largos, son más baratos que otros alimentos y su preparación para consumo es fácil”. (INCAP, 2004-2010).

“Los cereales son considerados como la base de grandes civilizaciones, y constituyeron una de las principales actividades agrícolas humanas. Las culturas europeas se formaron en torno al trigo, las civilizaciones del Extremo Oriente en torno al arroz, las de América cultivaron el maíz y, en África, el sorgo y el mijo”. (Robles, 2013)

Por ser un alimento básico, la demanda de cereales a nivel mundial es mayor que la de otros alimentos. Su consumo se realiza en su forma natural o transformándolos en harina. Se utilizan también como alimento para animales (ganado, cerdos, aves).

7.2.1. Estructura interna de los cereales

Figura 8. Estructura de los granos de cereales



Fuente: INCAP. (2004-2010). *Contenidos actualizados de nutrición y alimentación*.

7.2.1.1. Salvado o cáscara

“Es la serie de capas que cubren y protegen al endospermo y al germen. Esta parte es alta en celulosa que forma parte de la fibra y no puede ser digerida por el organismo humano. Contiene algunas vitaminas del complejo B, proteína y hierro”. (INCAP, 2004-2010) Aquí se incluyen el pericarpio y la testa.

7.2.1.2. Germen o embrión

“Se localiza cerca del extremo inferior del grano y es el que genera la nueva planta. Cotiene proteína, niacina, tiamina, riboflavina y un alto porcentaje de grasa que hace que el grano se ponga rancio con facilidad, por lo que generalmente se separa para hacer harina”. (INCAP, 2004-2010).

7.2.1.3. Endospermo o núcleo

“Es la parte de reserva del grano, que permite el desarrollo de una nueva planta; de el se obtiene la harina y está formado basicamente

por grandes cantidades de almidón y una proporción menor de proteína. Constituye la mayor porción del grano del cereal” (INCAP, 2004-2010)

7.2.1.4. Valor nutritivo de los cereales

“Todos los granos de cereal tienen un valor nutricional similar, aunque la forma y el tamaño en cada uno sea diferente. Las diferencias en el valor nutricional ocurren cuando los grano se someten a procesamiento”. (Robles, 2013)

“El mayor contenido de proteína lo tiene el trigo duro seguido del centeno y la avena. La cebada tiene mayor contenido de fibra, seguida de la avena. El maíz tiene el más alto contenido de grasa. En cuanto a minerales, la avena y la cebada tienen mayor contenido de hierro y de calcio, mientras que el centeno y el trigo tienen mayor contenido de fosforo”. (INCAP, 2004-2010)

Figura 9. **Valor nutritivo de los cereales (por 100 gramos)**

VALOR NUTRITIVO DE LOS GRANOS DE CEREALES (POR 100 GRAMOS)									
Cereal	Calorías	Proteínas (g)	Carbohidratos (g)	Grasa (g)	Fibra (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Fósforo (mg)	Tiamina (mg)
Avena (mash)	378	14.4	66.1	6.9	6.6	5.2	5.5	414	0.61
Cebada	348	9.7	75.4	1.9	6.5	55	4.5	341	0.4
Centeno	334	12.1	73.4	1.7	1.8	38	3.7	376	0.4
Sorgo	342	8.8	76.3	3.2	2.3	19	3.7	299	0.4
Trigo Duro	330	12.3	71.7	1.8	2.3	46	3.4	354	0.5

Fuente: INCAP. Valor Nutritivo de Granos y Raíces. [Serie Aprendiendo Nutrición No. 5]. Guatemala, 1966. T.C.A. Primera y segunda sección. Menchú, M; et. al. Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. Primera Sección. Guatemala, INCAP, 1996. Menchú, M; et. al. Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. Segunda Sección. Guatemala, INCAP, 2000.

Fuente: INCAP. (2004-2010). *Contenidos actualizados de nutrición y alimentación.*

“Se consideran la principal fuente de hidratos de carbono y fibra de la dieta, además que brindan un aporte hasta del 20% de proteína siendo de un valor biológico bajo, por lo que debe ser complementado con algún otro alimento de los grupos de los lácteos, carnes y legumbres”. (De León, S. 2017)

7.2.2. Mejoramiento de harinas de cereales

Las harinas suelen tener mejores aspectos nutricionales al momento de ser mezcladas con harinas de leguminosas o de frutas. Se han hecho estudios de estos mejoramientos principalmente en la industria panificadora.

“La harina de trigo es la más utilizada en panificación debido a que contiene proteínas requeridas para formar un gluten con las características necesarias para elaborar pan de buena calidad. Sin embargo, dada su naturaleza de cereal, el trigo es deficiente en lisina, aminoácido esencial para los seres humanos. Además el contenido de fibra de la harina comúnmente usada para la elaboración de pan es insignificante, como resultado del proceso de refinación del grano de trigo.

Una posible solución a las deficiencias del trigo son las leguminosas, las cuales contienen lisina. Esta mezcla ha dado lugar a productos con alta cantidad proteica. Con respecto a la harina realizada con frutas (por ejemplo, el plátano) contienen almidón resistente, el cual es considerado un tipo de fibra asociado a la disminución del índice glucémico de la dieta, y a la reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, por no ser digerible por el sistema digestivo humano.

Las harinas obtenidas de frutas inmaduras como mango y plátano, son fuentes importantes de carbohidratos no digeribles como almidón resistente (17.5%) y polisacáridos no amiláceos como fibra dietética (14.5%). El almidón resistente presente en frutas inmaduras se comporta como fibra soluble, a propósito de la actual búsqueda de nuevas fuentes de fibra dietética en la industria alimentaria”. (Torres, Jiménez y Bárcenas, 2014).

7.3. Cereales de desayuno

A continuación, se detallan los distintos cereales que pueden ser utilizados en la elaboración de cereales de desayuno y sus características.

7.3.1. Cereales utilizados en la fabricación de cereales de desayuno

Para realizar un cereal de desayuno es posible utilizar una o más harinas de distintos cereales, ya que las harinas se pueden mezclar para dar características específicas al producto que se desea fabricar. Dependiendo del valor nutritivo de cada una de las harinas agregadas, también será necesario agregar vitaminas y minerales, con el objetivo de cumplir con el requerimiento diario recomendado de estos nutrientes. (Silva, 2013).

De acuerdo con la literatura, “existe una gran variedad de materias primas para la producción de cereales de desayuno, entre los más utilizados se encuentran: trigo, maíz, arroz, avena, cebada, entre otros. Adicional a ello algunas veces se agregan frutas, frutos secos, cacao, malta, miel y leche”. (De León, 2017).

7.3.1.1. Trigo

Para dicho producto es necesario el proceso de molienda para la utilización como harina o sémola. Durante este proceso ocurren pérdidas del valor nutritivo. “Al obtener como producto final la harina de trigo, el componente en mayor cantidad es el almidón. El aporte nutricional de este es un 61% de hidratos de carbono, 10% de proteína y únicamente un 2% de lípidos, también cuenta con un 10% de fibra”. (Robles, 2013) (De León, 2017).

7.3.1.2. Maíz

Este producto es muy especial, ya que, por sus diversas presentaciones, en este caso colores, obtiene otros componentes que le brindan el color peculiar al maíz. El aporte nutricional de hidratos de carbono es de un 65%, de proteína un 9% y de lípidos contiene un 3.8%, mientras que el aporte de la fibra es de 9.2%. (De León, 2017).

