



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA
ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL BANANO (*MUSA X PARADISIACA*)
PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA
PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS**

Reina Eirene Castellanos Bonilla

Asesorado por el M. A. Ing. Walther Antonio De León Gutiérrez

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIVACIÓN PARA LA OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA
ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL BANANO (*MUSA X PARADISIACA*)
PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA
PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

REINA EIRENE CASTELLANOS BONILLA

ASESORADO POR EL M. A. ING. WALTHER ANTONIO DE LEÓN GUTIÉRREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

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. Cristian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
EXAMINADOR	Ing. César Ariel Villela Rodas
EXAMINADOR	Ing. Gerardo Ordoñez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL BANANO (*MUSA X PARADISIACA*) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 12 de marzo de 2020.

Reina Eirene Castellanos Bonilla

Ref. EEPFI-356-2020
Guatemala, 03 de marzo de 2020

Director
Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
Escuela de Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ing. Álvarez:

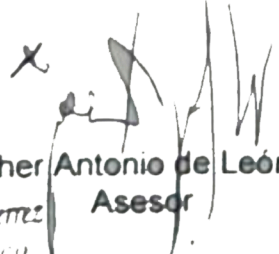
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DE BANANO (MUSA X PARADISIACA) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS**, presentado por la estudiante **Reina Eirene Castellanos Bonilla** carné número **201020543**, quien optó por 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 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 Décimo, 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"


Mtro. Walther Antonio de León Gutiérrez
Asesor
*Walther A. de León Gutiérrez
Ingeniero Químico
Colegiado 2263*


Mtra. Hilda Piedad Palma de Martini
Coordinadora de Maestría
Ciencia y Tecnología de los Alimentos




Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Ref.EEP.EIQ.003.2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DE BANANO (MUSA X PARADISLACA) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS**, presentado por la estudiante universitaria Reina Eirene Castellanos Bonilla, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.



"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Williams G. Alvarez Mejia: M.I.Q., M.U.I.E.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, marzo de 2020



DTG. 180.2020

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 Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN A NIVEL LABORATORIO DE FIBRA ALIMENTARIA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL BANANO (MUSA X PARADISIACA) PROVENIENTES DE UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS Y SU ACEPTABILIDAD COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS**, presentado por la estudiante universitaria: **Reina Eirene Castellanos Bonilla**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:




Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, agosto de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía y siempre estar a mi lado en todo momento.
Mi madre	Reina Bonilla. Por todo su apoyo y amor, son mi motivación para seguir adelante con mis metas.
Mi padre	Ricardo Castellanos. Por seguir animándome a superarme.
Mis hermanos	Samuel y Ricardo Castellanos. Por ser mi compañía, me han animado, motivado y apoyado para seguir creciendo.
Mi cuñada	Jennifer Figueroa. Por tu apoyo y ejemplo.
Mis amigos	Ragda Wafa, Evelyn García, Walther De León, Alejandra Estrada, Iván de León, Alejandra Valenzuela y todos mis amigos que han estado y estuvieron a mi lado en todo momento para apoyarme y acompañarme durante mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por concederme el privilegio de formarme académicamente con educación de calidad.
Facultad de Ingeniería	Por su invaluable aporte en mi crecimiento académico.
Ms. Sc. Ing. Hilda Palma	Por su ejemplo, guía constante y motivación para mi crecimiento académico y profesional.
M. A. Ing. Walther de León	Por su valiosa guía durante el desarrollo del diseño de investigación.
Lcda. Blanca Méndez	Por su guía para cumplir con todos los lineamientos correspondientes y orientarnos en todo momento.
Mis compañeros	Por su apoyo incondicional en los años de estudio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Desechos orgánicos	17
7.2. Banano (Musa x paradisiaca)	18
7.3. Fibra alimentaria	18
7.3.1. Tipos de fibras.....	19
7.3.1.1.Fibra insoluble	19
7.3.1.2.Fibra soluble.....	19
7.3.2. Subproducto.....	20
7.4. Secado	20
7.4.1. Velocidad de secado	21
7.4.2. Curva de secado	21
7.4.3. Humedad en base seca	22
7.5. Molienda y tamizado	22

7.6.	Rendimiento	23
7.7.	Formulación	23
7.8.	Evaluación sensorial.....	24
7.8.1.	Escala hedónica	24
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO.....	27
9.	METODOLOGÍA.....	29
9.1.	Diseño.....	29
9.2.	Tipo de estudio.....	29
9.3.	Alcance	30
9.4.	Variables	30
9.5.	Operacionalización de las variables	31
9.6.	Fases de la investigación	32
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	35
11.	CRONOGRAMA	37
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	39
13.	REFERENCIAS	41
14.	APÉNDICE	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tiempos de secado.....	21
2.	Cronograma.....	37

TABLAS

I.	Variables.....	30
II.	Operacionalización de las variables.....	31
III.	Presupuesto para la realización del estudio.....	39

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
H	Humedad
kg	Kilogramos
M	Media aritmética
X_{H₂O}	Peso del agua
X_{SS}	Peso del solido seco
P_F	Peso fibra
P_{SH}	Peso inicial (húmedo)
%	Porcentaje
R	Rendimiento

GLOSARIO

Aceptabilidad	Que puede ser dado por bueno, característica de algo aceptable.
Comestible	Que se puede comer o puede ser ingerido. Cualquier alimento.
Organoléptico	Hace referencia a cualquier propiedad de un alimento u otro producto percibida mediante los sentidos, incluidos su sabor, color, olor y textura.
Sensorial	Perteneciente o relativo a la sensibilidad, donde se utilizan los órganos sensoriales. Los principales sistemas sensoriales son: la vista, el oído, el tacto, el gusto y el olfato.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enfoca en la sistematización de un estudio de proceso de aprovechamiento de un subproducto para beneficio de una industria de alimentos en Guatemala. En la industria guatemalteca existe variedad de empresas productoras de alimentos que utilizan como materias primas las frutas en su estado natural, por lo que deben tratarlas con un proceso previo para obtener ya sea el jugo, la pulpa, la carnaza o la parte del fruto con los compuestos necesarios para su producción. En la mayoría de los casos se generan residuos orgánicos que son tratados como desechos, los cuales no tienen un uso beneficioso para la mayoría de las industrias, actualmente.

El problema identificado es el bajo aprovechamiento de los desechos orgánicos de las frutas, generados por dichas industrias alimentarias, de los cuales se puede estudiar la posible utilización para la producción de materias primas que sirvan para generar más productos alimenticios. Para encontrar opciones viables de aprovechamiento para dichos desechos, primero, se debe analizar qué tipo de subproducto orgánico se está generando y en qué condiciones se está procesando; con esa información es posible designar un proceso para reutilizar o aprovechar dicho producto.

En esta investigación se busca una solución a dicho problema mediante el aprovechamiento de los desechos orgánicos generados por una industria guatemalteca productora de alimentos naturales, enfocado en la cáscara de banano. Estos desechos serán sometidos a un proceso de secado para la obtención de fibra la cual será aprovechada para la formulación de galletas.

El informe final está integrado de los siguientes capítulos: el primer capítulo presenta los antecedentes que sirven de base para realizar la parte experimental de la investigación. El segundo capítulo incluye la parte teórica la cual presenta la información bibliográfica necesaria de todo el proceso, desde información sobre la fruta utilizada hasta las definiciones necesarias para realizar un panel sensorial. En el tercer capítulo se plantea el desarrollo de la investigación y los procesos que se realizarán para la obtención de los resultados. En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos en el capítulo anterior y, a continuación, la discusión de dichos resultados. Finaliza con las conclusiones basadas en los resultados y los objetivos planteados, además, de las recomendaciones para mejorar la base de la investigación.

2. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan los antecedentes de investigación relacionados con el tema de este protocolo. Primero, se tiene una investigación realizada en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Carias (2015) realizó una investigación la cual tuvo como objetivo procesar cáscara de piña (*Ananascomosus (L.) Merr*) para la obtención de una harina alta en fibra y su aplicación en la elaboración de una galleta. La formulación y elaboración de la harina se realizó con base en variables para medir su aceptación sensorial. En el caso del método para la obtención de la fibra se utilizó un secador de bandejas, se obtuvo un porcentaje de rendimiento del 32.6 % de fibra para trabajarla como harina.

Lo que aporta este trabajo a esta investigación es que de igual manera se utiliza cáscara para obtener fibra, para después desarrollar un subproducto que se emplea como materia prima en una harina, por lo que la metodología utilizada puede servir para alcanzar el objetivo planteado.

Adicional a este trabajo, también se tiene la investigación elaborada por Mayorga (2013), en la Universidad de Costa Rica, cuyo objetivo fue aprovechar el subproducto obtenido de la producción de jugo de piña, en el cual se desarrollaron las condiciones de procesamiento necesarias para la obtención de fibra dietética para evaluar su efecto en la incorporación a un producto alimenticio en el que se use como una harina, esto utilizando una metodología de prensado, secado y molienda. Se obtuvieron resultados de hasta 70 g de fibra dietética por cada 100 g de muestra en base seca.

El aporte de este documento a la investigación es el uso del lavado, presado, deshidratado y tamizado del producto en proceso. Dicho proceso será el que se utilizará en la siguiente investigación, servirá como base para realizar la metodología para el producto que se quiere procesar.

La siguiente investigación fue realizada en Colombia por Ceballos y Montoya (2013), en la cual registra se realizó una evaluación química de la fibra en la semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate. El objetivo es el aprovechamiento de residuos del aguacate para la obtención de fibra dietética por métodos químicos y físicos. Se realizó una comparación entre los resultados obtenidos para la cáscara, la pulpa y la semilla en dos estados de madurez distintos; esto permitió establecer cuál parte del aguacate se puede aprovechar mejor y en qué punto de su madurez se debe procesar dicho subproducto.

El aporte a esta investigación es que la comparación realizada muestra que la cáscara presenta un nivel de fibra bruta mayor que las otras dos variables tomadas en cuenta; además, mencionan la importancia de realizar un análisis para descartar la presencia de sustancias tóxicas.

Otro es el trabajo realizado por Rasgado, Trejo-Márquez y Pascual-Bustamante (2016), el cual se basó en la extracción de fibra en residuos agroindustriales de banano para su aplicación en alimentos funcionales. El aporte a la investigación de nuevo se centra en la importancia del aprovechamiento de los residuos de banano, en este caso utilizando métodos físicos y químicos, con la obtención de resultados positivos que según las características funcionales de la fibra obtenida sí puede ser utilizada para el desarrollo de alimentos.

El método físico empleado consistió en la reducción de tamaño de los residuos de banano para proceder al secado en microondas por 15 min. Los

resultados demuestran que se tienen mayores rendimientos utilizando métodos de extracción químicos. El aporte que tendrá en esta investigación es la importancia en la extensión en el tamaño de las partículas de la muestra para realizar el secado de esta de la manera más eficiente.

También, está la investigación que realizaron Guerrero, Trejo, Moreno, Lira y Pascual (2016), el objetivo es la obtención de fibra a partir del cacahuete a través de su cáscara. Se utilizó un método por el cual se obtendrá un producto de calidad y con buen rendimiento con el objetivo de utilizarlo para la formulación de un alimento. La extracción con ácido clorhídrico presentó rendimientos de aproximadamente el 75 % de fibra obtenida. El aporte a la investigación es en la obtención de rendimientos de fibra obtenida dependiendo del método utilizado; uno de los objetivos solicita el rendimiento de fibra alimentaria obtenida mediante el proceso de secado, el cual debe ser determinado comparando los pesos iniciales y la cantidad de producto seco final es el obtenido.

En la investigación realizada por Sosa (2017) se quiere realizar una sustitución utilizando semilla de chía en lugar de harina de trigo. Se muestrea a diferentes proporciones de porcentajes de cada materia prima incluida, que varía entre 5 % - 15 % de semilla de chía. Las formulaciones fueron estandarizadas mediante un panel sensorial con escala hedónica en 7 puntos. La formulación final fue sometida a un panel de aceptación, que logró un 97 %. La formulación con semilla de chía presenta un incremento en el porcentaje de fibra en el producto final, además de aumento en el omega 3 que presenta. En conclusión, debido a los resultados positivos de aceptación y al costo que conllevaría su formulación, la galleta con harina de trigo y semillas de chía es factible para el mercado.

El aporte a esta investigación se centra en la metodología utilizada para determinar si la formulación realizada es aceptada por un grupo de panelistas, primero, analizando en 7 puntos en escala hedónica para luego verificar el porcentaje de aceptabilidad; lo que cambiará será el número de panelistas, quienes en este caso serán 100 consumidores no entrenados.

Otro artículo relacionado con el uso de desechos orgánicos es el realizado por Hincapie, Vásquez, Galicia e Incapie (2014) en el cual se evaluó el efecto de diferentes temperaturas de secado sobre la fibra que se obtiene de la cáscara de mango. Se concluyó que la fibra obtenida de esta cáscara es buena fuente de fibra dietaria, debido a que la calidad no fue afectada en gran manera después del proceso de secado seleccionado. El aporte a la investigación se centra en que se observa que puede haber comportamientos favorables y no favorables en un alimento al someterlo a procesos de secado; por lo que se verificarán los efectos que puede llegar a tener el método de secado en la calidad de la fibra de la cáscara de banano que se quiere obtener, la cual se verá reflejada en el análisis sensorial que realicen los panelistas.

En la tesis *Elaboración y valoración bromatológica de galletas funcionales a base de cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca) enriquecidas con semillas de zambo (Cucurbita ficifolia) y endulzadas con Stevia*, Girón Ortiz (2016) se utilizó un análisis sensorial y bromatológico específico para determinar la aceptabilidad de las diferentes formulaciones donde se varió los porcentajes de cada materia prima. Se concluyó que las galletas mantienen un buen enriquecimiento nutricional, además a nivel microbiológico no tiene crecimiento de coliformes.

El aporte principal de este estudio a la investigación se centra de nuevo en la metodología utilizada para determinar la aceptabilidad del producto final en

los consumidores, lo cual se quiere obtener para validar el uso de la fibra de cáscara de banano en una galleta al compararla con una de consumo comercial.

Otro artículo es la investigación realizada por Ramírez, A. (2009) en el cual se resaltan las propiedades funcionales de las fibras obtenidas de tres diferentes frutos: piña, guanaba y guayaba, en la cual, según sus características, pueden ser utilizadas para actividades específicas en la industria alimentaria. El aporte de este artículo a la investigación es que según los resultados se indica que, por sus propiedades funcionales de hidratación y aroma, la cáscara de piña puede ser utilizada para la producción de galletas; en este caso se trabajará con cáscara de banano.

Sumado a estos, se tomó en cuenta también el trabajo realizado por Carrión (2015), en el cual se realizaron galletas formuladas con harina de haba y con extracto de camote. En esta investigación se utilizaron distintas proporciones para la formulación con el fin de determinar cuál de las opciones elaboradas era más aceptable con un grupo específico de personas.

El aporte a esta investigación está centrado en el método utilizado de panel para determinar el nivel de aceptabilidad de cada una de las fórmulas; en este caso se utilizaron 52 panelistas, pero para esta investigación se utilizarán 100.

