Universidad Nacional de Ingeniería

Área del Conocimiento de Agricultura

Elaboración y formulación de harina de cáscara pitahaya como complemento para elaborar variedades de producto de bollería

Trabajo Monográfico para optar al título de

Ingeniero Químico

Elaborado por:

Br. Luis Fernando Pavón Loáisiga

2020 – 0900U

Tutor:

MPA.Ing. Denis Antonio Escorcia Morales

12 de marzo de 2026
Managua, Nicaragua

CARTA DEL CATEDRATICO GUIA.

Estimados y distinguidos miembros del Jurado Calificador:

Por este medio, tengo el agrado de presentar ante ustedes el trabajo monográfico titulado **"ELABORACIÓN Y FORMULACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PITAHAYA COMO COMPLEMENTO PARA ELABORAR VARIEDADES DE PRODUCTO DE BOLLERÍA"**, realizado por el **Br. Luis Fernando Pavón Loáisiga**, para optar al título de Ingeniero Químico.

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), específicamente en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química.

El estudio se centró en el aprovechamiento de un subproducto agroindustrial, la cáscara de pitahaya, para transformarlo en una harina funcional con potencial aplicación en la industria de la bollería. Durante un período de investigación y experimentación, el bachiller Pavón Loáisiga demostró un compromiso y una dedicación ejemplares. Su esfuerzo constante y meticuloso fue fundamental para superar los desafíos técnicos del proceso, como la determinación del tiempo óptimo de secado, y para lograr resultados satisfactorios que validan la viabilidad técnica y nutricional de la harina de cáscara de pitahaya como ingrediente innovador.

El trabajo no solo cumplió con los objetivos planteados que incluyeron la elaboración a escala laboratorio, la determinación de la formulación óptima y la selección de equipos para un posterior escalamiento, sino que también sienta las bases para futuras investigaciones y aplicaciones industriales, promoviendo la economía circular y el desarrollo de alimentos funcionales.

Por lo anteriormente expuesto, y en virtud de la calidad científica, la rigurosidad metodológica y el valioso aporte de esta investigación, solicito a ustedes se sirvan otorgar la máxima calificación al trabajo monográfico del Br. Luis Fernando Pavón Loáisiga.

Aprovecho la ocasión para reiterarles mis más cordiales saludos y muestras de consideración y estima.

Atentamente,

_____

MPa. Ing. Denis Escorcia Morales

Profesor Guía

Universidad Nacional de Ingeniería
Área de Conocimiento de Agricultura
Formas de Culminación de Estudios

REF.DACA.FCE.144.2025
Managua, 6 de mayo del 2025

Bachiller

LUIS FERNANDO PAVÓN LOÁSIGA / 2020-0900U

Estimado (a) Bachiller:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado: **"ELABORACIÓN Y FORMULACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA PITAHAYA COMO COMPLEMENTO PARA ELABORAR VARIEDADES DE PRODUCTO DE BOLLERÍA"** . Ha sido aprobado por la Dirección de Área de Conocimiento de Agricultura.

Asimismo, les comunico estar totalmente de acuerdo, que el **MPA. Denis Antonio Escorcia Morales,** sea el tutor de su trabajo monográfico.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **6 de noviembre del 2025.**

Esperando puntualidad en la entrega de la Monografia, me despido.

Atentamente,

MSc. José Mamerto Méndez Úbeda
Director de Área de Conocimiento de Agricultura
DACA

CC: Archivo

Tutor – MPA. Denis Antonio Escorcia Morales
MSc. Helia Vanessa Taleno Oporta / secretaria Académica DACA

Universidad Nacional de Ingeniería
Área de Conocimiento de Agricultura
Formas de Culminación de Estudios

REF.DACA.FCE.406.2025
Managua, 24 de noviembre del 2025

Bachiller

LUIS FERNANDO PAVON LOAISIGA / 2020-0900U

Estimado Bachiller:

Es de mi agrado comunicarle que he constituido el Tribunal examinador para la Pre-Defensa de su trabajo de Monografía titulado: **"ELABORACIÓN Y FORMULACIÓN DE HARINA DE CÁSCARA PITAHAYA COMO COMPLEMENTO PARA ELABORAR VARIEDADES DE PRODUCTO DE BOLLERÍA".** La que se realizará el día viernes 28 de noviembre 2025, en el Salón Académico Carlos Fonseca Amador de la UNI-RUPAP.

Pres: Ing. Onell Domingo Morales Cortez (PAIQ)
Sec: Ing. Marvin Alfonso Chavarría Molina (PAIQ)
Voc: Ing. Julia Del Carmen Alemán Arias (PAIQ)

Hora: 10:30 AM

Asimismo, les comunico que el tutor está en pleno derecho de asistir a la Defensa. Los Documentos después del acto de Defensa son entregados en las oficinas de Culminación de Estudios – DACA; si fuera el caso a los sustentantes para realizar correcciones.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,

MSc. José Mamerto Méndez Ubeda
Director de Área de Conocimiento de Agricultura
DACA

- MPA. Denis Antonio Escorcia Morales / Tutor
- MSc. Helia Vanessa Taleno Oporta / Secretaria Académica DACA

DEDICATORIA.

Dedico esta tesis a…

Mi madre, por ser quien ha estado conmigo en todo momento, por su amor incondicional, sus sacrificios silenciosos y creer en mi incluso cuando yo lo dudaba. Todo esto, lo que soy y lo que seré se lo debo a ella.

A quienes no están conmigo, pero deseara que lo estuvieran, por ser parte de mi crecimiento personal y de todo este trayecto. Como mi abuela.

A mis amigos, cada uno de ellos, quienes en ningún momento dudaron de acompañarme en toda esta travesía, donde se pasaron momentos muy buenos y otros muy malos. Siempre es bueno recordar que nunca estamos solo, sentirse solo no es lo mismo que estarlo.

Al final de cuentas, cada uno de nosotros es un mosaico vivo. Estamos hechos de los fragmentos de todas las personas que han ocupado un espacio en nuestro corazón. Atesoramos, sin siempre saberlo, un pedazo de sus esencias, sus gestos, sus formas de ver el mundo, integrándolos silenciosamente en el lienzo de nuestra propia personalidad. Llevamos con nosotros el eco de sus voces y la huella de su paso, y es en esa mezcla única donde reside la historia invisible de quienes somos en realidad.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco principalmente al ser que siempre ha sido un ejemplo a seguir, quien tengo muchísimo tiempo deseando ser un tercio de responsable y diciplinado de lo que ella es, quien me lo ha dado todo a cambio de nada. Mi madre, muchas gracias por tanto y perdón por tan poco.

Agradezco a mi tutor MPa.Ing. Denis Escorcia Morales por la paciencia que me ha tenido todo este tiempo que hemos trabajado, por darse la tarea de guiarme y corregirme.

Y, por último, pero no menos importante, agradezco a cada uno de aquellos docentes los cuales formaron parte de mi aprendizaje, unos más que otros, pero de cierta manera siempre contribuyen en uno, podemos ser fugaces para ustedes, más, ustedes no son fugaces para nosotros.

RESUMEN.

La presente investigación se centró en la elaboración y formulación de harina a partir de cáscara de pitahaya (Hylocereus undatus) como complemento funcional para la producción de productos de bollería, con el objetivo de valorizar un subproducto agroindustrial y contribuir a la reducción de residuos. Mediante un diseño experimental factorial 3^2, se evaluaron dos factores críticos: el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de pitahaya (HCP) —10%, 20% y 30%— y el tiempo de secado. Sin embargo, durante la experimentación se determinó que el tiempo de secado óptimo era de 26 horas a 70°C, independientemente de las variaciones iniciales, para garantizar una deshidratación completa y preservar los compuestos termolábiles.

Los resultados fisicoquímicos mostraron que la harina de cáscara de pitahaya posee un alto contenido de fibra cruda (46%), cenizas (23.82%) y minerales como calcio (709 mg/100g) y hierro (3.27 mg/100g), aunque su pH ácido (4.81) y su elevada fibra la hacen más adecuada como complemento que como harina única. Las formulaciones con 20% y 30% de HCP presentaron un balance nutricional mejorado, destacando la F2 (20% HCP) por su adecuado perfil de fibra (10.72%), minerales y aceptabilidad potencial en productos de bollería.

Adicionalmente, se seleccionaron y cotizaron los equipos necesarios para el escalamiento piloto del proceso, con una capacidad de 30 kg de cáscara por lote, estimando una inversión inicial de aproximadamente US$4,851.83. Se concluye que la harina de cáscara de pitahaya representa una alternativa viable y sostenible para el desarrollo de alimentos funcionales, siempre que se controle el tiempo de secado y el porcentaje de sustitución para mantener la calidad sensorial y nutricional del producto final.

INDICE.

I. INTRODUCCIÓN 1

II. OBJETIVOS. 2

2.1. Objetivo general. 2

2.2. Objetivos específicos. 2

III. MARCO TEÓRICO. 3

3.1. Pitahaya: Características y propiedades. 3

3.1.1. Origen y cultivo. 3

3.1.2. Composición Nutricional. 3

3.1.3. Propiedades fundamentales de la cáscara de pitahaya. 4

3.1.3.1. Compuestos fenólicos. 5

3.1.3.2. Flavonoides. 5

3.1.3.3. Vitamina C. 6

3.2. Harinas funcionales. 6

3.2.1. Definición y características. 6

3.2.2. Aplicaciones en la industria alimentaria. 7

3.3. Aprovechamiento de cáscaras de frutas para harina. 7

3.4. Procesos tecnológicos para la elaboración de harina. 8

3.4.1. Secado. 8

3.4.2. Molienda. 9

3.4.3. Tamizado. 10

3.4.4. Conservación. 10

3.4.5. Diagramas de bloque de la transformación de cáscaras a harina. 11

3.5. Principios Básicos de Escalamiento. 13

3.5.1. Escala Piloto. 13

3.5.2. Costos de Instalaciones Pilotos. 15

3.6. Impacto ambiental. 15

3.7. Marco normativo. 16

3.7.1. NTON 03 096-11: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. ... 16

IV. METODOLOGIA. 18
4.1. Factores 18
4.2. Niveles 18
4.3. Tratamiento 18
4.4. Variables de respuesta 19
4.5. Definición de unidad experimental 19
4.6. Control total 19
4.7. Modelo matemático 20
4.8. Hipótesis 20
4.9. Tamaño de la muestra 20
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 21
5.1. Resultados de la harina a base de cáscara de pitahaya. 21
5.1.1. Formulación de harina a escala laboratorio. 24
5.2. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de pitahaya a escala piloto. 31
5.3. Selección y precios de equipos para el proceso de harina de cáscara de pitahaya a escala piloto. 32
5.3.1. Estimación de costos de los equipos. 39
VI. CONCLUSIONES 40
VII. RECOMENDACIONES 41
VIII. BIBLIOGRAFÍA 42
IX. ANEXOS. 47
9.1. Análisis generales en alimentos. 47
9.1.1. Determinación de Ph. 47
9.1.2. Determinación de humedad (AOAC 930.15). 48
9.1.3. Determinación de cenizas. 50
9.1.4. Determinación de proteínas. 52
9.1.5. Determinación de Fibra Cruda. 55
9.1.6. Determinación de Carbohidratos. 56
9.1.7. Determinación de grasa. 57
9.1.8. Determinación de Hierro. 59
9.1.9. Determinación de Calcio. 60

9.2. Balance de materia a escala laboratorio de la harina de cáscara de pitahaya. 61
9.3. Balance de materia a escala piloto de la harina de cáscara de pitahaya. 62