7.3.1.3. Avena

“La avena (avena sativa) posee un grano con un gran interés nutricional por su contenido en fibra soluble, posee un 66.3% de hidratos de carbono, pero además es un cereal muy valorado por su riqueza en proteínas (16.9%) y aminoácidos esenciales” (Robles, 2013)

7.3.1.4. Arroz

“El arroz (Oriza, sp) después del trigo es el cereal más consumido en el mundo por el ser humano, y en el continente de Asia es el primero. El componente mayoritario, como en todos los cereales, son los hidratos de carbono (87%). Contiene un 8% de proteínas y un 1.4% de fibra. El contenido proteico es inferior al de otros cereales, aunque de calidad superior, la grasa es prácticamente inexistente (0.6%). La mayor parte de las vitaminas

(principalmente del grupo B, como el ácido fólico) y minerales como el potasio, fósforo, magnesio y calcio, se encuentran en las capas externas. El arroz aporta 361 Kcal por cada 100g". (Robles, 2013)

Tabla III. **Importaciones y exportaciones de cereales y frutas en Guatemala**

Comercio Exterior								
Guatemala: Valor (CIF) de las Importaciones y Valor (FOB) de las Exportaciones Totales								
Clasificados por Capítulo del sistema Arancelario Centroamericano								
Comercio General, años 2013 - 2016 Cifras en US Dólares								
Número y nombre del capítulo (SAC)	Exportaciones				Importaciones			
	2013	2014	2015	2016	2013	2014	2015	2016
Total Anual (capítulos del 1 al 97)	10.024.794.292	10.803.467.863	10.674.779.867	10.462.558.861	17.517.930.897	18.281.817.265	17.640.963.940	17.001.760.901
Productos Agrícolas (Capítulos del 1-24, 31, 40 y 44)	5.066.565.381	5.141.645.522	5.079.177.980	5.188.836.776	3.032.147.419	3.161.316.992	3.185.918.929	3.089.058.846
6 Frutas y frutos comestibles, cortezas de agrios								
6 (citricos), melones o sandías	871.040.216	959.564.361	1.063.290.518	1.101.587.174	62.716.504	66.366.549	75.117.558	78.919.348
10 Cereales	5.696.253	2.565.198	3.615.562	3.778.397	411.887.259	421.474.504	420.066.259	383.534.099

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (2016). *Cereales y frutas en Guatemala*.

7.3.2. Importancia económica

Según los datos proporcionados por el Banco de Guatemala se puede observar que el Valor (CIF) para las exportaciones de frutas y frutos comestibles, desde el año 2014 al 2016, han crecido de manera constante y con mayor valor en comparación con el Valor (FOB) para las importaciones de cereales, lo cual se traduce en que Guatemala produce y exporta más frutas que lo que importa cereales. Incluso se observa que la importación de frutas ha venido creciendo en comparación con la importación de cereales, ya que en el 2016 se reportó un descenso en la importación de estos. Esto da a entender que Guatemala consume, produce y vende más frutas, que lo que consume, produce y compra cereales. (MAGA, 2016).

De hecho, el trigo, el maíz, la avena y el arroz son más importados que producidos, lo cual da oportunidad a que la harina de plátano, dependiendo de la eficiencia con la que sea producida, pueda resultar más barata que la harina de los cereales importados.

7.3.3. Historia de los cereales de desayuno

Los cereales de desayuno, como se conocen hoy en día, surgieron debido a la necesidad de tener una opción nutritiva y rápida para comer al inicio del día. Surgen como una opción vegetariana al alto consumo de carne, lo cual causaba distintas enfermedades en los intestinos y se originaron en el último cuarto del siglo XIX. (Lezcano, 2010).

El primer cereal de desayuno, llamado Granula, fue inventado por James Caleb Jackson, en el año 1863 en Dansville, Nueva York. Eran trozos de salvado de cereales, pero no tuvo mucho éxito, debido a que su preparación para poder ser consumido requería que se dejara en remojo durante una noche anterior. (Lezcano, 2010).

En 1877 el Dr. John Harvey Kellogg inventó una mezcla de avena, maíz y trigo, para pacientes del sanatorio Battle Creek que presentaban trastornos intestinales. Después de la pelea por el nombre Granula con Jackson, el Dr. Kellogg tuvo que cambiar el nombre de su producto a Granola, para luego inventar, junto con Keith Kellogg, los copos de maíz y fundar Kellogg's Company en 1906. (Silva, 2013)

Debido a que los hábitos alimentarios se adquieren desde una edad temprana, los cereales de desayuno han tenido más aceptación en los niños y jóvenes, ya que llegan a ser una opción fácil y rápida a la hora del desayuno.

Suelen ser productos sustitutos a los alimentos comunes para el desayuno, como pan y otros productos farináceos, aunque también pueden ser productos complementarios, es decir que se consuman juntos. El cereal de desayuno como tal se consume con *yogurt*, leche o fruta fresca, lo que aumenta su valor nutritivo.

Con el paso del tiempo se han innovado procesos, formulaciones y optimizaciones del valor nutritivo de los cereales de desayuno, resguardando las características originales de la materia prima, utilizada como ingrediente base. “La gran mayoría de cereales de desayuno son productos procesados, elaborados con cereales refinados y ricos en azúcar. Generalmente a este tipo de productos se les agrega un 20% de azúcar, aunque existen excepciones como los productos dirigidos a los niños o los chocolatados”. (De León, 2017).

7.3.4. Materias primas utilizadas en la elaboración de cereales de desayuno

Los ingredientes utilizados para la elaboración de cereales de desayuno son la parte más importante para obtener un producto final que tenga características sensoriales atractivas al consumidor final y que también permita que el producto final sea nutritivo

7.3.4.1. Cereales y sus harinas

En Guatemala, los cereales que son utilizados para la elaboración y venta de cereales de desayuno son el maíz, el trigo, la avena y el arroz, según De León (2017). Lezcano (2010) menciona que el maíz es utilizado para la elaboración de los tradicionalmente conocidos copos o *flakes*. “La avena suele

laminarse; el arroz se elabora como arroz inflado y el trigo suele consumirse como triturado o inflado”. (Lezcano, 2010).

Para la presente investigación la harina de plátano también es un ingrediente principal, por lo que se detalla a continuación.

7.3.4.2. Harina de plátano

La harina de plátano ya ha sido utilizada en la industria de panificación. Existen suficientes estudios que permiten evidenciar que la harina de plátano ha tenido resultados positivos al momento de mezclarse con harina de trigo para la elaboración de pan. (Torres, Jiménez y Bárcenas, 2015). En Colombia los autores Montoya, Quintero y Lucas realizaron el estudio llamado *Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano Dominico Hartón (Musa paradisiaca)*. En esta investigación se concluye que tanto la harina como el almidón de plátano son una alternativa para la reducción de costos de producción de distintas industrias agroindustriales.

7.3.4.3. Azúcar

La sacarosa, glucosa y fructosa proporcionan las llamadas “calorías vacías”, ya que no aportan ningún nutriente, con excepción de la fortificada. Para la elaboración de cereales de desayuno, este ingrediente debe ser agregado en cantidades bajas, hasta un 10%, ya que no causa cambios significativos en el producto final. Si el producto final presenta un 20% o más de azúcar, se considera un contenido alto de ésta. (De León, 2017)

Azúcar libre o añadida es el azúcar que es agregada a un alimento o bebida al momento de su elaboración, preparación o consumo. Puede ser

añadida en forma natural por medio de miel, jarabes, zumos o concentraciones de frutas. El exceso en el consumo de esta azúcar puede causar caries, sobrepeso y obesidad, entre otros. (De León, 2017)

7.3.4.4. Extracto de malta

“Corresponde a una mezcla de azúcares naturales que resultan de la hidrólisis enzimática de la cebada malteada. Se le utiliza ampliamente en la industria alimenticia debido a sus atributos para mejorar las características organolépticas, nutritivas, de textura y para alargar la vida útil del producto”. (Lezcano, 2010). “También es utilizado como regulador intestinal por su alto poder digestivo”. (Robles, 2013).

7.3.4.5. Sal

“Denominada científicamente como cloruro de sodio, es fundamental para resaltar y potenciar de forma natural el sabor de los alimentos. Además de esta cualidad organoléptica, también funciona como preservante de los alimentos, como aglutinante de otros ingredientes en los procesos alimentarios, desarrolla el color de muchos alimentos, haciéndolos más llamativos a la vista, y funciona como ablandador y deshidratador de muchas materias primas alimentarias”. (Robles, 2013).

7.3.4.6. Jarabe de maíz

“Industrialmente se obtiene a partir de la hidrólisis ácida del almidón de maíz, y se conoce como jarabe de maíz de alta fructosa

o JMAF. Dentro de sus ventajas radica que el producto es líquido a temperatura ambiente, lo cual facilita las operaciones de mezclado e incorporación a las formulaciones. Además, tiene un poder endulzante superior al de la sacarosa y la glucosa”. (Silva, 2013)

7.3.4.7. Vitaminas y minerales

“Los cereales para el desayuno se encuentran entre los alimentos que comúnmente son fortificados o enriquecidos con vitaminas y minerales”. (Silva, 2013)

7.3.4.8. Aditivos alimentarios

Según el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA de aditivos alimentarios), existe un listado completo de distintos aditivos que pueden ser utilizados para la elaboración de cereales de desayuno, los cuales tienen distintos fines, por ejemplo: antioxidantes, edulcorantes, conservantes, etc.

7.3.5. Presentación de los cereales de desayuno

A continuación, se detallan los tipos de presentación que son utilizados en la elaboración de cereales de desayuno.