Por último, está la investigación trabajada por Delfín, López y Mondragón (2016) la cual se focalizó en los subproductos obtenidos con la cáscara de varias frutas y el aprovechamiento que se le puede dar para generar un valor agregado a más alimentos, evaluando la cantidad de lípidos y fibra. El aporte a la investigación es la metodología utilizada, el planteamiento es básicamente el mismo con excepción de la determinación de lípidos, donde se busca igualmente

encontrar el nivel de aceptabilidad de un producto realizado con materia prima obtenida del secado del subproducto definido.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto general del problema, las frutas utilizadas en la industria para producir productos naturales generalmente aprovechan solamente el jugo y la pulpa de la fruta, y dejan cantidades considerables de cáscara como un desecho orgánico que posteriormente se elimina; se desaprovechan, de esta forma, los beneficios alimenticios de dichos subproductos. Esto a nivel económico representa para la industria un costo que no genera una ganancia: se paga por retirar estos residuos orgánicos y no para aprovecharlos.

- Descripción general

Bajo aprovechamiento de los desechos orgánicos generados por las industrias alimentarias de Guatemala que procesan frutas para la producción de materias primas comestibles provenientes de sus cáscaras, de los mayores productores del sector.

La delimitación del problema se da en una industria alimentaria enfocada en la generación de productos naturales del sector industrial del municipio de San José Villa Nueva, Guatemala, que toma como muestra los desechos generados durante un día.

La viabilidad de la inversión será por parte de la empresa, la cual dará los desechos de cáscara de banano en su totalidad sin ningún costo, para realizar el estudio. En el caso de que el estudio no sea realizado, los desechos generados diariamente por esta industria para la producción del alimento a base de banano seguirán siendo descartados en su totalidad sin generar ningún tipo de

aprovechamiento; además, el estudio puede ser la base para analizar las posibilidades de reuso para el otro subproducto que genera la planta en cuestión.

- Formulación del problema

- Pregunta principal: ¿cómo se puede obtener fibra alimentaria proveniente de los desechos orgánicos del banano generados en una industria alimentaria y cómo pueden ser reutilizados como materia prima para la elaboración de galletas?
- Pregunta secundaria 1: ¿cuál es la curva de secado para la cáscara de banano utilizando un horno industrial?
- Pregunta secundaria 2: ¿qué porcentaje de rendimiento de fibra se obtiene del subproducto del banano (cáscara)?
- Pregunta secundaria 3: ¿qué formulaciones se pueden generar con la fibra obtenida de cáscara de banano al mezclarla con harina de trigo?
- Pregunta secundaria 4: ¿qué formulaciones se pueden preparar con la fibra extraída de la cáscara banano para obtener galletas?
- Pregunta secundaria 5: ¿cuál de las galletas producidas tiene mayor nivel de aceptabilidad?

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se presenta en la línea de investigación del desarrollo de productos que utilicen materias primas subutilizadas en la industria de alimentos, de la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Las industrias productoras de alimentos en Guatemala están enfocadas en generar productos de calidad y preferencia para el consumidor; por lo mismo, uno de sus objetivos es mantener el perfil natural y artesanal o semiartesanal de ciertos productos; por lo tanto, debido a los procesos de producción y métodos de elaboración utilizados, generan residuos orgánicos provenientes del tratamiento al cual someten a las frutas y verduras que procesan. Estos residuos generalmente no son aprovechados y son desechados, en algunos casos incluso no lo hacen de la manera correcta.

El fin de la investigación es cubrir la necesidad de encontrar un posible uso para un subproducto generado en una industria productora de alimentos naturales de Guatemala; además, se propone una opción viable para aprovechar un insumo que actualmente lo manejan como desecho para generar un beneficio económico y ambiental a la industria con la regeneración de recursos.

Reutilizar estos subproductos para dar un valor agregado en la generación de otro producto alimenticio genera una práctica de crecimiento continuo en la industria, la cual será beneficiada directamente; con lo cual se busca potencializar sus recursos y apoyar con el desarrollo de las distintas industrias.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Obtener a nivel laboratorio fibra alimentaria de los desechos orgánicos del banano (*Musa x paradisiaca*) provenientes de una fábrica de alimentos y su aceptabilidad como materia prima en la formulación de una galleta.

5.2. Específicos

- Determinar la curva de secado del proceso de deshidratación de la cáscara de banano obtenida mediante un horno industrial.
- Evaluar el rendimiento de la obtención de fibra en la cáscara de banano mediante secado, molienda, tamizado y pesado por medio de porcentajes.
- Elaborar tres formulaciones con la fibra obtenida de la cáscara de banano mezclándola en proporciones definidas con harina de trigo.
- Elaborar galletas con cada formulación preparada con la fibra extraída de la cáscara de banano.
- Medir el nivel de aceptabilidad de las galletas producidas con cada tipo de formulación elaborada con la fibra extraída de la cáscara de banano.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad principal a cubrir con esta investigación es el bajo aprovechamiento de los desechos orgánicos (frutas) generados por las industrias alimentarias para la producción de materias primas comestibles. Si bien hay muchas empresas que elaboran productos alimenticios naturales en Guatemala, en la mayoría no se tiene un objetivo enfocado en aprovechar los residuos orgánicos que sus líneas de producción generan, por lo que son recursos desperdiciados. Entre las frutas más utilizadas actualmente están los cítricos, el banano, la fresa, la manzana, entre otros. La finalidad es analizar cómo esta materia orgánica que se genera como desecho puede ser aprovechada, en este caso, para ser utilizada en la elaboración de productos alimenticios.

Es importante focalizar el método de procesamiento que se buscará con estos desechos. Por lo tanto, en esta investigación se busca la obtención de fibra alimentaria que pueda ser base o parte de una formulación de productos como galletas o alguna rama de panificación.

Para esto se realizará, inicialmente, un estudio para identificar el rendimiento en la obtención de fibra por medio del secado resultante de la utilización de uno de los mayores residuos de una industria alimentaria de Guatemala. Esto se realizará mediante un proceso de secado en bandejas en un horno industrial, molido y tamizado, obteniendo un porcentaje de material seco: la fibra alimentaria. Además, con la información obtenida, se realizará la curva de secado correspondiente de esta cáscara bajo parámetros establecidos y controlados.

Con esta fibra obtenida se realizarán tres formulaciones distintas para la fabricación de galletas, las cuales se agregarán a la harina de trigo en diferentes proporciones para identificar la preferencia sensorial mediante un panel, en el cual se deberá identificar cuál de las opciones es la más viable tomando en cuenta los costos involucrados, la cantidad de residuos generados, los rendimientos obtenidos y la aceptabilidad del producto terminado, para que sea una opción viable en la industria alimentaria generadora de estos desechos orgánicos.

7. MARCO TEÓRICO

En la presente sección se presenta la información relacionada con la industria de alimentos enfocada en los desechos orgánicos obtenidos como subproductos de una industria alimentaria para el aprovechamiento en la producción de otros alimentos.

7.1. Desechos orgánicos

Se le llaman residuos orgánicos a todos aquellos que fueron originados de algún ser vivo; es decir, se considera de esta manera a toda materia de composición química orgánica que ha cumplido con su propósito principal y, por ende, tiende a ser desechado.

Los desechos pueden clasificarse según su origen, como se mencionó anteriormente; en el caso de los desechos de origen biológico se les conoce como desechos orgánicos. De acuerdo con Ucha (2012), un desecho orgánico será el que “alguna vez tuvo vida o formó parte de un ser vivo, como por ejemplo cáscaras de frutas y todo residuo que resulte de la elaboración de los alimentos en casa, en una industria, entre otros” (p.1).

Una de las características que presentan estos desechos son su facilidad de descomposición y la capacidad para ser reciclados, lo que les convierte en material que puede tener otra utilidad y provecho.