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1.Composición nutricional de la pitahaya (Hylocereusundatus). 4
Tabla 2. Composición nutricional de pitahaya (Hylocereusundatus). 4
Tabla 3. Compuestos bioactivos en pitahaya (Hylocereusundatus). 5
Tabla 4. Efecto de la temperatura de secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la cáscara de pitahaya roja. 9
Tabla 5. Indicadores expresados en % del costo del equipamiento tecnológico. 15
Tabla 6. Relevancia de los impactos ambientales ocasionados por el proceso de Producción de Harina 16
Tabla 7. Diseño de experimento factorial (DOE) 3^2. 19
Tabla 8. Análisis realizados solo a la harina a base de cáscara de pitahaya. 22
Tabla 9. Análisis a la formulación de 10% harina de cascara de pitahaya (HCP) y 90% harina de trigo (HT). 22
Tabla 10. Análisis a la formulación de 20% harina de cascara de pitahaya (HCP) y 80% harina de trigo (HT). 23
Tabla 11. Análisis a la formulación de 30% harina de cascara de pitahaya (HCP) y 70% harina de trigo (HT) 23
Tabla 12. Especificaciones de la mesa de acero inoxidable. 33
Tabla 13. Especificaciones de la lavadora de frutas. 34
Tabla 14. Especificaciones de la cortadora de pitahaya. 35
Tabla 15. Especificaciones del horno de convección. 36
Tabla 16. Especificaciones del molino. 37
Tabla 17. Especificaciones del tamizador. 38
Tabla 18. Costos de los equipos. 39
Tabla 19. pH de las diferentes formulaciones. 47
Tabla 20. Humedad en las diferentes formulaciones. 49
Tabla 21. Porcentaje de cenizas en las diferentes formulaciones. 51
Tabla 22. Porcentaje de proteínas de cada formulación. 54
Tabla 23. Porcentaje de fibra cruda de cada formulación. 55
Tabla 24. Porcentaje de carbohidratos de cada formulación. 56
Tabla 25. Porcentaje de grasa de cada formulación. 58
Tabla 26. Miligramos de hierro por cada 100g de cada formulación. 59
Tabla 27. Miligramos de calcio por cada 100g de cada formulación. 60
Tabla 28. Secado de la cáscara de pitahaya. 61

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Diagrama de bloque para la obtención de harina a base de cáscara de plátano verde. 11
Figura 2. Diagrama de bloque para la obtención de harina a base de cáscara de pitahaya. 12
Figura 3. Procedimiento de reducción de tamaño de la cáscara. 25
Figura 4. Procedimiento de horneado de las cáscaras de pitahaya 26
Figura 5. Cáscaras de pitahaya secas 26
Figura 6. Procedimiento de triturado (molienda) 27
Figura 7. Producto retenido en el Tamiz de 20mesh 28
Figura 8. Producto retenido en el Tamiz de 40 mesh 28
Figura 9. Producto retenido en el Tamiz de 60mesh 29
Figura 10. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de pitahaya. 30
Figura 11. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de pitahaya a escala piloto. 31

INDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1. Comportamiento del pH respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya 47
Gráfico 2. Comportamiento de la humedad respecto al porcentaje de la harina de cáscara de pitahaya. 49
Gráfico 3. Comportamiento del porcentaje de cenizas respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya..... 51
Gráfico 4. Comportamiento del porcentaje de proteínas respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya..... 54
Gráfico 5. Comportamiento del porcentaje de fibra cruda respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya..... 55
Gráfico 6. Comportamiento del porcentaje de los carbohidratos respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya. 56
Gráfico 7. Comportamiento del porcentaje de grasa respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya..... 58
Gráfico 8. Comportamiento del hierro respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya. 59
Gráfico 9. Comportamiento del hierro respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya. 60

I. INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria actualmente enfrenta el desafío de reducir los desperdicios de alimentos y promover practicas más sostenibles. Bajo este contexto, aprovechar los subproductos agroindustriales, como las cáscaras de las frutas, se ha convertido en una estrategia fundamental para agregar valor a estos productos procesados y minimizar el impacto ambiental. La pitahaya, una fruta tropical conocida por sus propiedades nutricionales y beneficios para la salud, genera una cantidad significativa de cáscara, la cual representa un 33.40% de la fruta, en el mayor de los casos es simplemente desechada. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que la cáscara de pitahaya es rica en compuestos bioactivos, como fibra dietética, antioxidantes y betalaínas, por lo cual se encuentra un gran potencial para ser transformada en ingredientes funcionales como harinas (Verona-Ruiz et al., 2020).

Así mismo ofrecer una alternativa diferente a las personas la cual se base en complementar la harina de trigo con una harina la cual sea innovadora y le añada alto potencial nutricional, como lo es una elaborada a base de la cáscara de pitahaya. Ya que en la actualidad las personas cada vez se preocupan más por su salud, esto conlleva a mantener cierto control con todo aquello de lo que se alimenten.

Está investigación busca complementar la transformación de desechos en un potencial productos de calidad, proponiendo un proceso innovador para la transformación de cáscara de pitahaya en harina, por su impacto ambiental y económico, al promover la reducción de residuos y la creación de productos de valor agregando. El estudio se justifica por su relevancia científica al aportar nuevos conocimientos sobre el uso de subproductos agroindustrial.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

- Desarrollar una harina de cáscara pitahaya como complemento para elaborar variedades de producto bollería.

2.2. Objetivos específicos.

- Elaborar una harina de cáscara de pitahaya en el laboratorio, considerando variables fisicoquímicas.
- Determinar la formulación de harina de cáscara de pitahaya apta como complemento para elaborar productos bollería.
- Seleccionar los equipos necesarios a escala piloto.
- Estimar los costos relacionados con los equipos del proceso.

III. MARCO TEÓRICO.

3.1. Pitahaya: Características y propiedades.

3.1.1. Origen y cultivo.

La pitahaya es nativa de América Central y del Sur (Ortiz-Hernández y Carillo-Salazar, 2012) y se cultivan comercialmente en una amplia gama de países, incluidos México, Nicaragua, Guatemala, Estados Unidos, Taiwán, Vietnam, Filipinas e Israel.

Por su parte, (Medina, 2015) argumenta que la pitahaya amarilla es una epífita facultativa que evolucionó en el piedemonte andino amazónico en Perú, Ecuador y Colombia; lo que explica su comportamiento trepador y tallo segmentado con facilidad de emitir raíces secundarias.

(Manzanero et al, 2014) menciona que la pitahaya es una especie de cultivo en dispersión en el trópico y subtrópico que presenta alto polimorfismo. La especie ha sufrido selección humana por acción de colecta de frutos, situación que promovió la diversidad de frutos en forma, tamaño, color y calidad organoléptica, por lo tanto, hoy en día se conocen más de una especie de pitahaya.

3.1.2. Composición Nutricional.

La tabla 1 muestra la composición nutricional de la pitahaya Royal Red (RR) y humedad, estos resultados están en % de peso fresco y se muestran los valores medios ± desviación estándar.

Tabla 1.Composición nutricional de la pitahaya (*Hylocereusundatus*).

Royal Red	
Humedad	85,5 ± 0,45
Grasa	0,65 ± 0,03
Proteínas	0,88 ± 0,55
Cenizas	0,77 ± 0,04
Fibra dietética	1,88 ± 0,05
Azucares Totales	9,67 ± 0,89
Glucosa	6,01 ± 0,69
Fructuosa	3,29 ± 0,42
Sacarosa	0,36 ± 0,04

Fuente: (Merodio et al., 2024)

3.1.3. Propiedades fundamentales de la cáscara de pitahaya.

La cáscara de la pitahaya es una rica fuente de nutrientes, especialmente fibra dietaría, así como de fitoquímicos bioactivos como los compuestos fenólicos (Tabla 3) Además, este subproducto muestra un gran potencial de aplicación en la industria alimentaria para la reformulación alimentos y recuperación de sustancias de alto valor agregado (amilasa, pectinasa, pectina y antocianinas). Por lo anterior, la literatura reciente ha demostrado que la cáscara o extractos de este fruto, promueven la salud. lo que sugiere su uso en el desarrollo de productos alimenticios innovadores (González, 2023).

En la tabla 2 se muestra la composición nutricional de la pitahaya respecto a la pulpa y cascara.

Tabla 2. Composición nutricional de pitahaya (*Hylocereusundatus*).

Componente	Pulpa	Cascara
Agua (%)	89.00 ± 0.17	10.66 ± 0.18
Proteína (g)	0.18 ± 0.02	6.00 ± 0.17
Grasa (g)	0.45 ± 0.02	6.20 ± 0.52
Carbohidratos (g)	9.34 ± 0.07	47.78 ± 0.00
Fibra dietaria (g)	0.45 ± 0.03	23.75 ± 0.10

La siguiente tabla muestra los compuestos bioactivos presentes en la pitahaya.

Tabla 3. Compuestos bioactivos en pitahaya (*Hylocereusundatus*).

Componente	Pulpa	Cascara
Compuestos fenólicos (mg of GAE)	32.37 ± 1.72	29.10 ± 1.30
Flavonoides (mg RE)	26.71 ± 4.46	22.90 ± 1.49
Vitamina C mg	31.11 ± 3.85	18.33 ± 6.11

Fuente: (González, 2023)

3.1.3.1. Compuestos fenólicos.

Estos componentes constituyen al grupo de los micronutrientes presentes en el reino vegetal importantes en la dieta humana, como: fenoles, ácidos fenólicos, antocianinas, triterpenos, compuestos sulfurados, resveratrol, tioalilos, entre otros, siendo metabolitos secundarios de las plantas que poseen propiedades de gran interés. Por esta razón, han generado el interés los investigadores gracias a los beneficios a la salud, debido al poder antioxidante que poseen; con ello se busca quelar metales y captar así radicales libres causantes del envejecimiento cutáneo, además de la influencia sensorial que estos compuestos les confieren a los alimentos (López, Ortega y Lozada, 2015; Tian Y. et al., 2016).

3.1.3.2. Flavonoides.

En la industria agroalimentaria se emplean antioxidantes sintéticos para inhibir la oxidación de lípidos, de los cuales se encuentran principalmente el BHA (butil-hidroxil-anisol), BHT (butil-hidroxil-tolueno), TBHQ (tercbutilhidroquinona) y PG (propil galato), que han sido las causas de enfermedades cardiacas y agentes carcinogénicos (Kunrath et al., 2017). Aunque, con la intención de preservar la salud del consumidor, se ha invertido en la búsqueda de compuestos naturales con propiedades antioxidantes para sustituir a los sintéticos, en los que existen diversas alternativas de fuentes de alimentos, entre los cuales se encuentran las frutas, pero principalmente su cáscara, propóleo, cacao, entre otros (Martini et al., 2017) (*Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindústria*, s/f).

3.1.3.3. Vitamina C.

La vitamina C (ácido ascórbico) es un nutriente que el cuerpo necesita para formar vasos sanguíneos, cartílagos, músculos y colágeno en los huesos. La vitamina C también es vital para el proceso de curación del cuerpo.

La vitamina C es un antioxidante que protege las células contra los efectos de los radicales libres, las moléculas que se producen cuando el cuerpo descompone los alimentos o se expone al humo del tabaco y la radiación del sol, rayos X u otras fuentes. Los radicales libres pueden desempeñar un papel en las enfermedades cardíacas, el cáncer y otras enfermedades. La vitamina C también ayuda al cuerpo a absorber y almacenar el hierro.

Debido a que el cuerpo no produce vitamina C, necesita obtenerla de la dieta. La vitamina C se encuentra en las frutas cítricas, las bayas, las papas, los tomates, los pimientos, el repollo, las coles de Bruselas, el brócoli y las espinacas. La vitamina C también está disponible como suplemento oral, generalmente en forma de cápsulas y tabletas masticables (*Vitamina C*, s/f).

3.2. Harinas funcionales.

3.2.1. Definición y características.

En primer lugar, ¿qué define a un alimento funcional? Esta característica se da a todos los alimentos, ingredientes y recetas que son beneficiosos para nuestra salud, no solo por sus nutrientes, sino para apoyar la prevención y lucha contra diversas enfermedades.