7.3.5.1. Cereales en copos o expandidos

“Se entiende por cereales en copos o expandidos los productos alimenticios elaborados a base de granos de cereales sanos, limpios y de buena calidad, enteros o molidos, pudiendo ser preparados mediante las siguientes técnicas:

- Tradicionales

Laminado, inflado – aplicación de calor y/o presión al cereal, compresión y expansión, simple aplicación de calor, etc.

- Innovadoras

Cocción -extrusión y extrusión- paso forzado, a presión atmosférica, del cereal cocido a través de cuchillas.” (Robles, 2013).

Los cereales en copos “deben ser sometidos a una cocción (para ablandarlos y aumentar su digestibilidad), secados, laminados enteros y en trozos mediante rodillos y opcionalmente tostados”. (Alonso, s. f.)

7.3.5.2. Cereales inflados, esponjados o expandidos

Se basan en la eliminación repentina de agua, lo que provoca la formación repentina de burbujas de aire y un notable incremento de volumen. Este esponjamiento se puede lograr básicamente mediante tres procedimientos:

- “Mediante aplicación repentina de calor a presión atmosférica (horno a 300 °C) se logran productos que suelen mantener su integridad y aumentan de 2 a 5 veces su volumen.
- Mediante cañones de esponjar también se mantiene la integridad del producto, consiguiéndose aumentos de volumen muy superiores. En estos cañones herméticos los cereales son calentados entre los 200 a 254 °C, abriéndose posteriormente una válvula que comunica con una cámara de expansión que se encuentra a una presión menor, de forma que los cereales se expanden al salir expulsados a esta cámara.

- Mediante la extrusión se obtienen cereales de desayuno esponjados, pero que no mantienen la integridad original del grano, ya que se suele partir de una masa o sémola. Tras el amasado, cocción y moldeado en el extrusor, el producto se expande al pasar a un medio con presión menor. Los cereales esponjados pueden ser tostados posteriormente.

Al margen de su textura y forma de presentación, los cereales de desayuno tienen un contenido en agua muy bajo (habitualmente, inferior al 3%), por lo que llegan a tener una larga vida útil”. (Alonso, s.f.)

7.3.5.3. Cereales integrales y ricos en fibra

“Las variedades integrales se elaboran con el grano entero del cereal. Su aporte nutritivo y de fibra es mayor que el de los cereales refinados. También son ricos en fibra los que incorporan frutos secos y frutas desecadas”. (Lezcano, 2010)

7.3.5.4. Muesli

“Se compone de distintos cereales, frutos secos (nueces, almendras, avellanas) y frutas desecadas o deshidratadas (pasas, manzana, plátano, coco, fresas, etc.)” (Lezcano, 2010)

7.3.6. Procesos de elaboración de cereal

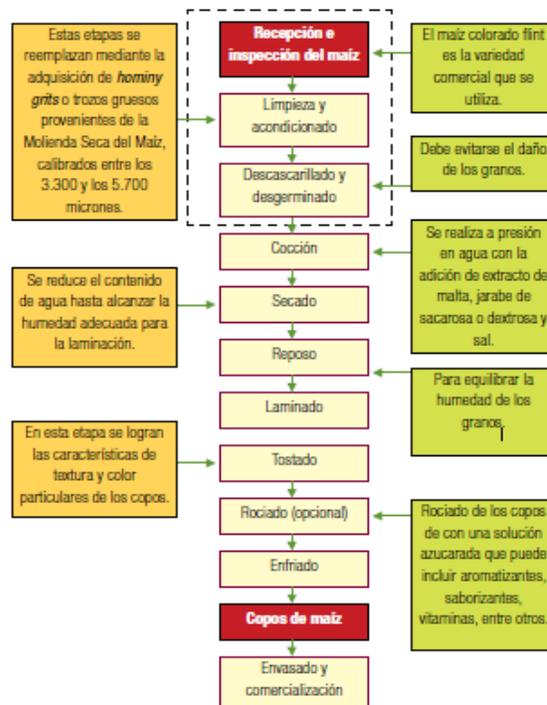
“La mayoría de los cereales de desayuno que se encuentran en el mercado son elaborados a partir del proceso conocido como extrusión. Son muy pocos los cereales de desayuno que se realizan a partir del grano como tal, ya que es más fácil y económico para la industria, además

que permite numerosas y variadas formas, tamaños y formulaciones posibles, lo que posibilita satisfacer y mejorar los requerimientos de los fabricantes y de los consumidores”. (Lezcano, 2010).

7.3.6.1. Proceso de elaboración de cereal de desayuno a partir del grano entero

Para el proceso de extrusión el diagrama de proceso es más simple, ya que no lleva muchos pasos que el proceso a partir del grano entero sí lleva (ver figura 10):

Figura 10. Diagrama de proceso de elaboración de cereal de desayuno a partir de grano entero



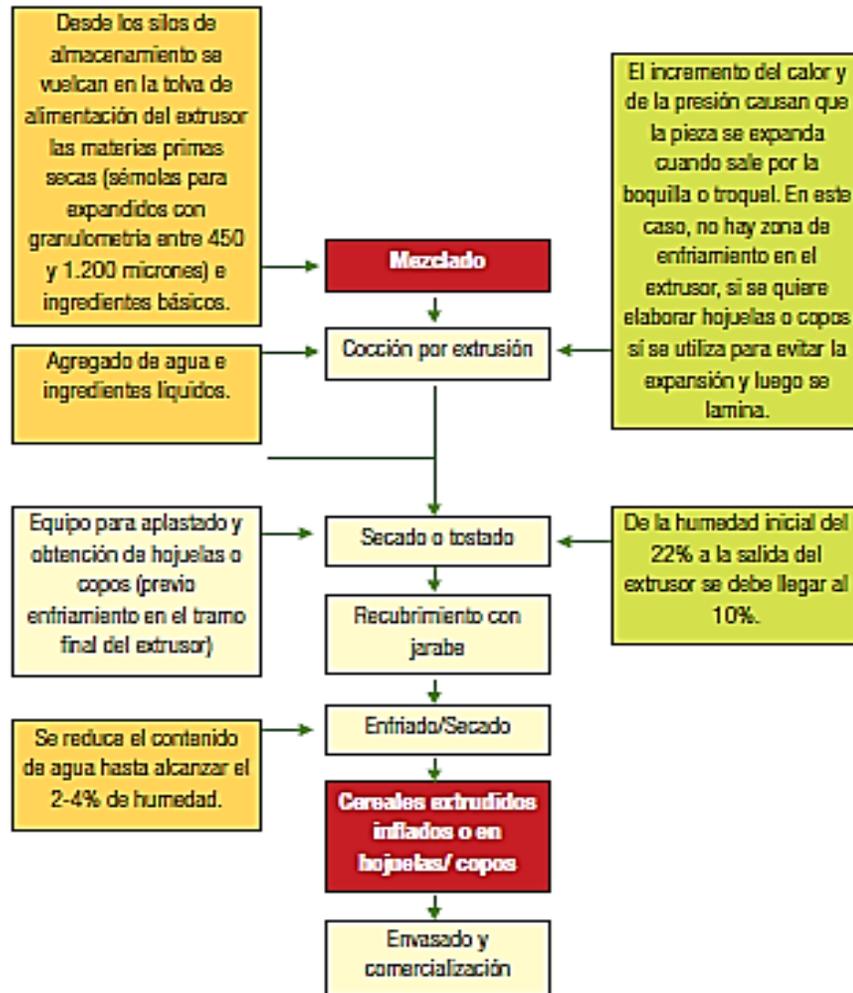
Fuente: Lezcano, E. (2010). *Cereales para el desayuno. Alimentos argentinos*, 49.

“El proceso de extrusión consiste en dar forma a un producto forzándolo a pasar a través de una abertura con un diseño en específico (troquel o boquilla), procedimiento que puede implicar a su vez un tratamiento de cocción. El proceso de extrusión puede generar dos tipos de productos: los productos directamente expandidos, o DEEC por sus siglas en inglés (Direct Expansion Extrusion Cooking) y los productos de expansión retardada PFEC (Pellet to Flacking Extrusion Cooking). Estas nuevas tecnologías permiten producir de forma económica una amplia gama de productos con distintas características organolépticas y nutricionales. En el proceso de cocción por extrusión por expansión directa, el extrusor cocina las materias primas y simultáneamente texturiza y da forma a los productos finales”. (Lezcano, 2010)

7.3.6.2. Proceso de cocción por extrusión por expansión directa

También existe el proceso por extrusión con expansión retardada, con el cual se elabora cereales para el desayuno en copos aglomerados (ver figura 11):

Figura 11. Diagrama de proceso de cocción por extrusión por expansión directa



Fuente: lezcano, E. (2010). *Cereales para el desayuno. Alimentos argentinos*, 49.