Este tipo de desecho se genera en las industrias alimentarias, lo que representa una gran cantidad de los desechos generados por las ciudades más

industrializadas. Debido a esto se ha generado la preocupación por la reutilización de los residuos orgánicos con el objetivo de no generar más basura.

Algunos ejemplos de residuos orgánicos son:

- Cáscaras de fruta
- Restos de frutas y verduras
- Huesos
- Restos de carne
- Cáscara de huevos

7.2. Banano (*Musa x paradisiaca*)

Es una planta conocida como herbácea, la cual posee gran variedad de especies. El banano pertenece al género *Musa*, el cual tiene muchas subespecies híbridas. Según Arola (2014) “los bananos son plantas tropicales que constituyen una fuente de alimentación muy importante a nivel mundial: sólo tres plantas son más cultivadas que las bananas, estas son el trigo, el arroz y el maíz” (p. 1).

Son cultivados por los frutos consumidos naturales como fruto fresco, o bien cocinados de forma diversa, también se utiliza la harina comestible que se obtiene de los frutos. Aunque no hay distinción botánica se suele utilizar el nombre de banana para los frutos consumidos frescos y plátano para los frutos cocinados y más ricos en fécula. (Mendes, 2005, p.1)

7.3. Fibra alimentaria

Para iniciar los tipos de fibras se clasifican de la siguiente manera:

7.3.1. Tipos de fibras

La fibra alimentaria “está formada por las partes comestibles de las plantas que el intestino delgado humano es incapaz de digerir o y que llegan intactas al intestino grueso. Las recomendaciones de consumo diario de fibra son de 20-30g/día” (Gonzalo, 2018, p.1).

En ese mismo artículo, Gonzalo (2018), para la Fundación Hipercolesterolemia Familiar (Fundación HF), acorde a su solubilidad, clasifica la fibra en:

7.3.1.1. Fibra insoluble

Se puede encontrar en el producto con trigo, los cereales integrales y también en los vegetales. Como indica Gonzalo (2018), “tiene la propiedad de captar agua y aumentar el volumen del contenido intestinal. Produce una estimulación mecánica del tránsito intestinal, favoreciendo la evacuación. Este efecto es mayor si se consume acompañada de agua” (p.1).

7.3.1.2. Fibra soluble

Esta puede presentarse en las verduras, frutas, avenas, legumbres, entre otros. Las bacterias del colon son las encargadas de fermentarla, favoreciendo a la flora intestinal del consumidor.

La fibra soluble, como su nombre lo indica, atrapa agua, lo que le permite formar una solución viscosa dentro del intestino, haciendo que la digestión sea más lenta, esto recubriendo la pared intestinal con una gruesa capa. Como lo indica Gonzalo (2018), “esto disminuye la absorción intestinal de algunos

nutrientes como lo es la glucosa y el colesterol, contribuyendo con esto a la prevención en enfermedades cardiovasculares. Las recomendaciones de fibra soluble al día son de 5-10g” (p.1).

Entre los beneficios que tiene el consumo de fibra es que genera una sensación de saciedad en el consumidor, ayudado a reducir su consumo de alimentos.

Una dieta baja en fibra puede tener como consecuencia problemas como diverticulosis, estreñimiento crónico, cáncer de colon, entre otros.

7.3.2. Subproducto

Un subproducto es una materia vegetal o animal procedente de la producción, cosecha, transporte y elaboración en zonas agrícolas. Incluye, entre otros, mazorcas y tallos de maíz, tallos y cáscaras de trigo, cáscaras de maní, tallos de algodón, tallos de mostaza, etcétera. (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura, 2009. p.4)

7.4. Secado

Según Angurell (2017), “se le llama secado a la operación unitaria centrada en la eliminación de agua de un sólido, líquido o gas. Consiste en separar mediante procedimientos no mecánicos un líquido de un sólido que lo retiene físicamente” (p.1).

Una limitante en la selección del método de secado es la temperatura que puede soportar el material de interés sin perder actividad. En el secado, el

solvente generalmente es agua y el medio hacia donde se elimina es el aire, el análisis se fundamenta en los sistemas aire-agua. (Huerta, 2018).

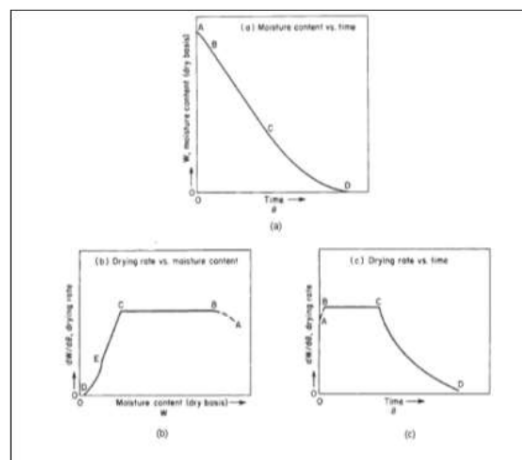
7.4.1. Velocidad de secado

La capacidad de un secador depende de la velocidad de transmisión de calor y de la transferencia de masa. Debido a que la humedad tiene que evaporarse, hay que suministrar calor de secado a la zona de evaporación, que puede estar cerca de la superficie del sólido o bien dentro del mismo, dependiendo del tipo de material y de las condiciones del proceso. (Gaytan, 2009, p.17)

7.4.2. Curva de secado

Para estudiar el proceso de secado es ideal mostrar la velocidad de secado versus la humedad en forma gráfica, como lo muestra la siguiente figura:

Figura 1. **Tiempos de secado**



Fuente: Perry (1986). *Manual del ingeniero químico*.

Según Perry (1986), esta figura indica que “la velocidad de desecación está sujeta a variación en función del tiempo o el contenido de humedad” (p.896).

7.4.3. Humedad en base seca

Es la cantidad de agua referida al sólido seco:

$$\%H_{BS} = \frac{kg \text{ agua}}{kg \text{ sólido seco}} * 100$$

7.5. Molienda y tamizado

Según Campos (2012), la molienda es “una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida. Generalmente se habla de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a 1" siendo el grado de desintegración mayor al de trituración” (p.1).

La reducción se lleva a cabo fraccionando la muestra utilizando medios mecánicos hasta el tamaño deseado. Algunos de los métodos de reducción empleados en las máquinas de molienda son los de compresión e impacto. El concepto de molienda incluye la pulverización y dispersión de un material, pudiendo ser estos productos alimenticios. (Campos, 2012, p.1)

Con respecto al tamizado:

Es un proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo con su tamaño de partícula individual. Esto se logra con un movimiento en particular al medio de tamizaje, este puede ser una malla, lo que provoca que las partículas más pequeñas pasen a través del medio de tamizaje y

que las partículas más grandes sean apartadas como residuos. (Campos, 2012, p.1)

El tamiz puede elaborarse de distintos materiales, como puede ser el plástico, cerámica o metal. El tamaño de los poros del tamiz también puede variar dependiendo del tamaño de las partículas que se quieran apartar.

7.6. Rendimiento

De acuerdo con Porto y Merino (2012), “rendimiento se refiere a la proporción que se obtiene entre los medios empleados para obtener algo y el resultado conseguido” (p.1).

Uno de los criterios más importante para determinar que el proceso de secado de una materia prima finalizó es el contenido residual de humedad, que no debe superar algunos valores previamente establecidos. Se puede determinar el momento de finalización del secado a través del monitoreo del peso de una muestra que se esté secando.

7.7. Formulación

Es una integración de ingredientes en una cantidad específica y determinada que componen a un producto con ciertas características y parámetros específicos. Las formulaciones de alimentos deben cumplir estándares sensoriales, dados por algún cliente final o por la misma empresa productora, tomando en cuenta los costos que esto genere, para hacer factible su producción.