Las harinas funcionales son, por tanto, harinas elaboradas a partir de alimentos e ingredientes que tienen estos beneficios. Estas harinas son excelentes sustitutos de la harina blanca en recetas como tortas y panes, porque tienen un alto contenido nutricional y además tienen la ventaja de no tener un sabor demasiado fuerte en sus composiciones (Vapza, 2021).

Características

- Son naturales
- Ayudan a mejorar el perfil nutricional de los alimentos
- Pueden ser libres de gluten
- Pueden tener un alto contenido de fibra, vitaminas y minerales (TRADES, s/f)

3.2.2. Aplicaciones en la industria alimentaria.

- Empanizado

Las harinas funcionales para empanizado mejoran la cohesión de los productos y su textura (Ingredients, 2024).

(Anthony, 2023), en su trabajo de titulación con el título “APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN LA ELABORACIÓN DE NUGGETS VEGETAL COMO APORTE DE FIBRA PARA EL CONSUMO HUMANO” que en la investigación se tuvo como finalidad en desarrollar Nuggets con harina de cáscara de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) como fuente de fibra para su consumo. Este producto al ser un alimento natural y fácil de digerir, atribuye nutrientes esenciales como son (Vitamina C, Vitamina A, carbohidratos, fibra y antioxidantes). En primer lugar, ayudará a reducir el desperdicio de alimentos, al aprovechar una parte que generalmente se descarta del alimento. Además, enriquece el valor nutricional de los alimentos, ya que la cáscara de pitahaya es rica en fibra dietética y antioxidantes. Asimismo, destaca la importancia de utilizar ingredientes poco convencionales para promover una alimentación más variada y respetuosa con el ambiente. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la cantidad recomendada de fibra puede variar según la edad y el sexo de cada individuo Panadería.

Las harinas funcionales pueden mejorar la viscosidad, la textura y la estructura de los productos de panadería (MordorIntelligence, s/f).

- Repostería

Las harinas funcionales pueden mejorar la nutrición de los productos de repostería (L. Ingredients, s/f).

- Bebés

Las harinas funcionales pueden ayudar a los fabricantes a producir alimentos para bebés con etiqueta limpia (Ingredients, 2024).

3.3. Aprovechamiento de cáscaras de frutas para harina.

En su tesis titulada “Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)” (Falla Dejo & Ramón Lluén, 2019), se señala que, con el propósito de promover el aprovechamiento de los residuos de la industria de chifles, como la cáscara de plátano verde, se llevó a cabo una investigación para obtener y evaluar sensorialmente galletas elaboradas con distintas concentraciones de harina de cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca). Para ello, se procesó la cáscara mediante etapas como recepción de la materia prima, lavado, desinfección, cortado,

secado, molienda, tamizado y almacenamiento, seguido de un análisis químico proximal para caracterizar la harina obtenida.

(Atoche Chauca & García Siu, 2017) en su Tesis para optar el título profesional, titulado “Aprovechamiento de residuos agroindustriales (cáscara de mango) para la formulación de cupcakes” destaca que el trabajo de investigación es de tipo Experimental - Tecnológica, cuyo objetivo fue aprovechar las cáscaras de mango (*Mangifera Indica L.*) resultantes del proceso “Elaboración de Néctar de Maracuyá-Mango” de la empresa La Morina S.A. en la formulación y elaboración de Cupcakes. Se utilizó el proceso de secado con aire caliente (50 °C – 6-8 horas), posteriormente pasó por un proceso de molienda para la producción de harina de las cáscaras de mango obteniendo un rendimiento de 17.98%. La Actividad de agua (Aw) de la harina obtenida de los residuos agroindustriales – cáscaras de mango (*Mangifera Indica L.*) fue 0.408 ± 0.002 con un tamaño de partícula de 0,054mm.

3.4. Procesos tecnológicos para la elaboración de harina.

3.4.1. Secado.

El secado es una operación unitaria de transferencia de masa, mediante la cual se elimina humedad de un sólido o un material casi sólido. Puede o no establecerse una fase previa al secado que es la eliminación mecánica de agua mediante filtros-prensa o centrífugas, reduciéndose después por vía térmica la humedad que quede. Esta última fase es propiamente la operación de secado, en ella se somete el producto húmedo a la acción del calor, evaporándose el líquido. Al secar un sólido en el seno de una masa de aire tiene lugar simultáneamente transferencia de masa y transmisión de calor. El agua contenida en el sólido se desplaza hacia la interface y posteriormente al seno del gas. El gradiente de temperatura entre el aire y el sólido provoca la transmisión de calor.

Secado por lotes o discontinuo: Generalmente es un proceso en semi-lotes, en donde una cierta cantidad de sustancia que se va a secar se expone al calor con o sin circulación de aire, en el cual se evapora la humedad en función del tiempo.

Secado continuo: tanto la sustancia que se va a secar, como el gas pasan continuamente a través del equipo. Generalmente son operaciones por contacto continuo entre el gas y la sustancia que se seca, en esta la humedad se elimina en función de la longitud del secadero.

Los secadores comerciales más comunes son:

- Secaderos de bandejas en los que el sólido se deposita en capas de poca profundidad, que pueden o no tener aire caliente que circula por la superficie o a través del sólido. (Pastas)

- Secaderos rotatorios en los que el sólido desciende a lo largo de un cilindro rotatorio inclinado, secándose por acción del aire caliente que circula en contracorriente. (materiales áridos, cristales)
- Secaderos de evaporación súbita o atomizadores. En este tipo de secadero la suspensión de sólido, en forma de gotas, se pone en contacto brusco con aire caliente a elevada temperatura, en un dispositivo de ciclón. El agua del sólido se vaporiza bruscamente obteniéndose un sólido de elevada porosidad (Alcívar-Cedeño et al., 2016).

En la tabla 4 se observan los efectos que tiene la temperatura de secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales, así mismo, la capacidad antioxidante de la cascara de pitahaya roja.

Tabla 4. Efecto de la temperatura de secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la cáscara de pitahaya roja.

Temperatura (°C)	Contenido de fenólicos totales (mg EAG/100g de cascara seca en base seca	Capacidad antioxidante (% de inhibición del radical DPPH)
40	116.7 ± 26.0 ^{b}	22.22 ± 0.06 ^{b}
50	250.8 ± 42.4 ^{a}	29.87 ± 0.07 ^{ab}
60	279.0 ± 38.4 ^{a}	30.53 ± 0.10 ^{ab}
70	257.3 ± 9.7 ^{a}	41.86 ± 0.08 ^{ab}
80	279.8 ± 25.4 ^{a}	49.84 ± 0.04 ^{a}
90	328.8 ± 57.5 ^{a}	50.00 ± 0.12 ^{a}
Datos expresados como promedio ± desviación estándar. Los mismos superíndices en cada columna indican una diferencia no significativa ($p<0.05$) mediante la prueba Tukey.		

Fuente: (Castillo-Zapata et al., s/f)

3.4.2. Molienda.

El proceso de molienda consiste en reducir y estandarizar el tamaño de partícula de las materias primas, aumentando la superficie de contacto y consecuentemente mejorando la absorción de vapor y agua durante el proceso de extrusión, favoreciendo la cocción de la masa. Todos estos aspectos inciden en la textura y uniformidad, evitando partículas duras parcialmente cocidas en el producto.

La granulometría está influenciada por la configuración del molino y las partes que lo componen. Antes de ingresar al molino, la presencia de tamices e imanes evitará que materiales extraños lleguen al equipo, dañen las piezas y perjudiquen la calidad de la molienda. A la salida del molino, para asegurar la calidad de la molienda, es necesario monitorear la granulometría, la cual puede verse afectada por tamices perforados y/o martillos desgastados, lo que contribuirá a una menor eficiencia y calidad de la molienda (Luana Pucca, 2023).

3.4.3. Tamizado.

Tamizar no es más que pasarla a través de un colador fino llamado tamiz para que se deshaga en partículas aún más finas, y no quede apelmazada.

El tamizado de la harina suele ser especialmente importante en la repostería donde nos ayudará a que nuestros productos queden mucho más esponjosos.

Al tamizar la harina eliminamos los grumos que se causan por la humedad del ambiente o el empaquetado. Al pasarlas por un tamiz, las partículas de la harina no solo se separan, sino que también se airean. Este punto de “aire” es el que va ayudar a que los bizcochos resulten más esponjosos.

Tamizar la harina también es una excelente manera de limpiar las posibles impurezas que pueda presentar. Bien sean restos del grano o pequeñas piedras.

Cuando la tamizamos conseguimos que la mezcla con los diferentes ingredientes resulte mucho más fina y homogénea, lo que incidirá en que el producto final tenga una mejor textura. En general, hoy en día solo utilizamos harinas de calidad con lo que la finalidad última de pasarlas por el tamiz suele ser que se airee.

Para tamizar la harina lo ideal es contar con un tamiz. Un útil redondo y plano que tiene en su base una rejilla de metal. Los tamices pueden variar de grosor. Pero si no tenemos un tamiz podemos emplear perfectamente un colador, eso sí siempre que su rejilla sea lo suficientemente fina (Rebón, 2020).

3.4.4. Conservación.

La conservación adecuada de las harinas es fundamental para garantizar su calidad y evitar la proliferación de microorganismos, como hongos filamentosos, así como la aparición de insectos. Según expertos en el sector, los métodos más recomendados son aquellos que impiden la absorción de humedad ambiental, ya que este factor, junto con la temperatura, influye directamente en la degradación del producto (Farinera Albareda, s.f.).

En el ámbito industrial, se han evaluado distintos tipos de envases sin encontrar diferencias significativas entre ellos, lo que sugiere que las condiciones externas como la humedad relativa y la temperatura del almacén son determinantes para una conservación óptima (Farinera Albareda, s.f.). Una práctica común es el uso de sacos de papel opacos, ya que evitan la exposición solar y reducen el riesgo de deterioro (Bulau, s.f., citado en Farinera Coromina).

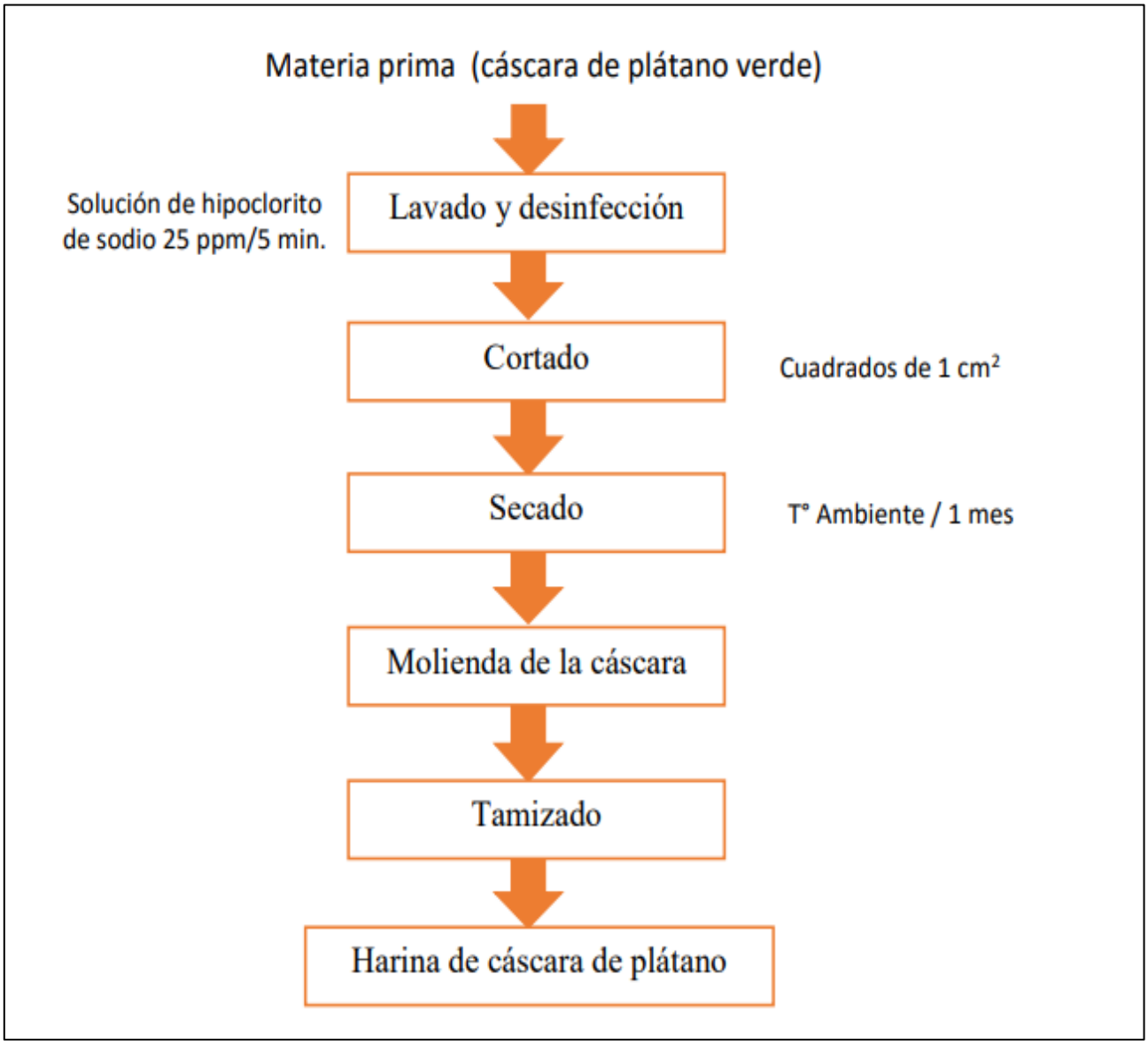
A nivel doméstico, una alternativa efectiva (aunque menos difundida) es la refrigeración o congelación de la harina. Estudios señalan que la harina refrigerada puede conservarse por más de un año, mientras que la congelación inhibe el desarrollo de larvas e insectos al reducir uno de los parámetros clave para su