7.3.7. Análisis que deben realizarse al producto terminado

A continuación, se detallan los distintos análisis que deben realizarse al producto terminado de un cereal de desayuno.

7.3.7.1. Análisis sensorial

En la industria alimenticia, y en la industria en general, se ha tenido que cambiar la visión que se tenía de calidad de cumplir con las especificaciones, a satisfacer al cliente. En este sentido, la industria alimenticia, al querer cumplir con las especificaciones, pudo haber olvidado gran parte de su razón, al proporcionar alimentos sin sabor que no estaban satisfaciendo al cliente. “Es por eso que el análisis sensorial de alimentos ha cobrado importancia en los últimos años, debido a que se convierte en una herramienta de medir la calidad desde la percepción del cliente”. (Mondino y Ferratto, 2006)

La calidad de un producto alimenticio es detectada por parte del consumidor final por medio de los cinco sentidos: “vista (color y defectos), olfato (aroma), tacto (manual y bucal), oído (tacto y durante la masticación) y gusto (sabor)”. (Mondino y Ferratto, 2006). Esto por supuesto resulta muy difícil de medir para cualquier empresa productora de alimentos, aunque en años recientes se ha vuelto ya una necesidad, debido a que se ha dado mayor importancia a la calidad vista desde el cliente o consumidor final. (Mondino y Ferratto, 2006)

Los usos que se le han dado al análisis sensorial han sido muchos, y su utilidad reside en poder comparar formulaciones de un mismo producto, cambio de ingredientes, comparar productos de la competencia, etc.

15.

“También se han podido detectar limitantes en el análisis sensorial debido a que las preferencias de los consumidores varían ampliamente según las perspectivas culturales o demográficas, de un consumidor a otro, dentro de un grupo cultural o demográfico, o incluso en el mismo consumidor, dependiendo de muchos factores, como el humor o el uso que le intenta dar al producto” (Mondino y Ferratto, 2006).

7.3.7.2. Utilidad del análisis sensorial

“Dentro de las ventajas de realizar un análisis sensorial del producto final se encuentran:

- Caracterización hedónica de productos, realizando estudios de consumidores y obteniendo el grado de aceptación de estos.
- Comparación con los alimentos competidores del mercado con el objetivo de marcar las preferencias del consumidor.
- Establecimiento de perfil de calidad del producto: desarrollar un perfil sensorial.
- Control del proceso de fabricación. Un análisis sensorial, metódico y planificado, resulta de especial interés cuando se ha modificado algún ingrediente o materia prima o simplemente se dan cambios en las condiciones del procesamiento: modificación de cocción, incremento o descenso en la temperatura ambiente, introducción de nuevos equipos, etc.
- Verificación del desarrollo del producto. El estudio organoléptico en cada etapa o punto crítico de la fabricación puede ayudar a subsanar problemas de forma rápida y eficaz.

- Vigilancia del producto integrando aspectos como la evaluación de su homogeneidad, su vida útil comercial y la posibilidad de exportarlo fuera del lugar de origen, conservando íntegras sus características sensoriales.
 - Medición de la influencia del almacenamiento: temperatura, tiempo de elaboración y condiciones de apilamiento.
16. La evaluación sensorial lleva un proceso con distintas etapas como la definición del problema, la preparación de las pruebas, la ejecución de las pruebas y la interpretación de los resultados”. (Mondino y Ferratto, 2006)

7.3.7.3. Formas de realizar un análisis sensorial

A grandes rasgos, existen dos maneras de realizar un análisis sensorial:

- Pruebas objetivas que se dividen en discriminativas y descriptivas
- Pruebas no discriminativas, también llamadas hedónicas

7.3.7.3.1. Pruebas objetivas

Las pruebas objetivas se refieren a la utilización de instrumentos de medición para dar una calificación numérica a las características sensoriales.

“De las metodologías instrumentales consideradas objetivas, el color es la única propiedad sensorial que puede ser medida, de forma instrumental, más efectivamente que visual.

Existen otras evaluaciones instrumentales denominadas técnicas semiobjetivas. Se incluyen dentro de este grupo a las cromatografías y las valoraciones físicoquímicas y bioquímicas, indicadoras de la composición cualitativa del producto (vitaminas, elementos minerales, proteínas, ácidos y azúcares, colorantes y edulcorantes artificiales), lo cual está íntimamente ligado a las propiedades sensoriales y al margen de aceptabilidad del alimento. Estas técnicas pueden llegar a tener una excelente correlación con los resultados de un análisis sensorial, pero parece difícil que puedan sustituir al ser humano, ya que en última instancia son las personas que deben valorar la calidad de un alimento, expresar la compleja apreciación sensorial y valorar su grado de satisfacción al ser degustado”. (Mondino y Ferratto, 2006).

Los análisis objetivos se pueden clasificar en 2 grupos:

- “Pruebas discriminativas: tienen como objetivo detectar la presencia o ausencia de diferencias de atributos sensoriales entre dos o más productos.
- Pruebas descriptivas: tienen una utilidad diversa, desde la determinación de diferencias sensoriales entre un producto y sus competidores en el mercado, hasta la caracterización de aromas, siendo de gran interés para la industria alimentaria, debido a la disparidad de criterios entre el productor y el cliente con relación a su disparidad”. (Mondino y Ferratto, 2006).

7.3.7.3.2. Pruebas hedónicas

“Son aquellas en las que un juez catador expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si lo acepta o lo rechaza. Estas

pruebas son difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales, con la variabilidad que ello supone. Estos estudios son esenciales para saber en qué medida un producto puede resultar agradable al consumidor”. (Mondino y Ferratto, 2006).

7.3.7.4. Análisis bromatológico

“La bromatología es la disciplina científica que estudia integralmente los alimentos. Permite conocer su composición cualitativa y cuantitativa; el significado higiénico y toxicológico de las alteraciones y contaminaciones, de qué manera y por qué ocurren y cómo evitarlas; cuál es la tecnología más apropiada para tratarlos y cómo aplicarla; cómo legislar y fiscalizar para proteger los alimentos y al consumidor; qué métodos analíticos aplicar para establecer su composición y determinar su calidad”. (Cardona; et al, 2002).

7.3.8. Etiquetado nutricional

En Guatemala el Reglamento Técnico Centroamericano es el que rige lo relativo al etiquetado nutricional. “El etiquetado nutricional debe proporcionar al consumidor información sobre el tipo y cantidad de nutrientes aportados por el alimento. Dicha información debe ser presentada en forma estandarizada y de acuerdo a este reglamento” (RTCA, 2010). El etiquetado nutricional es importante para cualquier empresa de alimentos, ya que le da seguridad, tanto al productor como al consumidor, de que el alimento que se encuentra en el mercado no va a causar ningún problema a la hora de ser consumido, además que le da la opción de elegir al consumidor si desea comprar ese alimento sabiendo que puede llegar a afectarlo por distintas razones. (RTCA, 2010).

7.3.9. Aditivos que pueden utilizarse en los cereales de desayuno

Los aditivos alimentarios que están permitidos legalmente pueden utilizarse en los cereales de desayuno, son los que se encuentran enumerados en el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) de aditivos alimentarios. Dentro de la lista de los aditivos alimentarios se encuentran:

- Edulcorantes
- Acentuadores de aroma
- Colorantes
- Antioxidantes
- Adyuvantes
- Emulsificantes, estabilizadores, espesantes
- Resaltadores de sabor (RTCA, 2010)

A continuación, se muestran los aditivos que se encuentran aprobados según el RTCA:

Figura 12. Aditivos aprobados por el RTCA para ser utilizados en cereales de desayuno