Tomando en cuenta el punto de vista de la industria alimentaria, al momento de prepararlas, estas deben tener una secuencia exacta, esto tomando en cuenta que se deben realizar varias veces para estandarizar el producto final y establecer los parámetros de control para próximas producciones. Se debe tener cuidado con los pesajes de la materia prima, debido a que esto puede causar desviaciones significativas en las formulaciones.

Para el desarrollo de nuevas fórmulas es recomendable documentar todo con precisión. Los reportes generados durante el proceso de formulación sirven de respaldo para las verificaciones sobre la calidad, el tiempo de vida del producto y si toda la información sobre el producto en cuanto a sus ingredientes es la correcta.

7.8. Evaluación sensorial

El análisis sensorial puede entenderse como:

El examen de las propiedades organolépticas de un producto que se realiza utilizando los sentidos, en donde se evalúa el sabor, olor, aroma, olor, apariencia y textura. (...) Este análisis comprende un conjunto de técnicas para la medida de las respuestas a los alimentos, además identifica y minimiza las posibles desviaciones que pueden ejercer sobre el juicio del consumidor. (Análisis sensorial de alimentos, 2014, p.1)

7.8.1. Escala hedónica

La escala hedónica consiste en cuestionar lo siguiente:

Un grupo de panelistas, entrenados o no entrenados, para que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentársele una escala hedónica o de satisfacción, pueden ser verbales o gráficas, la escala verbal va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, entonces las escalas deben ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta y la escala gráfica consiste en la presentación de caritas o figuras faciales. (Hernández, 2015, p.85).

Ventajas:

- Se presenta de forma clara y ordenada para los participantes
- Se utilizan herramientas con indicaciones claras y breves
- Los resultados proporcionan bastante información
- Se puede realizar mediante atributos

Aplicaciones:

- Formulación de productos innovadores y nuevos.
- Sirve para hacer una comparación y con eso mejorar o igualar a la competencia.
- Medir vida de anaquel.
- Identificar la preferencia del participante o consumidor final.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACION DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICE

9. METODOLOGÍA

9.1. Diseño

Para llevar a cabo la investigación se utilizará un diseño experimental, debido a que este tipo de investigación permite observar los fenómenos en un ambiente controlado por variables para ser analizados.

La metodología del diseño experimental estudia cómo variar las condiciones habituales de realización de un proceso empírico para aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos en la respuesta; de esta forma se obtiene un mayor conocimiento del comportamiento del proceso de interés. (Marin, 2005, p.2)

En este trabajo de investigación se realizará una recolección de datos por medio de registros de medición de pesos y rendimientos en la obtención de fibra y mediante boletas que llenarán los panelistas al realizar el panel sensorial de aceptabilidad de la formulación creada.

9.2. Tipo de estudio

El estudio mixto permite recaudar más información que la recopilada por los enfoques de manera separada. El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos, cualitativos y cuantitativos en un mismo estudio. Es transversal ya que se utiliza cuando la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo. Su

propósito esencial es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

El estudio que se realizará es mixto, debido a que tiene datos cuantitativos y cualitativos, el primero basado en la observación y los cambios sensoriales de las muestras a realizar; y el segundo en la recopilación de datos iniciales de rendimientos obtenidos posterior al proceso de secado.

9.3. Alcance

El alcance de esta investigación es de tipo descriptivo, debido a que su propósito es describir el estado, las características, los factores y otros aspectos presentes en situaciones específicas. El alcance de este estudio permite comprobar una hipótesis; además, será posible caracterizar globalmente el objetivo del estudio.

9.4. Variables

Las variables establecidas son las siguientes:

Tabla I. **Variables**

Nombre de las variables
Determinar curva de secado
Rendimiento del proceso de secado
Formular producto con fibra obtenida
Elaborar galletas de las formulaciones propuestas
Análisis sensorial de aceptabilidad

Fuente: elaboración propia.

9.5. Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables se detalla de la siguiente manera:

Tabla II. Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Determinación de la curva de secado	Secado: operación unitaria centrada en la eliminación de agua de un sólido, líquido o gas. Consiste en separar mediante procedimientos no mecánicos un líquido de un sólido que lo retiene físicamente. Angurell, (2017). Curva de secado: cuando un sólido se deseca experimentalmente, casi siempre se obtienen datos que asocian el contenido de humedad con el tiempo, representando la curva de secado	Se realizará el secado de la cascara de banano mediante un secador de bandejas y realizando mediciones a las 1.5 h, 3 h, 4.5 h y 6 h Se realizará el pesaje de la muestra al inicio y al final de cada rango de tiempo transcurrido para verificar el cambio en el porcentaje de humedad en el tiempo y poder realizar la curva de secado	El porcentaje de humedad seca se medirá mediante la fórmula: $\%H: (X_{H2O}/X_{SS}) * 100$ Donde: $\%H$: Humedad en base seca X_{H2O} : Peso del agua X_{SS} : Peso del sólido seco
Rendimiento en la obtención de fibra mediante proceso de secado	Rendimiento: Fruto o utilidad de una cosa en relación con lo que cuesta, con lo que gasta, con lo que en ello se ha invertido. Porto y Merino (2012). Molienda: es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida. Campos, (2012). Tamizado: es un proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo a su tamaño de partícula individual. Campos, (2012).	Al Obtener el producto seco se realizará una molienda para hacer pulverizarlo. Se pasará a través de un tamiz para obtener solo las partículas más finas. Se pesará para comparar con el peso inicial de cascara que se tenía y obtener un rendimiento Pesaje de gramos obtenidos de fibra comparado con gramos iniciales de cáscara en cada uno de los secados realizados	El rendimiento será obtenido mediante la fórmula: $\%R: 100 - ((P_i - P_f) * 100) / P_i$: % Donde: $\%R$: rendimiento en % P_i : Peso Inicial P_f : Peso fibra
Formulación de producto con fibra obtenida	Formulación: Tiene como objeto mejorar el sabor, el aspecto, la forma y el período de conservación de los productos. Mettler Toledo (2018)	Mediante el pesaje de la cáscara seca, molida y tamizada, se realizarán formulaciones en tres proporciones distintas de Fibra de banano y harina de trigo utilizando un método convencional de mezclado	Tres formulaciones (F): F1_F : Harina de trigo 50 % + harina de banano 50 % F2_F : Harina de trigo 25 % + harina de banano 75 % F3_F : Harina de trigo 75 % + harina de banano 25 %
Elaboración de galletas de las formulaciones propuestas	Preparación de Galletas: es un producto alimenticio pequeño y plano, dulce o salado, horneado hecho normalmente a base de harina, huevos, azúcar, y/o mantequilla, aceite de cocina y otros aceites o grasas. Puede incluir más ingredientes como pasas, avena, virutas de chocolate, amaranto o nueces, coco y otros. Rivera, V (2008)	Las formulaciones realizadas en el objetivo anterior pasarán por medio de un proceso de mezclado con ingredientes que permitirán la obtención de galletas posterior a un proceso térmico (Horno)	Obtención de 3 harinas panificables con cada formulación (F1_F , F2_F , F3_F .) + huevos + esencia de vainilla + leche + aceite + azúcar Proceso térmico mediante horneado
Análisis sensorial de aceptabilidad	Panel sensorial: examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos. Ahued (2018) Escala hedónica: el panelista debe indicar su grado de aceptabilidad de la muestra basado en aspectos sensoriales (organolépticos), mediante una boleta de calificación.	Las galletas formuladas serán sometidas a un panel sensorial no entrenado en el que se compararán las 3 formulaciones contra una galleta 100% de harina de trigo, para encontrar el nivel de aceptabilidad de dichas nuevas formulaciones contra una galleta comercial	Análisis sensorial a 100 personas no entrenadas: • Olor, Sabor, Textura, Apariencia, Color con escala hedónica • Registro de boleta utilizada por los panelistas Porcentajes y Cálculo de Media

Fuente: elaboración propia.