proliferación (Ylla Parareda, s.f., citado en Ylla 1878). Sin embargo, es importante destacar que, antes de su uso en procesos panarios, la harina congelada debe atemperarse, ya que la formación del gluten (esencial para la estructura de la masa) depende en gran medida de la temperatura (Vidal, 2018).

3.4.5. Diagramas de bloque de la transformación de cáscaras a harina.

En la figura 1 se observa el diagrama de bloque correspondiente para obtener harina a base de cascara de plátano verde.

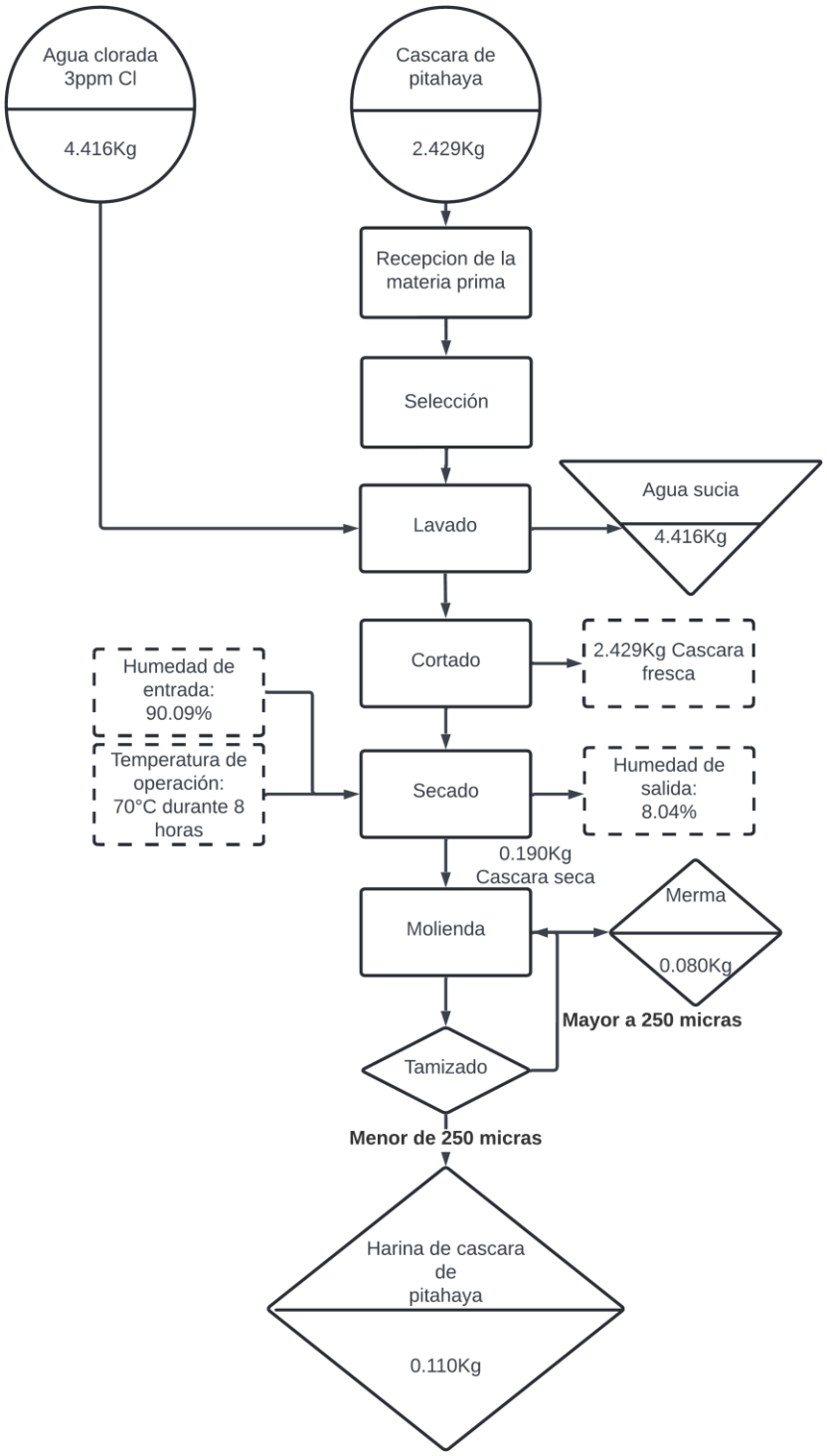
Figura 1. Diagrama de bloque para la obtención de harina a base de cáscara de plátano verde.



Fuente: (Falla Dejo & Ramón Lluén, 2019)

En la siguiente figura se aprecia un diagrama de bloque que explica la obtención de harina a base de cascara de pitahaya

Figura 2. Diagrama de bloque para la obtención de harina a base de cáscara de pitahaya.



Fuente: (Elaboración propia)

3.5. Principios Básicos de Escalamiento.

Una de las definiciones clave dentro del ámbito de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyMES) es el tamaño de las empresas. Tradicionalmente la clasificación de las empresas está dada por el número de empleados (Van der Kamp, s/f):

Microempresa: 1-5 empleados

Pequeña empresa: 6-20 empleados

Mediana empresa: 21-99 empleados

Gran empresa: 100 o más empleados

El escalamiento es una herramienta vital para la ingeniería química, ya que con ella se pueden reducir errores en diseños debido a correlaciones inexactas o a la falta de información. Escalar un proceso o un equipo es convertirlo de su escala de investigación (laboratorio o piloto) a escala industrial (producción) (Durand & Flores, 2009).

En la práctica existen muchas definiciones del término escalado. Una definición que se ajusta bastante a la concepción actual sería: “Escalado es el proceso mediante el cual se logra la exitosa puesta en marcha y la operación económica de una unidad a escala comercial basándose, al menos en parte, en resultados de investigaciones realizadas a una escala más pequeña”. (González, 2000)

El proceso de investigación y desarrollo puede considerarse dividido en 5 etapas: laboratorio, banco, piloto, semi-industrial e Industrial. Esta división es convencional y por ello, no son muy precisos los límites entre una escala y otra. En todos los casos resulta imprescindible el análisis detallado de las características del proceso que se pretende desarrollar y del nivel de conocimientos que se tiene sobre el mismo, para poder decidir las etapas que hay que acometer y planificarlas adecuadamente, de forma tal que se emplee el mínimo de recursos y se culmine en el menor tiempo posible (Durand & Flores, 2009).

3.5.1. Escala Piloto.

Los estudios de escala piloto resultan de especial importancia para el cambio de escala, pero poseen un alto costo y la decisión de su realización debe considerar un conjunto de factores entre los cuales se destacan:

- Tipo de proceso.
- Nivel de información disponible.
- Tamaño propuesto para la unidad industrial.

En los procesos a escala piloto intervienen fenómenos, simples o complejos, de interés para la ingeniería química, los cuales permiten un análisis de las

interacciones presentes en operaciones tales como la termodinámica, el flujo de fluidos, la transferencia de masa y energía, las reacciones químicas, la biotecnología, el control de procesos, etc. Según (Durand & Flores, 2009) el uso de las plantas de proceso a escala piloto tiene los siguientes propósitos:

Predecir el comportamiento de una planta a nivel industrial, operando la misma a condiciones similares esperadas. En este caso los datos obtenidos serán la base para el diseño de la planta industrial.

Servir como modelo teniendo como función principal mostrar los efectos de los cambios en las condiciones de operación de manera más rápidos y económicos.

La planta piloto permite experimentar de forma económica y eficaz el comportamiento al escalar a partir de: condiciones de operación, parámetros de diseño, materiales de construcción, operaciones unitarias, impurezas, corrosión, procedimientos operativos, problemas de trabajo, problemas ambientales.

El paso fundamental en el escalamiento consiste en pasar los datos obtenidos a escala de laboratorio a un modelo que puede ser:

- **Fenomenológico:** Fundamentado en algunos razonamientos teóricos, pero de tipo macroscópico.
- **Empírico:** El cual se postula sin bases teóricas y se espera solamente que ajuste la interacción entre los datos en el rango o intervalo de experimentación.
- **De similitud:** Obtenido a partir de un análisis de similitud con respecto a analogías físicas de tipo térmico, mecánico, geométrico, químico, etc. El tipo de modelo de escalamiento depende tanto del proceso en cuestión como de la geometría de los equipos involucrados. Del trabajo conjunto de investigación e ingeniería surgen las variantes iniciales del diseño de planta, que sirven en cada caso para diseñar y seleccionar adecuadamente el equipo que se usará en la escala siguiente, pudiéndose decidir incluso la eliminación de algunas de las etapas, si el nivel de información así lo aconseja (Durand & Flores, 2009).

Posteriormente la etapa final de diseño y proyectos de ingeniería, es donde se realiza toda la documentación final del proyecto, la que debe estar compuesta de:

- Diagrama de flujo y balances de materiales y energía del proceso en su conjunto.
- Definición primaria de las especificaciones de equipos y otros elementos del sistema tecnológico.
- Diseño de ingeniería de procesos y automática de equipamiento.
- Diseño de la planta, como un sistema integral, incluyendo los servicios con la calidad requerida, protección del medio y del personal y las buenas prácticas de producción.
- Proyecto ejecutivo de los equipos y otros elementos de fabricación nacional.
- Documentación técnica de puesta en marcha y operación.

3.5.2. Costos de Instalaciones Pilotos.

El costo de las plantas pilotos es extremadamente variable y su magnitud depende no solo de su capacidad, sino también, y en gran medida, del tipo de planta piloto, de su nivel de versatilidad en el caso de plantas polivalentes y del nivel de instrumentación demandado por la instalación (De los Ríos & Agil, 1996)

En la siguiente tabla se muestran los valores que determinaron como índices económicos evaluados en su proceso, en comparación con los encontrados en distintas fuentes; dicha tabla sirve como ejemplo del tipo de grado de inversión que se requiere en este tipo de escalamiento.

Tabla 5. Indicadores expresados en % del costo del equipamiento tecnológico.