Categoría de Alimentos No. 06.3		Cereales para el desayuno, incluidos los copos de avena	
Aditivo	INS	Nivel Máximo Aceptado	Comentarios
ACESULFAME POTÁSICO	950	1200 mg/kg	
AMARILLO DE QUINOLEINA	104	200 mg/kg	
AMARILLO OCASO FCF	110	300 mg/kg	
ASPARTAME	951	1000 mg/kg	
AZUL BRILLANTE FCF	133	200 mg/kg	
BHA BUTILHIDROXIANSOL	320	200 mg/kg	Notas 15 y 130
BHT BUTILHIDROXITOLUENO	321	100 mg/kg	Notas 15 y 130
CANTAXANTINA	161g	50 mg/kg	
CARMINES	120	200 mg/kg	
CAROTENOIDES	160a(i), 160a(ii), 160e, 160f	200 mg/kg	
CAROTENOS VEGETALES	160aii	400 mg/kg	
COLOR CARAMELO, CLASE II	150b	5000 mg/kg	
COLOR CARAMELO, CLASE III	150c	6500 mg/kg	
COLOR CARAMELO, CLASE IV	150d	2500 mg/kg	
CURCUMINA	100i	BPM	FDA 73.600
ERITROSINA	127	BPM	
ESTEAROIL-2-LACTILATOS	481i, 481ii	5000 mg/kg	
ÉSTERES DE ASCORBILO	304, 305	200 mg/kg	Nota 10
EXTRACTOS DE BIJA, BIXINA, NORBIXINA, ANNATO	160b	75 mg/kg	Nota 8
GALATO DE PROPILO	310	200 mg/kg	Notas 15 y 130
GLICOSIDOS DE ESTEVIOL	960	350 mg/kg	Nota 26
INDIGOTINA	132	300 mg/kg	
MARRON HT	155	200 mg/kg	
NEOTAMO	961	160 mg/kg	
OLEORESINA TUMERICICA	100ii	BPM	FDA 73. 615
ÓXIDOS DE HIERRO	172i, 172ii, 172iii	75 mg/kg	
RIBOFLAVINAS	101i, 101ii	300 mg/kg	
ROJO ALLURA AC	129	300 mg/kg	
SACARINA	954	100 mg/kg	
SUCRALOSA	955	1000 mg/kg	
TARTRACINA	102	300 mg/kg	
TOCOFEROLES	307a, 307b, 307c	85 mg/kg	

Fuente: Reglamento Técnico Centroamericano. (2010). *Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios.*

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

INDICE DE ILUSTRACIONES

INDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO. GENERALIDADES DEL PLÁTANO

1.1 Morfología del plátano

1.1.1. Sistema radicular

1.1.2. Cormo o rizoma

1.1.3. Sistema foliar

1.1.4. La inflorescencia y el racimo

1.2 Condiciones de cultivo

1.2.1. Clima

1.2.2. Suelos

1.2.3. Siembra

1.2.4. Cosecha

1.3 Importancia económica en Guatemala

1.4 Distribución geográfica

1.5 Estándares de calidad del plátano

1.6 Plátano de rechazo

- 1.7 Valor nutritivo del plátano
 - 1.8 Usos que se le han dado al plátano
 - 1.9 Propiedades funcionales del plátano
2. GENERALIDADES DE LOS CEREALES
- 2.1 Estructura interna de los cereales
 - 2.1.1. Salvado
 - 2.1.2. Germen
 - 2.1.3. Endospermo
 - 2.2 Valor nutritivo de los cereales
 - 2.3 Mejoramiento de harinas de cereales
3. CEREALES DE DESAYUNO
- 3.1 Cereales utilizados en la fabricación de cereales de desayuno.
 - 3.1.1 Trigo
 - 3.1.2 Maíz
 - 3.1.3 Avena
 - 3.1.4 Arroz
 - 3.2 Importancia económica de los cereales
 - 3.3 Historia de los cereales de desayuno
 - 3.4 Materias primas utilizadas en la elaboración de cereales de desayuno
 - 3.4.1 Cereales y sus harinas
 - 3.4.2 Harina de plátano
 - 3.4.3 Azúcar
 - 3.4.4 Extracto de malta
 - 3.4.5 Sal
 - 3.4.6 Jarabe de maíz
 - 3.4.7 Vitaminas y minerales

- 3.4.8 Aditivos alimentarios
- 3.5 Presentación de los cereales de desayuno
 - 3.5.1 Cereales en copos
 - 3.5.2 Cereales inflados, esponjados o expandidos
 - 3.5.3 Cereales integrales
 - 3.5.4 Muesli
- 3.6 Procesos de elaboración de cereales de desayuno
 - 3.6.1 A partir del grano entero
 - 3.6.2 Cocción por extrusión por expansión directa
- 4. ANÁLISIS QUE SE DEBEN REALIZAR EN EL PRODUCTO TERMINADO
 - 4.1 Análisis sensorial y aceptabilidad organoléptica
 - 4.1.1 Utilidad del análisis sensorial
 - 4.1.2 Formas de realizar un análisis sensorial
 - 4.1.3 Pruebas objetivas
 - 4.1.4 Pruebas hedónicas
 - 4.2 Análisis bromatológico
 - 4.3 Etiquetado nutricional
 - 4.4 Aditivos que pueden utilizarse en los cereales de desayuno.
- 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
- 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Diseño de investigación

Se trata de un diseño no experimental, debido a que las variables a estudiar serán modificadas con el objetivo de determinar la mejor mezcla de harina y el mejor proceso, a nivel de laboratorio, a llevar a cabo para producir un cereal de desayuno que cumpla con los requerimientos legales y que pueda ser comparable con los competidores que se encuentran en el mercado.

9.2. Tipo de estudio

La presente investigación es de tipo mixto, debido a que la presentación de resultados se hará de forma cualitativa y cuantitativa.

Según período o secuencia de estudio, el presente estudio será de tipo transversal, debido a que algunas de las variables a estudiar serán descriptivas de lo realizado en un momento específico, que no cambia respecto al tiempo.

Según el análisis y el alcance de los resultados, el estudio será descriptivo, ya que el estudio pretende determinar qué pasa con los copos formados con harina de plátano organolépticamente al momento de ser consumidos.

9.3. Alcance

El presente estudio es de tipo descriptivo. El proyecto abarcará desde la determinación de ingredientes y aditivos a utilizar para lograr formular un cereal de desayuno, teniendo como base una mezcla de harina de trigo y harina de plátano, hasta realizar las pruebas organolépticas con el público objetivo. El cereal se hará en las instalaciones de instituciones o personas particulares que cuenten con el equipo necesario para manufacturar el cereal de desayuno, y las pruebas se harán tanto en la Universidad de San Carlos (laboratorio de bromatología) como en otros laboratorios y con personas particulares (pruebas organolépticas).

9.4. Contextualización

El estudio se llevará a cabo en las instalaciones del laboratorio de una panadería comercial que posee los equipos para realizar el cereal a base de harina de plátano, y el producto final será evaluado en los distintos laboratorios que serán prestados o alquilados por las distintas facultades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, además de la utilización de un panel sensorial al cual se realizará una prueba hedónica del producto, para que pueda ser evaluada de manera numérica la aceptabilidad del mismo.

9.5. Definición de variables e indicadores

Tabla IV. **Variabes e indicadores**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
Formulación de harina de plátano y harina de trigo	Es el porcentaje de cada ingrediente en un producto alimenticio.	Es el porcentaje de harina de trigo y harina de plátano para el cereal de desayuno extruido.	Formulación 1: 20% harina de trigo, 80% harina de plátano. Formulación 2: 10% harina de trigo, 90% harina de plátano. Formulación 3: 5% harina de trigo, 95% harina de plátano.
Calidad de la mezcla de harina de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) y harina de trigo	Parámetros cualitativos y cuantitativos a controlar durante el proceso de producción de un cereal de desayuno.	Medición de variables importantes durante el proceso de producción del cereal de desayuno.	Variables cuantitativas: tiempo de mezclado, tiempo de amasado, tiempo de extruido, tiempo y temperatura de horneo de cereal de desayuno (temperaturas propuestas de 300, 315 y 330 °C), tiempo y temperatura de cocido de cereal para que alcance la textura, el color y el sabor adecuado. Variables cualitativas: no defectos en el mezclado, no grumos durante amasado, extrusión sin rotura de masa, color correcto durante horneado, presencia de hojuelas rotas durante horneado, color correcto durante cocción y presencia de hojuelas rotas durante cocción.

Continuación de la tabla IV.