9.6. Fases de la investigación

- Fase 1, revisión documental del tema de investigación: se realizará una recolección de información que servirá de base para realizar la investigación; se buscarán conceptos, métodos de tratamiento, análisis de resultados, técnicas de investigación, trabajos previos de utilización de subproductos para la fabricación de alimentos y métodos más eficientes para realizar las actividades.
- Fase 2, recolección de la muestra: en esta fase se realizará la recolección del subproducto generado en un día de producción en la planta de alimentos, el cual oscila entre las 40-50 libras de cáscara, las cuales se almacenarán en un cuarto refrigerado para no acelerar algún cambio en sus características. Esto se realizará durante 2 días en una semana.
- Fase 3, realizar proceso de secado al subproducto: En esta fase se trasladarán las muestras de cáscara de banano al laboratorio designado, donde se cuenta con un horno industrial eléctrico, en el cual se colocarán de forma separada mediante bandejas las cáscaras recolectadas y serán tratadas a temperaturas mayores a los 100 °C durante 1.5-6 horas de tiempo estimado. Se realizarán pruebas preliminares para determinar el comportamiento del tiempo de secado con el porcentaje de humedad, hasta llegar a un pesaje constante y determinar el tamaño de partícula; además de identificar si es necesario utilizar un material para sostener las muestras; posteriormente, mediante la tabulación de los datos recopilados, se podrá generar la curva de secado de la cáscara de banano.

- Fase 4, preparar la fibra obtenida del secado, mediante molienda y tamizado: luego de obtenida la cáscara seca, se procederá a molerla para obtener partículas menores, las cuales serán pasadas a través de un tamiz para obtener solo las partículas más finas, las cuales serán la materia prima final que se utilizará para la formulación del producto.
- Fase 5, preparar tres formulaciones en el laboratorio interno de la industria de donde se tomó la cáscara de banano, que varíe las proporciones de la fibra del subproducto obtenido: con la materia prima obtenida en la fase anterior se prepararán tres formulaciones, en las cuales se variará la cantidad de harina de trigo y la fibra obtenida de la cáscara de banano de la siguiente manera: F1_P: harina de trigo 50 % + harina de banano 50 %, F2_P: harina de trigo 25 % + harina de banano 75 %, F3_P: harina de trigo 75 % + harina de banano 25 %.
- Fase 6, preparar galletas con las formulaciones elaboradas: con las tres formulaciones preparadas a distintas proporciones se elaborarán galletas, donde se adicionarán otros ingredientes: azúcar, leche y vainilla, para obtener un producto final comestible y agradable al consumidor.
- Fase 7, realizar un panel sensorial de aceptación a 100 personas no entrenadas. Se utilizará una escala hedónica: con las galletas preparadas (3 formulaciones) se realizará un panel sensorial de aceptación en las instalaciones de la industria donde se generó el subproducto; estas personas seleccionadas forman parte del personal administrativo y operacional de dicha industria, hombres y mujeres, de distintas edades, entre 18 y 65 años. El consumidor expondrá cuál de las 3 formulaciones es más aceptable organolépticamente; además indicará sus observaciones de mejora para la preparación, en el instrumento del apéndice 4 para identificar si la fibra de la cáscara del banano afecta o beneficia al perfil aceptable.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se utilizará técnicas de la estadística descriptiva. Las variables estadísticas serán las siguientes:

- Porcentajes de obtención de fibra de la cáscara.
- Porcentaje de aceptación de las galletas formuladas, a una muestra de 100 panelistas.

Para el desglose de esta variable se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento: } \left(\frac{P_F}{P_{SH}} \right) * 100$$

Fórmula 1

Donde P_{SH} será el total en gramos de las muestras ingresadas al secador previo al secado y P_F será el total de gramos obtenidos posterior al secado (fibra).

De estas mediciones se obtendrá una media aritmética utilizando la siguiente fórmula:

$$M: \frac{\sum M}{n}$$

Fórmula 2

Donde n será el número de muestreos que se realicen en el secador.

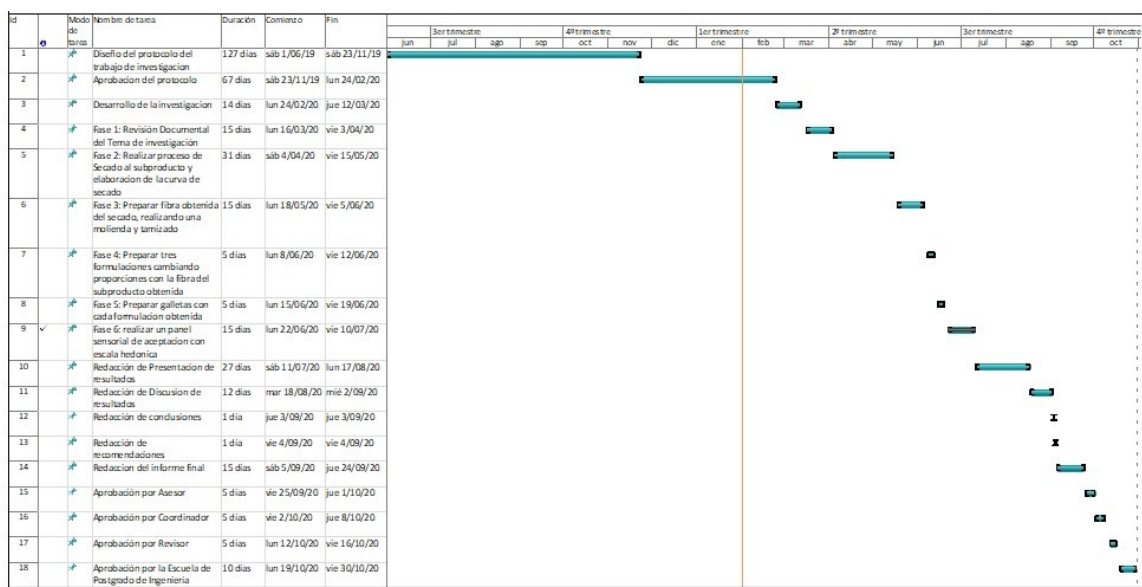
Para la recolección de los datos se utilizarán tablas de control (apéndice 3 y apéndice 4) y boletas de paneles sensoriales (apéndice 5).

Se dispondrá de datos gráficos y diagramas que ayuden con la interpretación de los resultados. Dicha representación gráfica se utilizará para caracterizar el comportamiento de las variables. Además, para interpretar las opiniones de los panelistas, se realizará un análisis para identificar causas de desviaciones respecto a los datos esperados; para ello se utilizará el diagrama de Ishikawa. Además, el panel sensorial será interpretado mediante un análisis de varianza Anova para determinar si existe o no diferencia significativa.