Indicador	Índices obtenidos	Índices Literatura
Equipamiento tecnológico	100%	100%
Tuberías	17%	9%
Válvulas y accesorios	--	36%
Electricidad		
Sistema convencional	1%	--
Sistema antiexplosivo	10%	--
Subtotal	11%	15%
Instrumentación	11%	26%
Ingeniería	41%	45%
Sistemas de seguridad e higiene	7%	--
Servicios auxiliares	20%	--

Fuente: (De los Ríos & Agil, 1996)

3.6. Impacto ambiental.

Los principales problemas de contaminación ambiental que origina la molinera son: el manejo inadecuado de residuos sólidos y desechos peligrosos, la generación de partículas sólidas en forma de polvo, las emisiones de gases en los procesos de combustión, las emisiones de ruidos y la existencia de reactivos ociosos sin movimiento.

Se identificaron y evaluaron en el proceso de producción de harina los siguientes impactos ambientales: generación de ruido, generación de residuos sólidos,

emisiones de polvo y consumo de electricidad. De los mismos resultaron críticos la generación de polvo con un IP de 16,8 los cuales se pueden apreciar en la tabla 6.

Tabla 6. Relevancia de los impactos ambientales ocasionados por el proceso de Producción de Harina

Acción	VIA / R. DE IMPACTO	Producción de harina
Generación de ruido	VIA	7,66
	Relevancia de impacto	Alta
Generación residuos solidos	VIA	3,8
	Relevancia de impacto	Baja
Generación de polvo	VIA	16,8
	Relevancia de impacto	Critico
Consumo de energía	VIA	7,85
	Relevancia de impacto	Alta
Emision de CO_2	VIA	-
	Relevancia de impacto	-

Fuente: (Rodríguez-García et al., 2019)

3.7. Marco normativo.

3.7.1. NTON 03 096-11: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense.

- Factores de calidad generales

La sémola y la harina de trigo duro, así como todas las sustancias nutritivas que se agreguen, deberán ser inocuas y apropiadas para el consumo humano.

La sémola y la harina de trigo duro deberán estar exentas de sabores y olores extraños y de insectos vivos.

La sémola y la harina de trigo duro deberán estar exentas de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

- Factores de calidad específicos

Contenido de humedad 14,5 % m/m máximo Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos.

Harina de maíz sin germen. Es el alimento que se obtiene de los granos de maíz, Zea mays L., totalmente maduros, sanos, sin germen, exentos de impurezas, moho, semillas de malas hierbas y otros cereales mediante un proceso de molienda durante el cual se pulveriza el grano hasta que alcance un grado apropiado de finura y se le quita el salvado y el germen. Durante esa elaboración es posible que se separen partículas gruesas de los granos de maíz molidos, y vuelvan a molerse para mezclarlas con la materia de la que fueron separadas. 3.2 La sémola de maíz sin germen. Es el alimento que se obtiene de los granos de maíz, Zea mays L., totalmente maduros, sanos, sin germen, exentos de impurezas, moho, semillas de malas hierbas y otros cereales mediante un proceso de molienda durante el cual se pulveriza el grano hasta que alcance un grado apropiado de finura y se le quita casi completamente el salvado y el germen. El 95 % o más deberá pasar por un tamiz de 2,00 mm; - y - El 20 % o menos deberá pasar por un tamiz de 0,71 mm (FAOLEX, 2012).

IV. METODOLOGIA.

Este estudio se enmarca dentro de la modalidad de investigación documental, completada con experimentación, con el objetivo de validar y contrastar la información existente. Además, el nivel de profundidad es experimental, ya que cada fase del proceso se recopilan datos mediante experimentación. Esto incluye la relación de formulaciones y la selección de la formula optima a través de análisis sensoriales aplicados al producto derivado de la cáscara de pitahaya. Con el fin de evaluar el efecto de la incorporación de harina de cáscara de pitahaya en las propiedades físicas químicas y sensoriales de productos de bollería.

4.1. Factores

Factor A: Porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de pitahaya.

Factor B: Tiempo de secado.

4.2. Niveles

Factor A (Porcentaje de harina de cáscara de pitahaya)

1. 10%: Sustitución baja.
2. 20%: Sustitución media
3. 30%: Sustitución alta.

Factor B (Tiempo de secado)

1. 400 minutos: Tiempo mínimo de secado.
2. 450 minutos: Tiempo intermedio de secado.
3. 500 minutos: Tiempo máximo de secado.

4.3. Tratamiento

Numero de tratamiento: $3^2 = 9$

En la siguiente tabla se muestra el diseño de experimento factorial (DOE) el cual es 3^2 para la complementación con harina de cascara de pitahaya donde son 9 tratamientos.

Tabla 7. Diseño de experimento factorial (DOE) 3^2.

Tratamiento	Porcentaje de HCP (%)	Tiempo de secado a 70°C (min)
1	10	400
2	10	450
3	10	500
4	20	400
5	20	450
6	20	500
7	30	400
8	30	450
9	30	500

Fuente: adaptada

4.4. Variables de respuesta

Variables físicas: Textura, volumen y color.

Variables químicas: Contenido de fibra dietética y actividad antioxidante.

Variables sensoriales: Aceptabilidad general, sabor, textura, color.

4.5. Definición de unidad experimental

Unidad experimental: Un lote de galletas elaboradas bajo las mismas condiciones y con el mismo tratamiento.

Tamaño de la unidad: Seis galletas por lote.

4.6. Control total

Control de variables: Mantener constantes factores como temperatura de horneado, tipo de horno y condiciones ambientales.

Replicación: Realizar al menos 3 réplicas por tratamiento para asegurar la confiabilidad de los resultados.

4.7. Modelo matemático

Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk}: Variable respuesta para la réplica *k* del tratamiento *i j.*
- μ: Media general.
- α_i: Efecto de nivel *i* del factor A (porcentaje de cáscara de pitahaya).
- β_j: Efecto de nivel *j* del factor B (tiempo de horneado).
- $(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción entre el factor A y el factor B.
- ϵ_{ijk}: Error experimental asociado a la réplica *k* del tratamiento *i j*

4.8. Hipótesis

- Hipótesis nula (H_0):

1. No hay efecto significativo del porcentaje de harina de cáscara de pitahaya en las propiedades del producto.

2. No hay efecto significativo del tiempo de secado en las propiedades del producto.

3. No hay interacción significativa entre el porcentaje de harina de cáscara de pitahaya y el tiempo de secado.

- Hipótesis alternativa (H_1):

1. Existe un efecto significativo del porcentaje de harina de cáscara de pitahaya en las propiedades del producto.

2. Existe un efecto significativo del tiempo de secado en las propiedades del producto.

3. Existe una interacción significativa entre el porcentaje de harina de cáscara de pitahaya y el tiempo de secado.

4.9. Tamaño de la muestra

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 * \sigma^2}{\Delta^2}$$

Donde:

- $Z_{\alpha/2}$: Valor crítico para α=0.05 (1.96).
- Z_{β}: Valor crítico para potencia de 0.80 (0.84).
- σ^2: Desviación estándar.
- Δ^2: Diferencia mínima significativa.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. Resultados de la harina a base de cáscara de pitahaya.

El proceso de formulación de harina a base de cáscara de pitahaya, se expuso como una manera de aprovechar un subproducto de la industria agroindustrial, permitiendo transformar la cáscara de pitahaya en una harina complementaria en un ingrediente con potencial aplicación alimentaria. Con dicho propósito, se aplicó un diseño experimental 3^2, el cual, dio pauta a evaluar dos variables criticas: el tiempo de secado y el porcentaje de complementación.

Durante la fase experimental inicialmente se elaboraron nueve formulaciones, en la cuales, se variaban las dos parámetros anteriormente mencionados, se observó que para lograr una deshidratación completa a una temperatura de 70°C Inicialmente, se contemplaron tiempos de procesamiento menores; sin embargo, durante la experimentación se determinó que un período extendido de 26 horas era necesario para lograr una deshidratación óptima, siempre manteniendo la temperatura de 70°C para una mayor conservación de los compuestos sensibles a las altas temperaturas como algunos antioxidantes y la vitamina C presente en la cáscara de pitahaya. Todos los tiempos de secado menores a 26 horas presentaron menor eficiencia, teniendo una mayor retención de humedad la cual se reflejaba en trozos de cascara de pitahaya con elasticidad, estropeando su transformación en una harina.

Por lo tanto, el único parámetro considerado en las evaluaciones fue el porcentaje de complementación, una con 10% de harina de pitahaya y 90% de harina de trigo (F1), otra con 20% y 80% (F2), y una tercera con 30% y 70% (F3). Estas formulaciones fueron analizadas para determinar sus propiedades fisicoquímicas y nutricionales, incluyendo humedad, pH, contenido de cenizas, proteínas, fibra, carbohidratos, calcio, hierro y grasa.

En cuanto a la cuantificación de calcio, esta no fue factible de realizar de forma experimental. Ante esta limitación, se adoptó un valor reportado en la literatura, el cual fue contextualizado y comparado de manera crítica con las propiedades fisicoquímicas de la harina de cáscara de pitahaya caracterizada en el presente trabajo.

La tabla 8 muestra los análisis que se le realizaron a la harina que fue procesada únicamente a base de cascara de pitahaya, expresando los valores en porcentajes y mg dependiendo de cada propiedad.

Tabla 8. Análisis realizados solo a la harina a base de cáscara de pitahaya.

Harina de cáscara de pitahaya (100g)	
Propiedades	**Valor**
Humedad	9.50%
pH	4.81
Cenizas	23.82%
Proteínas	2.76%
Grasa	0.90%
Fibra Cruda	46%
Carbohidratos	8.34%
Calcio	709mg
Hierro	3.27mg

Fuente: (Elaboración propia)

Donde se logró observar que la harina tiene cierto carácter ácido, un porcentaje muy alto en cenizas, lo que la hace una excelente fuente de minerales es ahí donde se puede validar esa cantidad de calcio y un alto porcentaje de fibra cruda, haciéndolo un potencial alimento para animales, ya que se es mayor a 15% de fibra cruda. Por ende, no podría ser completamente un alimento directamente para consumo humano, es ahí donde entra en juego el darle la función de ser una harina complementaria.

En la tabla 9 se muestran los análisis de la formulación realizada a un 10% de harina de cascara de pitahaya con un 90% de harina de trigo.

Tabla 9. Análisis a la formulación de 10% harina de cascara de pitahaya (HCP) y 90% harina de trigo (HT).

F1(10% HCP/90% HT) 100g	
Propiedades	**Valor**
Humedad	12.20%
pH	6.06
Cenizas	3.32%
Proteínas	10.40%
Grasa	2.42%
Fibra Cruda	6.61%
Carbohidratos	9.83%
Calcio	71mg
Hierro	5.28mg

Fuente: (Elaboración propia)

Donde se logró observar un pH más cercano a neutro por las propiedades de la harina de trigo, una cantidad de calcio moderada, una harina muy común con un pequeño aumento en sus propiedades gracias a ser complementada con la harina de cascara de pitahaya y con un porcentaje de fibra cruda dentro de los rangos para consumo humano.

La tabla 10 muestra un análisis de la formulación con 20% de harina de cascara de pitahaya y con un 80% correspondiente a harina de trigo.

Tabla 10. Análisis a la formulación de 20% harina de cascara de pitahaya (HCP) y 80% harina de trigo (HT).

F2(20% HCP/80% HT) 100g	
Propiedades	**Valor**
Humedad	11.90%
pH	5.87
Cenizas	5.64%
Proteínas	10.30%
Grasa	2.34%
Fibra Cruda	10.72%
Carbohidratos	9.67%
Calcio	142mg
Hierro	5.05mg

Fuente: (Elaboración propia)

Se observó un porcentaje de cenizas más alto reflejando esa cantidad de calcio dándole un valor significativo, haciendo de esta formulación una harina con buen balance nutricional y una funcionalidad optima en la elaboración de productos bollerías y galletas.

La tabla 11 muestra la formulación correspondiente a un 30% de harina de cascara de pitahaya con un 70% de harina de trigo.