Valor nutricional del cereal de desayuno	Evaluación química de los nutrientes que componen un alimento.	Evaluación nutricional del cereal de desayuno formulado parcialmente con harina de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) por medio de análisis bromatológico.	En 100 gramos de muestra <ul style="list-style-type: none"> - Agua - Nitrógeno - Cenizas - Extracto etéreo - Fibra dietética
Comparación del valor nutricional de cereales comerciales con el cereal de desayuno formulado parcialmente con harina de plátano (<i>Musa paradisiaco</i>)	Comparar la etiqueta nutricional de dos productos alimenticios con el fin de seleccionar al más adecuado para el consumidor final.	Selección de cereales de desayuno más consumidos en el mercado, con el fin de obtener su información nutricional y compararla con el resultado del análisis bromatológico del cereal de desayuno formulado parcialmente con harina de plátano.	Promedio y desviación estándar de la energía por porción, contenido de fibra, azúcar y grasa total.
Aceptabilidad del producto	Proceso en el que se utilizan los sentidos (gusto, olfato, tacto, vista) y su aplicación para la determinación de la aceptabilidad de los alimentos.	Utilización de una escala hedónica de cinco puntos para determinar la aceptabilidad del cereal de desayuno formulado parcialmente con harina de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).	Utilización de evaluación hedónica de 5 puntos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Me gusta mucho 2. Me gusta 3. Me es indiferente 4. Me disgusta 5. Me disgusta mucho <p>Si el cereal es aceptado con un promedio de 4 o más, se considerará un producto aceptado por el consumidor final.</p>

Fuente: elaboración propia.

9.6. Criterios de inclusión y exclusión

- Inclusión
 - Utilización de harina realizada a partir del plátano (*Musa paradisiaca*).
 - Cereales de desayuno comerciales más consumidos en el mercado que tengan etiquetado nutricional y que cumplan con los parámetros del RTCA.

- Exclusión
 - Harina de plátano que no sea de la especie *Musa paradisiaca*.
 - Cereales de desayuno con edulcorantes o denominación *light*.

9.7. Técnicas de investigación

De acuerdo con lo planteado, serán utilizadas las siguientes herramientas o métodos:

- Obtención de datos por medio del proceso de producción: utilizando los formatos especificados en los anexos para la recolección de datos, se obtendrá la información necesaria para evaluar el comportamiento de la harina de plátano (*Musa paradisiaca*).
- Entrevista dirigida a experto en tema de panificación durante el proceso de producción del cereal de desayuno.
- Muestreo: se hará en los elementos de forma aleatoria en cuanto a la selección de cereales de desayuno que serán considerados para comparar el valor nutricional del cereal de desayuno a partir de harina de

plátano (*Musa paradisiaca*). También las personas que serán seleccionadas para realizar la prueba organoléptica serán seleccionadas de manera aleatoria.

- Tamaño de la muestra: está determinada por la cantidad de cereales que cumplan con la condición de inclusión en el estudio.

9.8. Procedimientos

- Fase 1: obtención de la materia prima, de la maquinaria y de las condiciones necesarias para realizar el cereal de desayuno a nivel de prueba de laboratorio.

Las materias primas se deberán adquirir en puntos de venta nacionales. En el caso de la harina de plátano, a pesar de que existen investigaciones de su elaboración a nivel nacional, el producto es difícil de conseguir, por lo que se estará importando del mercado exterior, en donde la harina de plátano ya es de uso común. Se solicitará al proveedor que sea de la especie *Musa paradisiaca* para que pueda ser considerada en el presente estudio.

- Fase 2: formulación del cereal de desayuno.

Con las materias primas necesarias disponibles para poder realizar el cereal, se procederá a realizar las distintas formulaciones con el objetivo de pesar los ingredientes, para luego proceder a hacer la mezcla de donde se obtendrá el cereal. Debido a que el presente trabajo no afectará a la industria nacional, ya que las empresas no permitieron que se realizara un nuevo producto en sus instalaciones, las pruebas de elaboración del cereal se podrán realizar únicamente a nivel de laboratorio.

- Fase 3: características de calidad, aceptabilidad y análisis bromatológico del cereal de desayuno.

Realizado el producto final se procederá a realizar las pruebas necesarias. La primera será el análisis químico proximal por medio de un análisis en la Unidad de Bromatología en la Facultad de Veterinaria, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, con la intención de declarar el valor nutricional del producto y poder compararlo con otros cereales. Para este propósito será necesario recopilar información de los cereales presentes en el mercado nacional.

También se determinará la aceptabilidad organoléptica del producto, por lo que se deberá evaluar en las formulaciones que se estarán planteando, para poder evaluar qué formulación es la que más le gusta al consumidor. Este proceso se realizará en la Universidad de San Carlos, con jóvenes que sean estudiantes comprendidos dentro de las edades de 18 a 25 años, en la cual se les estará proporcionando la muestra con las mejoras características operativas, de tal manera que prueben el producto y después puedan evaluarlo de acuerdo a su percepción y asignarle un grado de aceptabilidad. Esta evaluación se realizará en los salones de clase, para lo cual a los catedráticos se les pedirá con suficiente anticipación su autorización para poder llevar a cabo este procedimiento.

- Fase 4: recopilación de datos

Utilizando las herramientas de recopilación de datos, las cuales se describen en el inciso de técnicas de análisis de información, se procederá a recopilar los datos, además también se estará recopilando la información de distintos cereales de desayuno. Se revisarán las etiquetas nutricionales de los

cereales de desayuno para determinar el contenido de azúcar, grasas totales, fibra dietética y proteína en 100g de producto, así como energía por porción. Posteriormente se registrarán los datos obtenidos para luego ser analizados a través del cálculo de promedio y desviación estándar de cada uno de los parámetros.

- Fase 5: redacción de informe final

En el informe final se plasmarán los resultados, discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones.

9.9. Instrumentos de recolección de datos

Dentro de los instrumentos que estarán siendo utilizados para la recolección de datos se tendrá en primer lugar el formato para evaluar el comportamiento de la harina de plátano (*Musa paradisiaca*). Se evaluarán tanto variables cuantitativas como cualitativas del comportamiento de la harina de plátano durante el proceso de producción, de acuerdo con lo establecido en los formatos que se presentan en los anexos II y III, para tener un panorama más amplio y de esta manera obtener mejores análisis con respecto a la harina mencionada.

Una vez realizado el cereal de desayuno, se puede proceder a realizar el análisis sensorial por medio del instrumento de recolección de datos mostrado en el anexo IV, utilizando una prueba hedónica con escala de 5 puntos, en la cual se les pedirá a los participantes evaluar el color, sabor, olor y textura de la muestra de cereal de desayuno.

Después de realizada la encuesta los datos serán tabulados en la computadora para poder determinar si la formulación de cereal es aceptada por el consumidor, mostrado en forma de promedio y desviación estándar con respecto al total de las personas que participen en el análisis sensorial.

Con respecto al análisis del valor nutricional, se realizará por medio de un análisis bromatológico del producto, tal como se muestra en el anexo V, además se estará comparando con los cereales más consumidos por la población guatemalteca, utilizando la etiqueta nutricional de estos cereales.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Una de las técnicas a utilizar para analizar la información será la utilización de formatos en Excel para poder tabular de una manera más eficiente los datos obtenidos durante las mediciones, encuestas y comparaciones realizadas con los distintos cereales de desayuno que se encuentran en el mercado, para de esta manera poder graficar los resultados, para realizar un análisis visual que sea entendible por el público en general.

Ya que se estará estudiando el comportamiento de la harina de plátano (*Musa paradisiaca*) durante el proceso productivo de un cereal de desayuno, cambiando el porcentaje de harina de plátano y de trigo, será necesario utilizar el análisis estadístico de ANOVA de comparación entre dos o más muestras con diferencia de medias. Las fórmulas que ayudarán a realizar este análisis se encuentran en la tabla IV, con herramientas estadísticas de comparación de más de dos muestras. (ANOVA).

Para la comparación del valor nutricional del cereal de desayuno formulado parcialmente con harina de plátano (*Musa paradisiaca*) con los cereales más consumidos a nivel nacional, se estará primero elaborando un análisis bromatológico de este, y luego el resultado será comparado con el promedio de una muestra de los 4 cereales de desayuno comerciales más consumidos. Para ello se elaboró un cuadro de comparación en donde serán colocados estos datos.

Para la evaluación sensorial hedónica se realizarán encuestas a manera de evaluación personalizada del cereal de desayuno formulado parcialmente

con harina de plátano. Con los datos obtenidos se realizarán diagramas de pie, diagramas de barras, análisis de medias y varianza, además de un análisis hedónico sensorial, para poder evaluar la aceptabilidad del cereal por parte del consumidor final.