11. CRONOGRAMA

A continuación, se muestra la distribución de actividades, mediante un cronograma, durante la investigación, la cual se estima finalizar en octubre de 2020:

Figura 2. Cronograma



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Tabla III. Presupuesto para la realización del estudio

Item		Cantidad	Costos Q	Fuente de financiamiento
Recurso humano	Asesor	1	0.00	Ad honorem
	Investigador	1	0.00	Propio
	Consumidores	0	0.00	Por la industria
	Panelistas	100	0.00	Por la industria
	Otros (procesadores)	4	0.00	Por la industria
Recursos materiales	Fruta (banano)	3 lotes	700.00	Por la industria
	Químicos de limpieza	2 canecas	1,500.00	Por la industria
	Harina de trigo	5 libras	250.00	Propio
	Azúcar	5 libras		
	Huevos	36 uni.		
	Leche	3 L.		
	Esencia de vainilla	1 uni.		
Aceite	500 mL			
Hojas de papel	200	41.00	Por la industria	
Recursos físicos	Cuchillos	4	28.00	Por la industria
	Tablas de picar	4	30.00	Por la industria
	Bolsas de almacenaje	100	112.00	Por la industria
	Recipientes para formular	11	350.00	Por la industria
	Bandejas de INOX	4	375.00	Propios
Recursos tecnológicos	Impresora	1	2,350.00	Propia
	Cámara fotográfica	1	3,125.00	Propia
	Computadora	2	8,500.00	Por la industria y Propia
Equipo	Estufa	1	3,500.00	Por la industria
	Horno industrial	1	45,000.00	Por la industria
	Molino	1	26,000.00	Por la industria
	Tamizador	1	13,000.00	Por la industria
	Horno	1	3500.00	Por la industria
Total:			108,361.00	

Fuente: elaboración propia.

Dentro de la factibilidad del estudio, se tomarán en cuenta los recursos humanos, materiales, físicos y tecnológicos, el presupuesto y la forma de financiamiento. En la siguiente tabla se especifica cada uno de los puntos mencionados, donde se especifica que la industria financiará el 90.45 % del total de los costos, el restante 9.55 % será financiado por el investigador.

13. REFERENCIAS

1. Análisis sensorial de alimentos (julio, 2014). *Boletín científico de ciencias básicas del ICBI*, 2 (3). Recuperado de: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/m1.html>
2. Angurell, I. (2017). *Secado. Operaciones básicas en el laboratorio de química*. España: Editor de la Universitat de Barcelona. Recuperado de: <http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/desseccacio.html>
3. Arola, P. (22 de noviembre de 2014). *Banano. Plátano. (Musa x paradisiaca)*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: arboles-con-alma.blogspot.com/2014/11/banano-platano-musa-x-paradisiaca.html
4. Carías, J. J. (2015). *Elaboración de una harina de cáscara de banano (Musa x paradisiaca (L.) Merr) para su aplicación en una harina alta en fibra con su respectiva evaluación nutricional y organoléptica*. (Tesis de pregrado) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3036/1/Julio%20Javier%20Car%C3%ADas%20Alvarado.pdf>
5. Carrión Rivas, K. J. (2015). *Elaboración y evaluación nutricional de galletas funcionales a base de harina de haba (vicia faba l.) enriquecidas con extracto hidrofílico de camote (ipomoea batatas l.)* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,

Ecuador. Recuperado de:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4383>

6. Ceballos, A, y Montoya, S. (Enero, 2013). Evaluación química de la fibra en semilla, pulpa y cáscara de tres variedades de aguacate. *Revista Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial. Colombia.* 11 (1), pp. 113-120. Recuperado de:
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a13.pdf>
7. Campos, I. (2012), Molienda y tamizado. *Enciclopedia Cubana.* Ecuador: EcuRed. Recuperado de <https://www.ecured.cu/Molienda>;
<https://www.ecured.cu/Tamizado>.
8. Delfín, K. C., López, A. C., y Mondragón, M. C. (Enero-Junio, 2016). Subproductos obtenidos a partir de distintas cáscaras de fruta. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa.* 3 (5), pp. 1-12. Recuperado de:
<http://pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/551>
9. Gaytan, J. (2009). *Experimento II: Mecanismo de secado.* En Garcia, J (ed.). *Prácticas de laboratorio, procesos de secado II: Curvas de Secado.* (pp. 17-30). México: Aguilar S.A. Recuperado de:
<http://depa.fquim.unam.mx/procesos/PDF/Procesos%20II.pdf>
10. Girón Ortiz, J. A. (2016). *Elaboración y valoración bromatológica de galletas funcionales a base de cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca) enriquecidas con semillas de zambo (Cucurbita ficifolia) y endulzadas con Stevia* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

11. Gonzalo, G. (2018). *Hábitos de vida saludable: fibra alimentaria*. España: Editor de la fundación Hipercolesterolemia Familiar. Recuperado de <https://www.colesterolfamiliar.org/habitos-de-vida-saludables/dieta-y-nutricion/fibra-alimentaria/>
12. Gross Mayorga, A. L. (2013). *Desarrollo de fibra dietética a partir de un subproducto industrial de banano y su aplicación en un producto alimenticio* (Tesis de pregrado). Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Tecnología de Alimentos, Costa Rica. Recuperado de: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2598/1/36051.pdf>
13. Guerrero, J. I., Trejo, M., Moreno, J., Lira, A., y Pascual, S. (2016). Extracción de fibra de los desechos agroindustriales de cacahuate, para su aplicación en el desarrollo de alimentos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. México*. 1(2). (pp. 806-812). Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/9/140.pdf>
14. Hernández, E. (2005). *Evaluación sensorial*. 1ª ed. Colombia: ISBN, pp. 85-95.
15. Hincapie, A., Vásquez, C., Galicia, S., y Incapie, A. (2014). Propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria de cáscaras de mango variedad hilacha (mangifera indica l.): efecto del secado por convección. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), pp. 153-160. Recuperado de

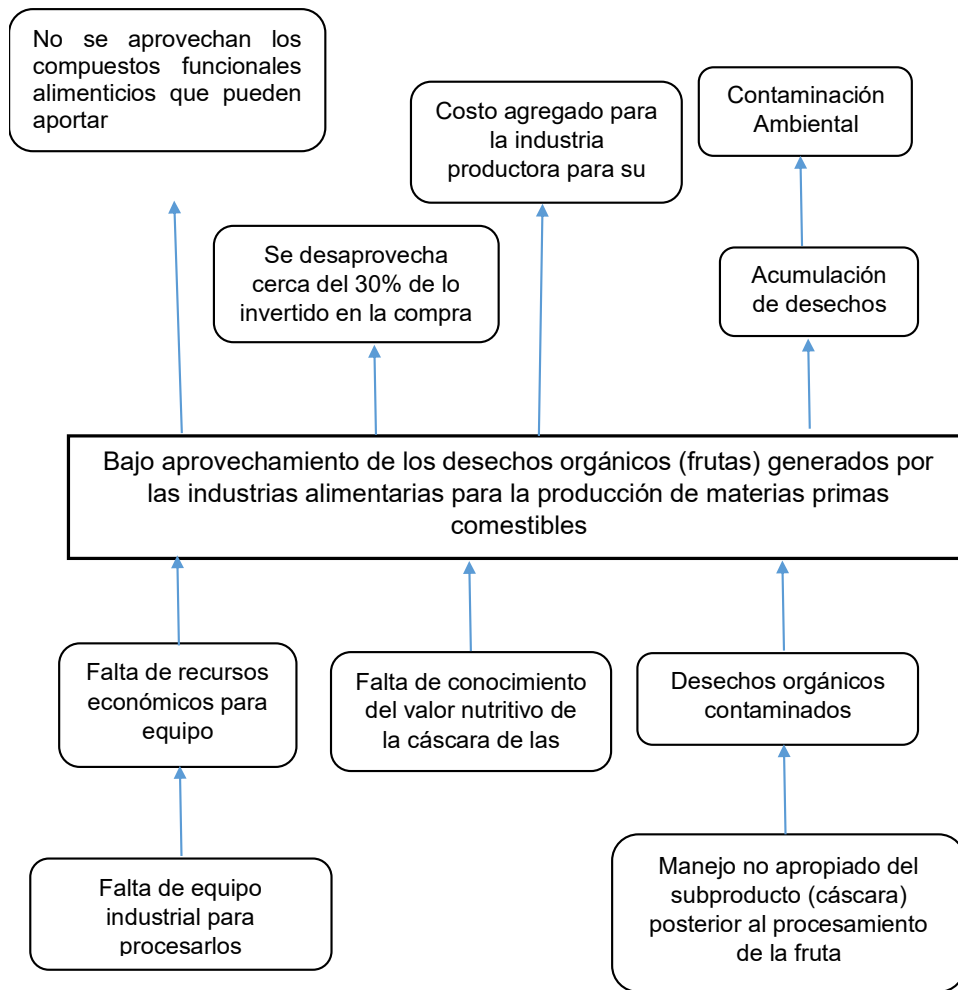
<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/311>