Tabla 11. Análisis a la formulación de 30% harina de cascara de pitahaya (HCP) y 70% harina de trigo (HT)

F3(30% HCP/70% HT) 100g	
Propiedades	**Valor**
Humedad	11.60%
pH	4.9
Cenizas	7.97%
Proteínas	10.20%
Grasa	2.26%
Fibra Cruda	14.85%
Carbohidratos	9.50%
Calcio	213mg
Hierro	4.83mg

Fuente: (Elaboración propia)

Esta formulación ya obtiene un valor de pH más similar a la harina de cáscara de pitahaya, con un valor de calcio muy alto y aprovechando los nutrientes de la cáscara de pitahaya al máximo, sin embargo, esto mismo provoca que la textura más fibrosa, el cual podría una mejor opción para elaborar una barra nutritiva más que un producto bollería.

Este proceso de obtención de harina a partir de la cáscara de pitahaya sucedió con éxito, donde se cumplieron los objetivos enfocados en la transformación de un subproducto como lo es la cáscara en una harina funcional para productos bollería y con un muy buen carácter nutritivo, así mismo, se observó que el tiempo de secado es más extenso de lo que se tomó en cuenta al inicio, por lo tanto, es un factor fundamental en futuras investigaciones o aumentando el volumen de producción, para no afectar todas aquellas propiedades que sean termosensibles y la eficiencia del secado ya que es una materia prima con mucho porcentaje de agua.

5.1.1. Formulación de harina a escala laboratorio.

Previo al inicio de producción de harina a nivel laboratorio, se llevó a cabo una limpieza minuciosa del área de trabajo. Es etapa aseguró que las medidas de POES sean las adecuadas, con el propósito de minimizar cualquier riesgo de contaminación durante la manufactura de esta harina.

En la producción de harina de cáscara de pitahaya bajo condiciones de laboratorio, se inició con la selección y recepción de la materia prima, eligiendo meticulosamente las pitahayas frescas y descartando aquellas que presentan signo de deterioro o contaminación visible. Se lavó exhaustivamente con agua potable para remover residuos de tierra y otras impurezas adheridas a la superficie del fruto.

Recepción y selección de la materia prima: Se realizó de manera meticulosa para seleccionar únicamente las frutas que no presentaran señales de golpes o degradación.

Lavado y clasificación: En este proceso de procedió a lavar las pitahayas con agua potable de manera exhaustica, con el fin, de remover todo indicio de polvo y materia orgánica indeseable, luego, se seleccionó nuevamente todos aquellos frutos que se encontraran en óptimas condiciones para ser utilizados en los siguientes procesos.

Despulpado manual: Con un cuchillo se cortaron a lo largo las pitahayas, después con una cuchara se le retiró la pulpa de la cascara y se almacenaron en recipientes diferentes.

Lavado después del despulpado: Este lavado se hizo nuevamente con abundante agua potable, con el objetivo de remover los restos de pulpas que quedaron en las cáscaras.

Reducción de tamaño de la cáscara: Posteriormente se realizó este proceso utilizando un chuchillo para dejar las cascarás de pitahayas con un tamaño aproximado de 3cm x 3cm, con el fin, de facilitar la transferencia de calor, aumentando el área de transferencia.

En la figura 3 se observa el proceso de reducción de tamaño de la cascara de pitahaya, cortados en pedazos aproximados de 3x3cm.

Figura 3. Procedimiento de reducción de tamaño de la cáscara.



Fuente: (Elaboración propia)

Secado de la cáscara: Se pasaron las cascaras de pitahayas previamente cortadas a bandejas de aluminio para luego ser llevadas a un horno de convección durante 26 horas a una temperatura de 70°C, donde se inspeccionó el procedimiento del secado cada hora y media las primeras 8 horas, donde se llegó a la conclusión que 8 horas no es el tiempo adecuado.

En la figura 4 se observan los trozos de cascaras de pitahaya en un proceso de horneado a una temperatura de 70°C para secar

Figura 4. Procedimiento de horneado de las cáscaras de pitahaya



En la figura 5 se observa el resultado de secado obtenido posterior al horneado de los trozos de cascaras de pitahaya.

Figura 5. Cáscaras de pitahaya secas



Fuente: (Elaboración propia)

Triturado de la cáscara secada: Luego una vez secada la cáscara de pitahaya, se retiró de las bandejas y se dejaron enfriar a temperatura ambiente, para después, ser llevadas a una licuadora con hojas de acero inoxidable para realizar la molienda de estas y que se transformen en harina. Este proceso se realizó en pequeños lotes

acompañado del proceso de tamizado los cuales se repitieron muchas veces hasta conseguir un polvo fino.

En la figura 6 se muestra el proceso de molienda posteriormente al secado mediante un triturado en una licuadora con hojas de acero inoxidable.

Figura 6. Procedimiento de triturado (molienda)



Fuente: (Elaboración propia)

Tamizado de la harina: Este proceso sucede después del triturado, con el fin, de obtener un polvo con un tamaño de partícula aproximadamente de 250µm, esto se logró con un tamiz de 60 mesh (250µm). Todo lo que quedaba en los tamices anteriores del de 60 mesh se volvió a pasar por el proceso de triturado para obtener la mayor cantidad posible de harina de cáscara de pitahaya.

En la figura 7 se observa la muestra que se retuvo en el tamiz de 20 mesh

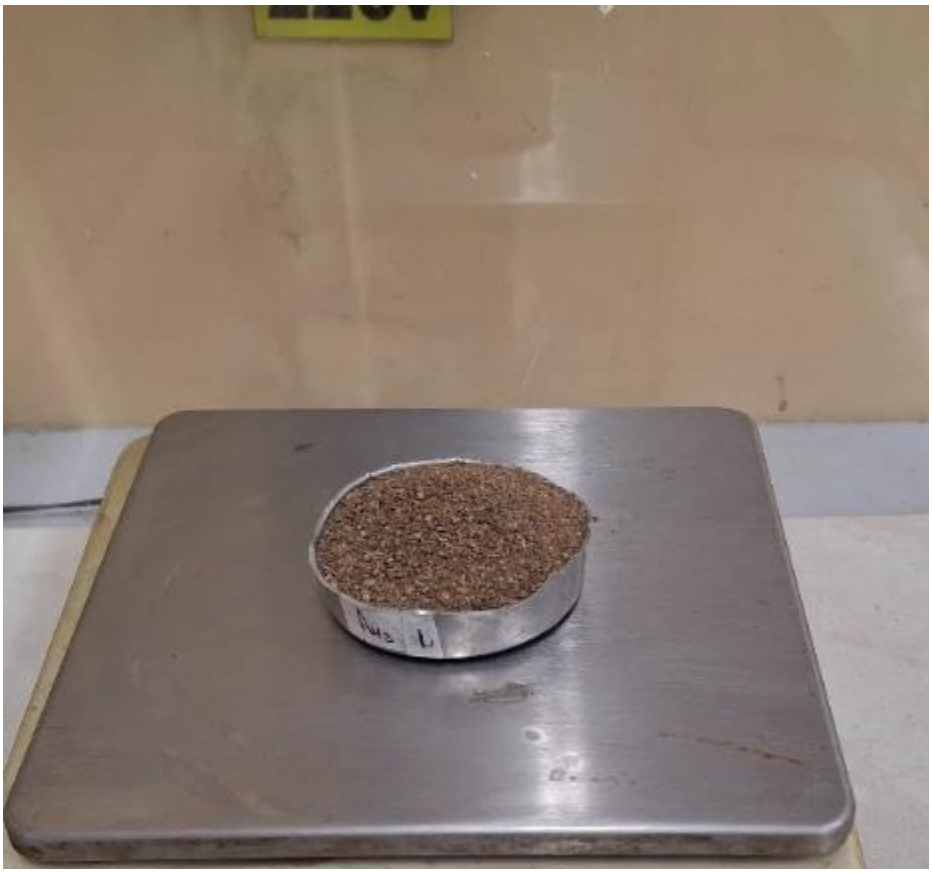
Figura 7. Producto retenido en el Tamiz de 20mesh



Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 8 se observa la muestra que retuvo el tamiz de 40 mesh.

Figura 8. Producto retenido en el Tamiz de 40 mesh



Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 9 se observa la muestra de producto que retuvo el tamiz de 60 mesh.

Figura 9. Producto retenido en el Tamiz de 60mesh

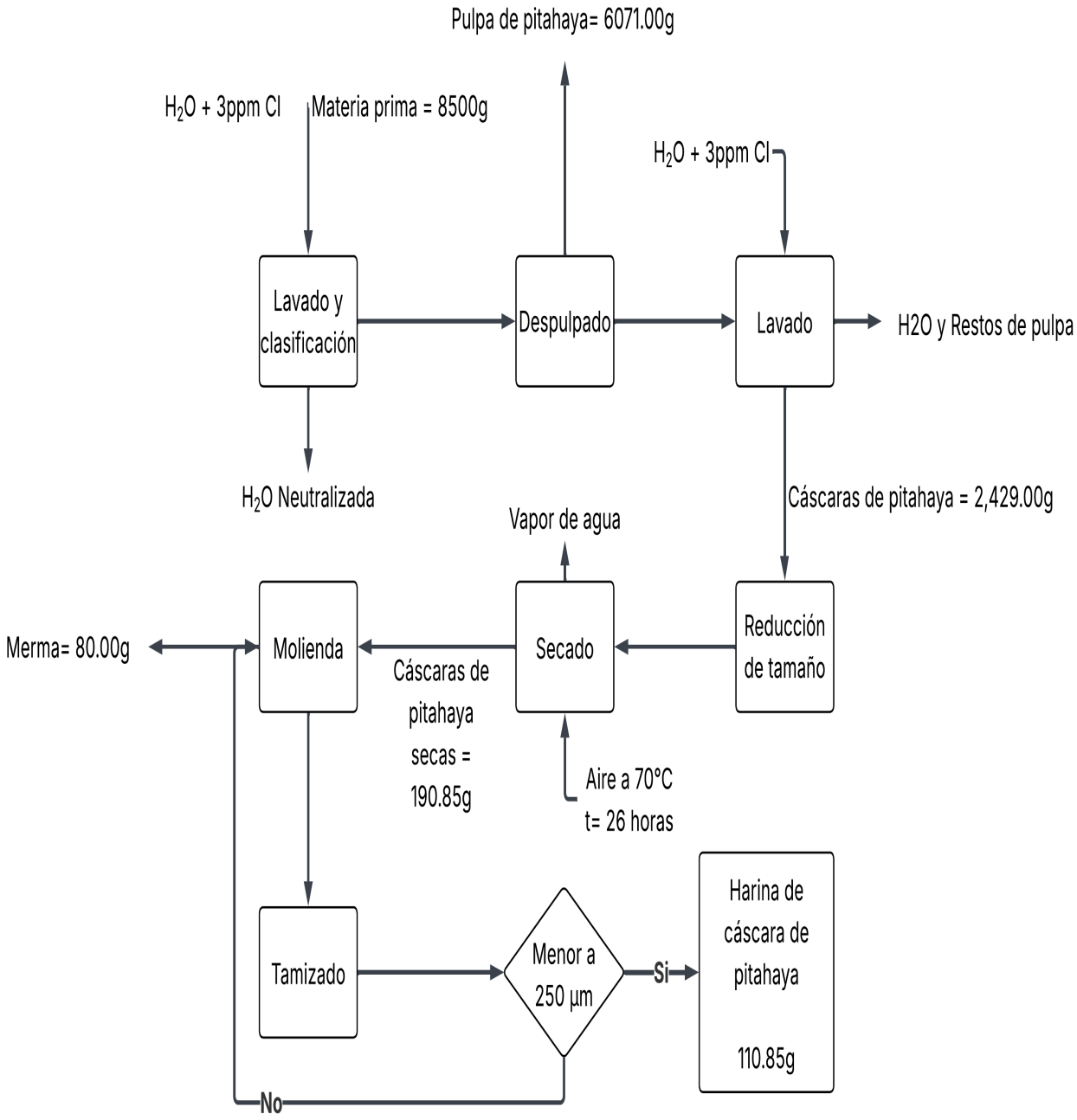


Fuente: (Elaboración propia)

El peso de la cascara de pitahaya antes de su transformación era de 2,429.00g y luego de su transformación se obtuvo 110.85g de harina de cáscara de pitahaya, el cual es un 4.56% del peso inicial, lo que quiere decir que por cada kg de cascara de pitahaya como materia prima se obtiene 45.64g de harina de cáscara de pitahaya.