Tabla V. **Herramientas estadísticas de comparación de más de dos muestras (ANOVA)**

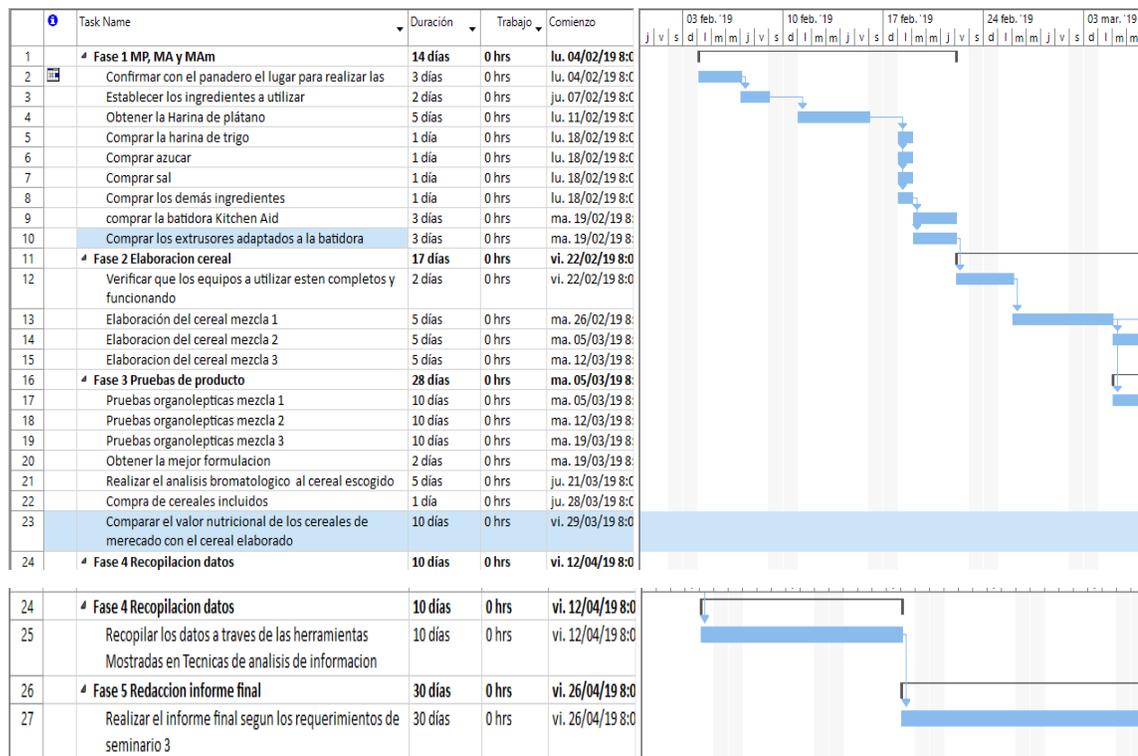
FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	CONTRA STE
ENTRE TRATAMIENTOS (VE)	$S_T = \sum_i^k n_i (\bar{y}_{i\cdot} - \bar{y})^2$	$v_T = k - 1$	$s_T^2 = \frac{S_T}{k - 1}$	$\frac{s_T^2}{s_R^2}$
DENTRO DE TRATAMIENTOS (VNE)	$S_R = \sum_i^k \sum_j^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$	$v_R = N - k$	$s_R^2 = \frac{S_R}{N - k}$	
TOTAL EN RELACIÓN A LA MEDIA GENERAL (VT)	$S_D = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 - N\bar{y}^2$	$v_D = N - 1$	$s_D^2 = \frac{S_D}{N - 1}$	

Fuente. Rojas, F.; Ruiz, A. (2005). *Herramienta estadística. Comparación de más de dos muestras.*

11. CRONOGRAMA

En esta sección se definen las actividades a realizar para poder llevar a cabo la elaboración del cereal de desayuno, en conjunto con las respectivas pruebas que se han definido en los objetivos.

Figura 13. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Debido a que el presente proyecto se realizará a nivel de laboratorio, se obtiene la ventaja que los costos no son tan elevados en comparación a si la prueba se hiciera a nivel comercial o industrial.

El proyecto cuenta con la autorización de la empresa panadera que permitirá utilizar sus instalaciones para realizar las pruebas debidas, además permitirá obtener muchos de los ingredientes a utilizar de una manera más accesible, ya que son ingredientes que ellos ya poseen.

Los recursos que se utilizarán se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tabla VI. **Recurso humano**

No	Descripción	Cantidad	Costo	Total
1	Asesor de Tesis	1	Q2.500,00	Q2.500,00
2	Operadores y Desarrolladores	2	Q600	Q1.200,00
3	Autor de Tesis	1	Q2.000,00	Q2.000,00
Subtotal				Q5.700,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Recurso de tecnología**

No	Descripción	Cantidad	Costo	Total
1	Batidora Kitchen Aid	1	Q1500.00	Q1.500,00
2	Accesorio de prensa Kitchen Aid Soporte Pasta KPEXTA con 6 placas intercambiables	1	Q1200.00	Q1.200.00
3	Texturometro	1	Q7.000,00	Q7.000,00
4	Computadora e impresora	1	Q5.000,00	Q5.000,00
Subtotal				Q14.700,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Materia prima**

No	Descripción	Cantidad	Costo	Total
1	Harina de trigo	1 qq	Q250,00	Q250,00
2	Harina de plátano	10 lb	Q80.00	Q800.00
3	Presupuesto para los demás ingredientes en conjunto	1	Q1.000,00	Q1.000,00
Subtotal				Q2.050,00

Fuente: elaboración propia.

El recurso financiero será proporcionado por el autor de la investigación.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adeniji, T. A. (2015). *Plantain, banana and wheat flour composites in bread making: prospects for industrial application*. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 15 (4), 10182-10197. Recuperado de: <https://www.ajol.info/index.php/ajfand/article/view/124793/114309>.
2. Alonso, I. E. (s. f.) *Cereales y derivados*. [recuperado de]. http://www.efisalut.com/recursos/documents/Cereales_y_derivados.pdf.
3. Canto, B. B.; Castillo. G. M. (2011). *Un mil usos: el plátano*. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana. Volumen (XXIV). Número 1. Recuperado de: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num1/articulos/platanos/>.
4. Cardona, M. G.; Sorza, J. D.; Posada, S. L.; Carmona, J. C.; Ayala, S. A.; Álvarez, O. L. (2002). *Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 15 (2), págs. 240-246.
5. Carro, R.; Gonzáles, D. (2012) *Diseño y selección de bienes y servicios*. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad Nacional del Mar de Plata.

6. De León, S. (2017). *Guía con información de contenido de azúcar, grasas, fibra y sodio de los cereales de desayuno. Estudio realizado en los supermercados del área urbana de la Ciudad de Guatemala*. Universidad Rafael Landívar. Tesis de Pregrado. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
7. Fundación Española de la Nutrición. (2016-2018). *Mercado de los alimentos. Mercado general de los alimentos*. Madrid, España. Recuperado de: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/platano.pdf>.
8. Gil, M. (2011) *Estandarización de una bebida nutritiva a base de un concentrado de plátano (Musa Paradisiaca) enriquecido con zinc, en Mazatenango, Suchitepequez*. Tesis de Pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Mazatenango, Guatemala.
9. GONZÁLES, L. (2017) *Elaboración de harina a base de banano verde para la formulación de pastas dirigidas a personas con intolerancia al gluten*. Tesis de Pregrado. Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/02/07/Gonzalez-Lourdes.pdf>.
10. Hernández, M. A. (2013) *Efecto del proceso en la calidad y digestibilidad de pasta sin gluten*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Yautepec de Zaragoza, Morelos, México.
11. INCAP. (2004-2010). *Contenidos actualizados de nutrición y alimentación (CADENA). Módulo II: selección, preparación y*

conservación de alimentos. Cereales y sus productos. Recuperado de: <http://www.depadresahijos.org/INCAP/cereales.pdf>.