16. Huerta, S. (2018). *Planta piloto de fermentaciones: Secado*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de: <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/sho/Secado.pdf>
17. Marin, J. (2005). *Introducción al diseño de experimentos*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Diseno/IntroDE.pdf>
18. Mendes, J. (2005). *A Aventura das Plantas e os Descobrimentos Portugueses*. (3ra. Ed). Lisboa: Inst. de Investigação Científica Tropical. Recuperado de http://www2.iict.pt/archive/doc/FICHA-AVENT_PLANTAS.pdf
19. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO. (2009). *Glosario de agricultura orgánica*. Roma, Italia. Recuperado de <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/012/k4987t/k4987t.pdf>
20. Organización de las Naciones Unidas para la Educación de la Ciencia y la Cultura UNESCO. (2005). *Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes*. Asunción, Paraguay. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-Guiasecaderosolar.pdf>

21. Perry, R. (1986). *Manual del ingeniero químico*. México: McGraw-Hill.
22. Porto, J., y Merido, M. (2012). *Definición de rendimiento*. Recuperado de <https://definicion.de/rendimiento/>
23. Ramírez, A., y Pacheco de Delahaye, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de banano, guayaba y guanábana. *Interciencia*. 34(4), pp. 293-298. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/339/33911575012.pdf>
24. Rasgado, S., Trejo, M., y Pascual, S. (2016). Extracción de fibra en residuos agroindustriales de banano para su aplicación en alimentos funcionales. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. México. 1(1), pp. 448-453. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/77.pdf>
25. Sosa, G. (2017). *Formulación de una galleta a base de la mezcla de harina de trigo (*Triticum secale*) con semillas de chía (*salvia hispánica*), en la ciudad de Mazatenango, Suchitepéquez* (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8253/>
26. Ucha, F. (2012). Definición de desechos orgánicos. Sitio: *Definición ABC*. Recuperado de <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/desechos-organicos.php>

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Árbol del problema




Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Objetivos	Variables	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Metodología
Determinar la curva de secado del proceso de deshidratación de la cáscara de banano obtenida mediante un horno industrial.	Proceso térmico de secado	Secado utilizando horno industrial por medio de bandejas <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura > 100 °C • Tiempo: 6h 	Secador de bandejas y Medidor de humedad. Registro de tiempo/temperatura en conjunto con el % H	a) Método de secado b) Porcentaje de Humedad: $\%H: (X_{t20}/X_{0s}) * 100: \%$ Donde: $\%H$: contenido de humedad en % X_{t20} : Peso Agua X_{0s} : Peso Solido Seco
Evaluar el rendimiento de la obtención de fibra en la cáscara de banano mediante secado, molienda, tamizado y pesado por medio de porcentajes	Determinación de rendimientos	Pesaje de gramos obtenidos de fibra comparado con gramos iniciales de cáscara en cada uno de los secados realizados	Evaluación estadística para obtención de porcentajes y Registro de pesajes y porcentajes	Rendimiento: $R: (100 * P_f / P_{SH}) * 100: \%$ Donde: R: rendimiento en % P_{SH} : Peso Inicial (Húmedo) P_f : Peso fibra
Elaborar tres formulaciones con la fibra obtenida de la cáscara de banano mezclándola en proporciones definidas con harina de trigo.	Formulación de la harina mezclada	F1a: Harina de trigo 50 % + harina de banano 50 % F2a: Harina de trigo 25 % + harina de banano 75 % F3a: Harina de trigo 75 % + harina de banano 25 %	Técnica: Mezcla de harinas mediante pesaje Instrumento: Registro de pesaje mediante balanzas de los gramos de harina	Pesajes mediante balanzas Método convencional de mezclado
Elaborar galletas con cada formulación preparada con la fibra extraída de la cáscara de banano.	Elaboración de producto terminado	Obtención de 3 harinas panificables con cada formulación (F1a, F2a, F3a) + huevos + esencia de vainilla + leche + aceite + azúcar Proceso térmico mediante horno	Horno de cocción	Método convencional de horneado de harinas
Medir el nivel de aceptabilidad de las galletas producidas con cada tipo de formulación elaborada con la fibra extraída de la cáscara de banano.	Aceptabilidad de producto terminado	Análisis sensorial a 100 personas no entrenadas: <ul style="list-style-type: none"> • Olor; Sabor • Textura; Apariencia • Color 	Técnica: Panel sensorial de aceptabilidad Instrumento: Registro de boleta utilizada por los panelistas	Prueba hedónica: el panelista debe indicar su grado de aceptabilidad de la muestra basado en aspectos sensoriales (organolépticos), mediante una boleta de calificación.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Registro de recolección de datos preliminar**

	Universidad de San Carlos de Guatemala	Código RE-RC-1	
	Registro de proceso de secado Preliminar	Versión 1	Página 1 de 1

Instrucciones: Llenar la siguiente tabla con los datos solicitados


	Material	Peso Inicial (kg)	Peso 1:30 h de secado (kg)	Peso 3 h de secado (kg)	Peso 4:30 h de secado (kg)	Peso 6 h de secado (kg)	Porcentaje de Humedad final
Cáscara completa	Craft						
	Sin papel						
Cáscara a la mitad	Craft						
	Sin papel						

Observaciones:

Elaborado por: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Registro de recolección de datos**

	Universidad de San Carlos de Guatemala	Código RE-RC-2	
	Registro de Control de proceso (Secado de cáscara)	Versión 1	Página 1 de 1

Instrucciones: Llenar la siguiente tabla con los datos solicitados

Tamaño de cascara: _____ Material usado de base: _____

Bandeja	Peso Inicial (kg)	Peso 1:30 h de secado (kg)	Peso 3 h de secado (kg)	Peso 4:30 h de secado (kg)	Peso 6 h de secado (kg)	Porcentaje de Humedad final
1						
2						
3						
4						
5						

Observaciones:

Elaborado por: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Boleta de panel sensorial



Universidad de San Carlos De Guatemala	Código	
Boleta de Panel Sensorial	Versión 1	Página 1 de 1

BOLETA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

CÓDIGO: _____ **FECHA** _____

INSTRUCCIONES

Esta es una prueba sensorial de aceptación:

1. Usted ha recibido 3 muestras, pruebe las muestras de izquierda a derecha
2. En cada casilla debe calificar cada atributo según el cuadro de resultados (DE 1 A 5).
3. Coloque una **“X”** en el código de muestra que sea de su preferencia. Debe escoger una, aunque no le sienta diferencia y escriba por qué.
4. Recuerde repartir la muestra por toda la boca para la identificación del atributo y enjuagarse la boca entre cada evaluación con agua y esperar antes de degustar la siguiente muestra.

ESCALA DE ACEPTACIÓN	
1= Me disgusta Mucho	4= Me gusta
2= Me disgusta	5= Me gusta mucho
3= No me gusta ni me disgusta	

PRODUCTO	ATRIBUTOS					PREFERENCIA (X)
	Sabor	Dulzura	Color	Textura	Olor	

PORQUE DE SU PREFERENCIA: _____

Fuente: elaboración propia.