En la figura 10 se puede observar el diagrama de bloques que representa paso a paso el proceso para obtener harina a base de la cascara de pitahaya.

Figura 10. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de pitahaya.

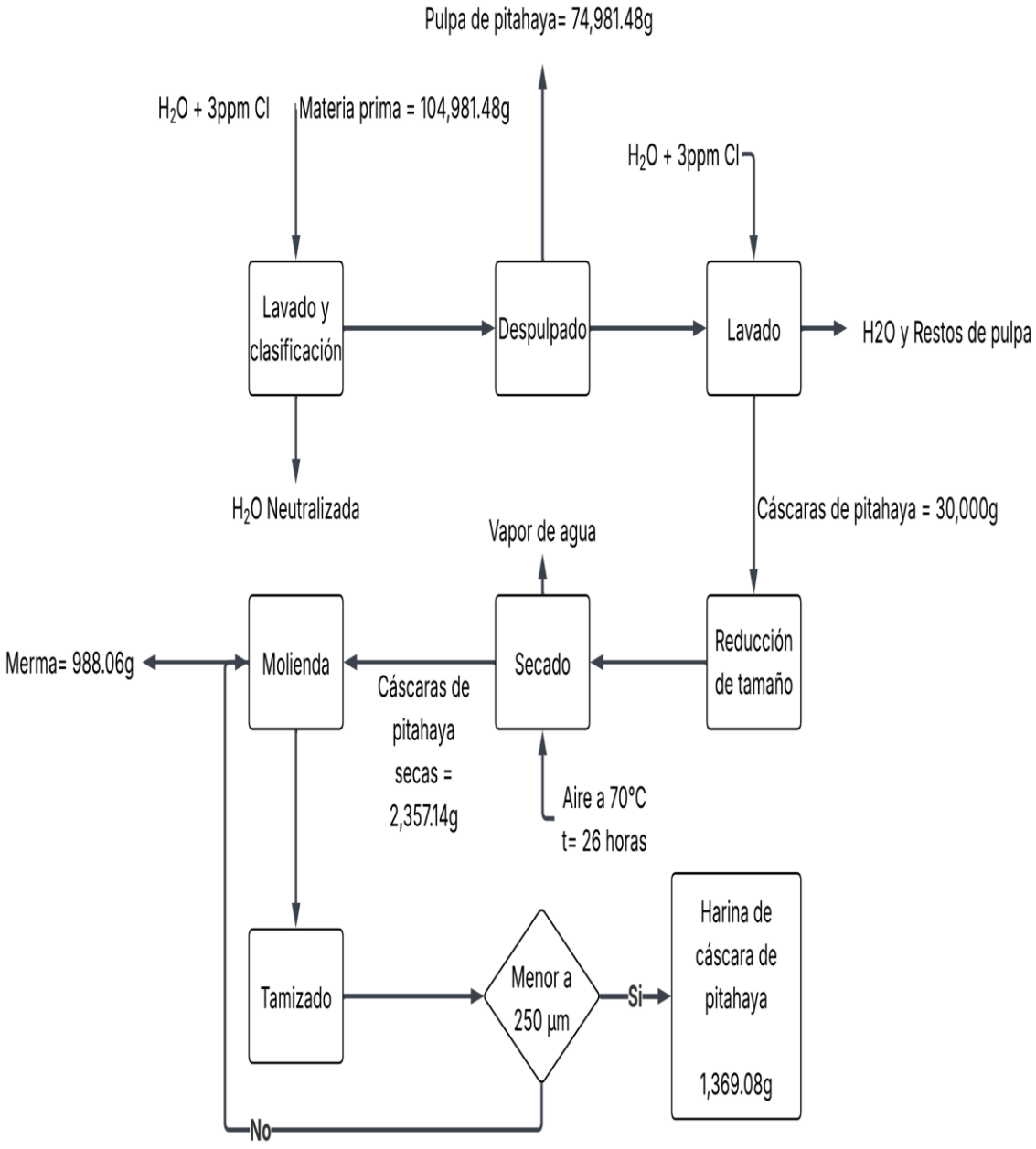


Fuente: (Elaboración propia)

5.2. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de pitahaya a escala piloto.

La siguiente figura muestra un diagrama de bloques explicando el proceso de obtención de harina de cascara de pitahaya a escala piloto.

Figura 11. Diagrama de bloques del proceso de obtención de harina de cáscara de pitahaya a escala piloto.



Fuente: (Elaboración Propia)

5.3. Selección y precios de equipos para el proceso de harina de cáscara de pitahaya a escala piloto.

Para la selección de equipos a escala piloto orientada a la producción de harina de cáscara de pitahaya, se consideraron criterios técnicos que garantizaran la eficiencia operativa, la compatibilidad con la tecnología del mercado y el estricto cumplimiento de las normativas sanitarias. La evaluación se centró en la capacidad de los equipos para manejar la demanda proyectada y en su versatilidad para adaptarse a las características específicas de la cáscara de pitahaya durante los distintos procesos unitarios. Asimismo, se priorizaron aquellos equipos que presentaran un bajo consumo energético, facilidad de mantenimiento, disponibilidad de repuestos y acceso a soporte técnico.

Una vez desarrollado el producto a nivel de laboratorio, se procedió a seleccionar los equipos necesarios para una planta piloto de pequeña escala, con una capacidad de procesamiento de 30 kg de cascara de pitahaya por batch y diseñada para operar bajo condiciones semi-industriales. La propuesta de equipamiento se basó en criterios de eficiencia y en el cumplimiento de las normas de inocuidad alimentaria aplicables a productos funcionales. Todo esto enfocado en que es un proceso para darle un mejor uso a lo que sería tomado como un desecho o para abono, de esta manera convertirlo en un alimento con un amplio carácter nutricional.

Mesa de acero inoxidable

Para el correcto manejo de la selección de las frutas es necesario que estas estén sobre mesas de acero inoxidable, por lo tanto, se seleccionó una con las dimensiones de 61cm x 124cm x 98cm para tener un amplio espacio de trabajo en un área inocua, con fácil limpieza y desinfección.

En la tabla 12 se muestran las distintas especificaciones que muestra la mesa de acero inoxidable, así como su precio en dólares americanos.

Tabla 12. Especificaciones de la mesa de acero inoxidable.



Especificación	Valor
Color	Platino
Profundidad (cm)	61
Ancho (cm)	124
Altura (cm)	98
Número de piezas	1
Peso del producto (kg)	20.7
Cantidad de paquetes (recuentos)	1
Número de estantes o compartimientos	2
Forma	Rectangular
Material	Acero inoxidable
Limpieza, cuidado y mantenimiento	Limpiar manchas con un paño
Marca	Member's Selection
Precio	U$150.27

Fuente: (PriceSmart, 2025.)

Lavadora de frutas

Este equipo se busca con el objetivo de lavar las cascaras de pitahayas con mayor facilidad y tiempo, siempre dentro de los parámetros necesarios para que el procedimiento conlleve inocuidad y calidad. Contiene lavado de burbujas de alta presión, tanque filtro multifunción, funciones personalizadas como ozono, ultrasonido y de acero inoxidable resistente a la corrosión.

En la tabla 13 se muestran la especificación de la lavadora industrial de frutas, de igual manera se muestra su precio en dólares americanos.

Tabla 13. Especificaciones de la lavadora de frutas.

	Especificaciones	**Valor**
	No Modelo	WASC-10
	Voltaje	220V
	Capacidad	200-300 kg/h
	Especificaciones	1000*700*1221 mm
	Origen	China
	Color	Platino
	Material	Acero inoxidable
	Marca	Fengxiang
	Precio	U$1,726.00

Fuente: (Focus tenchnology Co., Ltd. 2025)

Máquina cortadora de pitahaya

Cortar frutas y verduras frescas, liofilizado, seco, seco, frutas secas, como el procesamiento de virutas, máquina de cortar en rodajas es muy importante, proporciona la perspectiva de los productos, cortar en rodajas, tasa de utilización de frutas y verduras, como el consumo de energía de secado. Así mismo poder separar la cáscara de la pulpa de pitahaya.

En la siguiente figuran se detallan el valor de las especificaciones de la cortadora de pitahaya junto a su precio en dólares americanos.

Tabla 14. Especificaciones de la cortadora de pitahaya.



Especificación	**Valor**
No. de Modelo	GYFS
Voltaje	380V
Personalizado	Personalizado
Estilo	Semiautomático
Capacidad	100kg~500kg/h
Especificación	1000×950×1300
Origen	China
Capacidad de Producción	60 set/mes
Tipo	Herramienta de Corte
Energía	2kw
Material	Acero inoxidable
Nombre	Máquina para cortar frutas
Paquete de Transporte	Caja de madera
Marca Comercial	Genyond
Código del HS	84386000
Color	Platino
Marca	Genyond
Precio	U$2,000

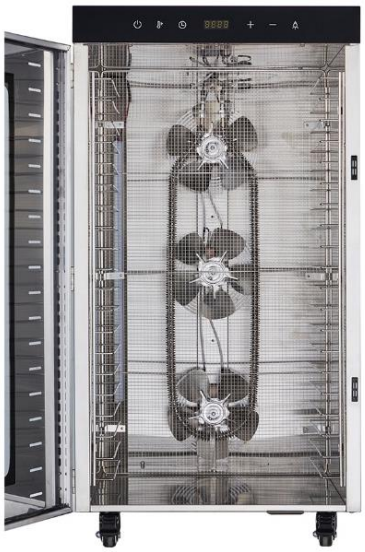
Fuente: (Focus tenchnology Co., Ltd. 2025)

Horno de convección

Para el correcto secado de las cáscaras de pitahayas se requiere un equipo de grado alimenticio con la capacidad secar 30kg a 70°C durante 26 horas, para obtener un producto optimo en cuanto a humedad, este equipo tiene una capacidad de 60 kg, por lo tanto, es posible que se acumulen 2 batch de cáscaras de pitahaya ya una vez. El equipo ofrece todos parámetros necesarios para el proceso de secado.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones del horno de convección y su precio en dólares americanos.

Tabla 15. Especificaciones del horno de convección.



Especificaciones	Valores
Potencia	2000W
Tamaño del producto	55L * 47W * 89H (CM)
Cantidad de bandejas	24 bandejas (espacio superior e inferior del estante: 28mm)
Tamaño de la bandeja de secado	40*38cm
Voltaje	220-240V/50Hz o 60Hz, 110V/60Hz
Temporizador	0-24 Horas ajustable
Rango de temperatura	30-90°C
Cantidad y tipo de armarios	1 armario
Ruido de funcionamiento	45-50 decibelios
Garantía	1 año (elemento calefactor durante 3 años)
Característica 1	Control digital
Característica 2	Carcasa exterior de doble capa
Característica 3	Manija de puerta de aluminio
Característica 4	Con 1 pieza de bandejas para migas
Color	Platino
Dimensiones	465 x 820 x 570mm
Material	Acero inoxidable
Marca	HAKKA FOOD PROCESSING
precio	U$209.00

Fuente: (Focus tenchnology Co., Ltd. 2025)

Molino de granos pulverizador.