12. Lezcano, E. (2010). *Cereales para el desayuno. Alimentos Argentinos*, 49. Págs. 26-37.
13. Mazariegos, J. (s. f.). *Evaluación de cuatro niveles de potasio (kcl) sobre el rendimiento y calidad del plátano (Musa Paradisiaca, Musaceae), en aldea San Isidro, Malacatán, San Marcos.*
14. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala. (2016). *El agro en cifras.*
15. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. (2004). *Aspectos tecnológicos del plátano. Botánica del plátano.* Recuperado de: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_platano_04.pdf.
16. Ministerio de Economía del Gobierno de Guatemala. (2011). *Iniciativas sectoriales para el desarrollo empresarial. ISDE Banano.* Recuperado de: http://www.mejoremosguate.org/cms/content/files/diagnosticos/economicos/05.ISDE_Banano.pdf.
17. Menchú, M.; Méndez, H. (2011). *Análisis de la situación alimentaria en Guatemala.* Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

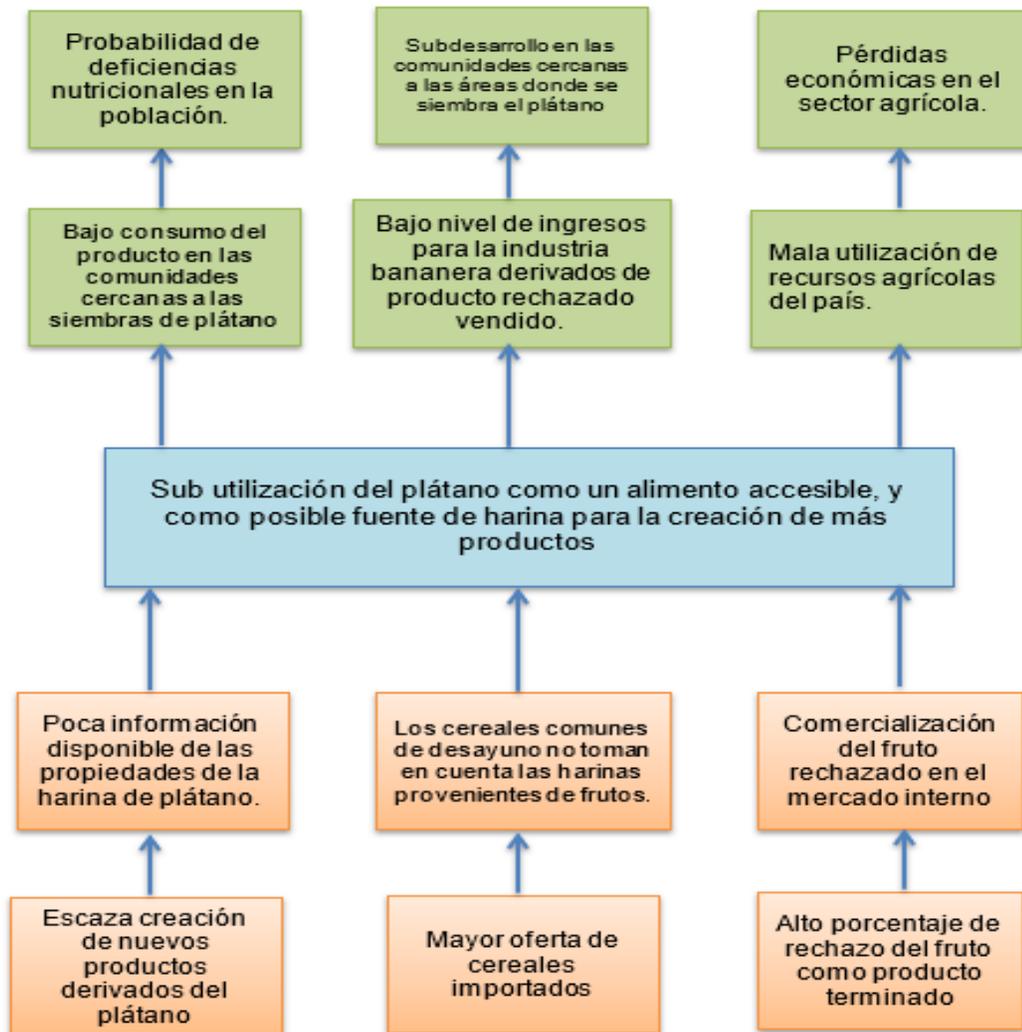
18. Mondino, M. C.; Ferratto, J. (2006). *El análisis sensorial: una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Rosario.
19. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y El Caribe*. Boletín 2.
20. Ramírez, M. P. (2018) *Formulación de harina de plátano verde (Mussa Paradisiaca) fortificada con zinc y hierro. Estudio realizado en el Departamento de Escuintla, Guatemala. Diciembre 2017 a febrero 2018*. Tesis de Pregrado. Universidad Rafael Landívar. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
21. Reglamento Técnico Centroamericano. (2010). (RTCA 67.04.54:10) *Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios*. Recuperado de: <https://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAAditivosAlimentarios.pdf>.
22. Reglamento Técnico Centroamericano. (2010). (RTCA 67.01.60:10) *Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años de edad*. Recuperado de: <https://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAEtiquetadoNutricionalFinal.pdf>.
23. Reyes, L. (2014). *Estudio de factibilidad para el montaje de una planta de producción de jalea a partir del aprovechamiento de la pulpa de*

banano de desecho en el Municipio de Tiquisate, Departamento de Escuintla. Tesis de Maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuintla, Guatemala.

24. Robles, A. (2013). *Elaboración de cereales de desayuno fortificados con harina de amaranto y frutas deshidratadas.* Tesis de Maestría. Centro de Estudios Superiores de la Industria Farmacéutica. Madrid, España.
25. Silva, M. (2013) *Diseño de planta agroindustrial para la elaboración de un alimento funcional tipo cereal de desayuno a base de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*), amaranto (*Amaranthus sp.*) con trigo (*Triticum vulgare*) y avena (*Avena sativa*).* Tesis de Pregrado. Universidad de las Américas. Quito, Chile.
26. Torres, M. P.; Jiménez, M. T.; Bárcenas, M. E. (2014). *Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo.* Temas selectos de Ingeniería de Alimentos, 8-1.
27. Zhang, G.; Hamaker, B. R. (2012). *Banana starch structure and digestibility.* Carbohydrate Polymers 87: 552-1558.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problema



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Medición de variables cuantitativas del proceso de producción**

		Medición de Variables Cuantitativas														
		Mezcla 80-20					Mezcla 90-10					Mezcla 95-5				
Corridas / Variables		1	2	3	Prom	Var	1	2	3	Prom	Var	1	2	3	Prom	Var
de	Tiempo de mezclado (min)															
Amasado	Tiempo de amasado (min)															
Extruido	Tiempo de extrusion															
Horneado	Tiempo de horneado															
	Temperatura de horneo (°C)	300														
		315														
	330															
Coccion	Tiempo de Coccion															
	Textura															
	Temperatura de coccion															

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Medición de variables cualitativas del proceso de producción

Corridas / Variables		Mezcla 80-20				Mezcla 90-10				Mezcla 95-5			
		1	2	3	% éxito	1	2	3	% éxito	1	2	3	% éxito
Mezclado de ingrediente	No defectos en el mezclado												
Amasado	No grumos en la masa												
Extruido	Extrusion sin que se rompa la masa												
Horneado	Color correcto												
	Presencia de hojuelas rotas	300											
		315											
Coccion	Color correcto												
	Presencia de hojuelas rotas												

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Encuestas de evaluación sensorial del cereal de desayuno

		Prueba Hedónica Para la evaluación de un cereal de desayuno a base de harina De Plátano			
Instrucciones:					
Llena los siguientes campos:					
Edad			Género (marca con una "X")		
			Masculino		Femenino
Durante el desayuno ¿Comes Cereal de desayuno					
				Si	No
Inicio de Prueba					
Instrucciones					
- Bebe un sorbo de agua pura					
- Prueba la muestra de cereal de desayuno que se te estará proporcionando					
- Evalúa de acuerdo a la escala que se te presenta					
- Vuelve a repetir el proceso hasta terminar de probar las 3 muestras que se te proporcionarán					
Muestra					
	Me gusta Mucho	Me gusta	Me es indiferente	No me gusta	Muy Desagradable
Olor					
Color					
Sabor					
Textura					
Muestra					
	Me gusta Mucho	Me gusta	Me es indiferente	No me gusta	Muy Desagradable
Olor					
Color					
Sabor					
Textura					
Muestra					
	Me gusta Mucho	Me gusta	Me es indiferente	No me gusta	Muy Desagradable
Olor					
Color					
Sabor					
Textura					
Tienes algún comentario?					
			¡Muchas Gracias!		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Cuadro de comparación de valor nutricional

FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC							USAC TRICENTENARIA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO							
Cuadro de Comparación de Valor Nutricional							
						Cereal de desayuno A base de harina de plátano	
Nutrientes	Cereal Prueba 1	Cereal Prueba 2	Cereal Prueba 3	Cereal prueba 4	Promedio Cereales	Análisis Bromatológico	
Energía							
Proteína							
Grasa total							
Grasa Saturada							
Grasa Monosaturada							
Grasa Polisaturada							
Carbohidratos							
Fibra dietética							
Azúcares							
Calcio							
Fósforo							
Hierro							
Tiamina							
Riboflavina							
Niacina							
Vitamina C							
Sodio							

Fuente: elaboración propia.