El rendimiento de la harina de cáscara de pitahaya es de 4.56%, por lo tanto, si al secador entran 60 Kg en la salida hay 2.736 Kg de cáscara de pitahaya seca, así, que no es necesario que a escala laboratorio se obtenga un molino grande con que tenga una capacidad de 3 Kg es suficiente, el único problema es que este equipo no cumple con el tamaño de partícula, ya que, el tamaño mínimo que tiene es de 300 µm y la de nuestra harina debería de ser 250 µm según la norma Codex STAN 152-1985, sin embrago para lograr ese tamaño de partícula se pasara por la molienda las veces que sea necesaria una vez el tamaño sea rectificado por el tamiz de 250 µm.

En la siguiente tabla número 16 se muestras las especificaciones del molino de granos pulverizador y su precio en dólares americanos.

Tabla 16. Especificaciones del molino.



Especificaciones	Valores
Potencia nominal	3800W
Velocidad	25000 RPM
Capacidad (tanque)	3000g
Voltaje	220V
Frecuencia	50/60Hz
Material	Acero inoxidable de calidad alimentaria
Finura	50–300 malla
Capacidad de producción	1-5 kg/h
Tiempo de trabajo continuo	5 min
Intervalo de tiempo	10 min
Motor	Motor de cobre puro
Cuchilla	Cuchilla de 6 hojas
Medidas de empaque	42*24*23.5cm
Color	Platino
Marca	VEVOR
Precio	U$590.57

Fuente: (VEVOR, 2025)

Tamizado.

En este proceso se utilizará un tamizador automático con un tamaño de partícula de 60mesh (250 µm). La tamizadora incluye dos tamices de acero inoxidable 304, de malla 40 y malla 60. Puede elegir uno según sus necesidades: generalmente, el tamiz de malla 40 es adecuado para harina, mientras que el de malla 60 es ideal para polvos de medicina china. Ofrecemos una variedad de tamaños de malla para su selección. El diseño elevado del tamiz maximiza el uso de la malla, reduce el riesgo de obstrucciones y permite la descarga automática de material, manejando grandes volúmenes. El tamiz soporta hasta 3 kg y es fácil de reemplazar y limpiar gracias a su construcción de acero inoxidable 304.

En la tabla número 17 se detallan las especificaciones del tamizador vibratorio, así mismo, su precio en dólares americanos.

Tabla 17. Especificaciones del tamizador.



Especificaciones	**Valores**
Modelo	YF005
Potencia	45W
Velocidad del Motor	1150 r/min
Capacidad de Carga	≤3kg (6.6lbs)
Mallas Incluidas	40 Mesh + 60 Mesh
Peso Neto	5.8 kg (12.8 lbs)
Dimensiones del Producto	350 × 320 × 360 mm
Material de Construcción	Acero inoxidable
Tipo de Instalación	Diseño de encimera
Aplicaciones	Harina, medicina china, polvos alimenticios
Color	Platino
Marca	VEVOR
Precio	U$175.99

Fuente: (VEVOR, 2025)

5.3.1. Estimación de costos de los equipos.

Estos costos fuero estimados con fuentes reales contemporáneas, con el objetivo, de lograr aproximar un costo de inversión lo más cercano posible para quien desee implementar la elaboración de este subproducto alimenticio a su producción de pulpa de pitahaya, estos costos fuero obtenidos en páginas las cuales además del valor del producto se le podría agregar un costo por envío, ya que, en su mayoría las compras no son dentro del país, todas son importaciones.

A continuación, se presenta una tabla con el nombre del equipo, sus costos, el país de origen y la pagina donde se cotizó.

Tabla 18. Costos de los equipos.

Equipo	Costo (US$)	País de origen	Proveedor
Mesa de trabajo de acero inoxidable	150.27	Nicaragua	Pricesmart
Maquina lavadora de frutas	1,726.00	China	Focus tenchnology Co., Ltd
Maquina cortadora de pitahaya	2,000.00	China	Focus tenchnology Co., Ltd
Horno de convección	209.00	China	Focus tenchnology Co., Ltd
Molino pulverizador	590.57	Peru	VEVOR
Tamiz vidrador	175.99	Estados unidos	VEVOR
Total	4,851.83		

Fuente: (Elaboración propia)

VI. CONCLUSIONES

- La cáscara de pitahaya demostró ser una materia prima viable para la producción de harina funcional, destacado por su alto contenido de fibra dietética (46%), minerales como calcio (709 mg/100g) y hierro, así como por su potencial antioxidante. El proceso de secado a 70°C durante 26 horas resultó fundamental para lograr una deshidratación completa y preservar compuestos sensibles al calor, como antioxidantes y vitamina C, descartándose los tiempos inicialmente propuestos (400-500 min) por resultar insuficientes.
- De las tres formulaciones evaluadas, la que incorporó un 20% de harina de cáscara de pitahaya (F2) presentó el mejor balance entre propiedades nutricionales (alto contenido de fibra y minerales) y características fisicoquímicas (pH 5.87, humedad 11.90%), siendo la más adecuada para su aplicación en productos de bollería. La formulación con 30% de HCP (F3), aunque nutricionalmente superior, mostró un pH más ácido (4.9) y una textura más fibrosa, lo que sugiere su uso preferente en productos como barras nutritivas en lugar de bollería convencional. El rendimiento del proceso de transformación de cáscara fresca a harina fue del 4.56%, lo que implica que por cada kilogramo de cáscara se obtienen aproximadamente 45.6 gramos de harina.
- La selección de equipos a escala piloto permitió identificar opciones técnicamente viables y económicamente accesibles para implementar el proceso a mayor escala, con una inversión estimada de US$4,851.83.
- El aprovechamiento de la cáscara de pitahaya no solo agrega valor a un subproducto agroindustrial, sino que también contribuye a la economía circular y ofrece una alternativa innovadora para la formulación de alimentos funcionales, alineada con las tendencias actuales de sostenibilidad y salud.

VII. RECOMENDACIONES

- Optimización del Proceso de Secado: Se recomienda evaluar el uso de tecnologías de secado alternativas, como el secado por aire forzado a temperaturas controladas o el secado por aspersión, para reducir significativamente el tiempo de procesamiento (actualmente 26 horas) y mejorar la eficiencia energética, sin comprometer la calidad de la harina.
- Caracterización de Compuestos Bioactivos: Es fundamental realizar análisis específicos para cuantificar los compuestos bioactivos presentes en la harina, como betalaínas, polifenoles y la actividad antioxidante total, antes y después del proceso de secado y horneado, para validar científicamente su estatus como ingrediente funcional.
- Análisis de Mercado y Viabilidad Económica: Antes de escalar a nivel industrial, se debe realizar un estudio de mercado detallado para evaluar la aceptación potencial del producto y un análisis de costos completo que incluya mano de obra, energía, empaque y logística, para determinar la verdadera viabilidad económica del proyecto.
- Investigaciones Futuras: Se propone investigar la aplicación de esta harina en otros tipos de productos alimenticios, como pastas, snacks extrudidos o barras energéticas, para diversificar su uso. También sería valioso estudiar el impacto de la harina en las propiedades reológicas de la masa y su efecto en la biodisponibilidad de nutrientes.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Alcívar-Cedeño, U., Dueñas-Rivadeneira, A., Sacón-Vera, E., Bravo-Sánchez, L., & Villanueva-Ramos, G. (2016). Influencia de los tipos de secado para la obtención de harina de Lombriz Roja californiana (eisenia foetida) a escala piloto. Tecnología química, 36(2), 225–236. https://doi.org/10.1590/2224-6185.2016.2.%X

Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindústria. (s/f). Redalyc.org. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de https://www.redalyc.org/journal/2570/257057438004/html/

Anthony, O. G. P. (2023). APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE PITAHAYA (Hylocereus undatus) EN LA ELABORACIÓN DE NUGGETS VEGETAL COMO APORTE DE FIBRA PARA EL CONSUMO HUMANO [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/OLVERA%20GARAY%20PEDRO%20ANTHONY%20.pdf

Atoche Chauca, L. S., & García Siu, M. W. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales (cáscara de mango) para la formulación de cupcakes [Universidad Nacional del Santa]. https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2988

Castillo-Zapata, K. C., Reyes-Diaz, J. D., Cornelio-Santiago, H. P., Espinoza, L. A. E., Valdiviezo-Marcelo, J., & Ruiz-Flores, L. A. (s/f). Efecto del secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante de la cáscara de pitahaya roja (Hylocereus guatemalensis). Recuperado el 21 de febrero de 2025, de https://www.researchgate.net/publication/382812565_Efecto_del_secado_con_aire_caliente_en_el_contenido_de_fenolicos_totales_y_capacidad_antioxidante_de_la_cáscara_de_pitahaya_roja_Hylocereus_guatemalensis

CONTROL DE CALIDAD DE INSUMOS Y DIETAS ACUICOLAS. (s/f). Fao.org. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de https://www.fao.org/4/ab482s/AB482S02.htm

Correira-Bento, J. A., Bassinello, P. Z., Morais, D. K., de Souza Neto, M. A., Mendes-Bataus, L. A., Carvalho, R. N., Caliari, M. and Soares-Júnior, M. S. (2021). Pre-gelatinized flours of black and carioca bean by-products: Development of gluten-free instant pasta and baked snacks. Int. J. Gastron. Food. Sci. 25:100383.

De los Ríos, M. D., & Agil, L. A. (1996). Experimentación en plantas piloto. Researchgate.net. https://www.researchgate.net/publication/286088301_Experimentacion_en_plantas_piloto

Determinación de humedad (AOAC 930.15, 2000). (s/f). Scribd. Recuperado el 10 de marzo de 2025, de https://www.scribd.com/document/414354060/M932-10

DIETARIA, PROPIEDADES ANTIOXIDANTES Y BIOACCESIBILIDAD DE COMPUESTOS FENÓLICO. http://eprints.uanl.mx/25434/1/1080328813.pdf

Durand, A. A., & Flores, H. P. (2009). Escalamiento, el arte de la ingeniería química: Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina. 24. https://www.redalyc.org/pdf/482/48223105.pdf

Economía Circular. (s/f). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular.html

El desperdicio de alimentos, un problema global. (2020, noviembre 21). Fundación Aquae. https://www.fundacionaquae.org/desperdicio-alimentos/

El explotado de granos: cómo está innovando la industria alimentaria. (2024, octubre 24). TecScience. https://tecscience.tec.mx/es/divulgacion-ciencia/harinas-granos-explotados/

Falla Dejo, F. T., & Ramón Lluén, M. Y. (2019). Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

FAOLEX. (2012). NTON 03 096-11: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para la harina de maíz y sémola de maíz sin germen. Fao.org. https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC138265/

GASA y CARLOS CASTRILLO, J. (s/f). CRITERIOS DE UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN LA ALIMENTACION DE RUMIANTES. Gob.es. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1991_13.pdf

González, K. S. E. (2023). CÁSCARA DE PITAHAYA (Hylocereus undatus) COMO FUENTE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN UNA GALLETA: FIBRA

Gonzalvo, I. (2024, octubre 30). Alimentos funcionales: ¿por qué son buenos para nuestra salud? AINIA. https://www.ainia.com/ainia-news/alimentos-funcionales

Ingredients, B. R. F. (2024, junio 21). Harinas de Empanizado y sus funciones en la industria alimenticia. Brfingredients.com. https://www.brfingredients.com/es/blog/posts/harinas-de-empanizado-y-sus-funciones-en-la-industria-alimenticia/

Ingredients, L. (s/f). Functional flours nutrition properties, functional flour market - Limagrain Ingredients. Translate.Goog. Recuperado el 22 de febrero de 2025, de https://www-limagrain--ingredients-com.translate.goog/en/innosense-functional-flours/nutrition-functional-flours?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge

Jose, M., Himashree, P., Sengar, A. S. and Sunil, C. K. (2022). Valorization of food industry by-product (Pineapple Pomace): A study to evaluate its effect on

physicochemical and textural properties of developed cookies. Meas. Food. 6:100031.

Luana Pucca, L. B. y. E. S. (2023, enero 10). Molienda: Un punto fundamental en la fabricación de alimentos secos extrusados para perros y gatos de la modernización del sistema de control. Issuu. https://issuu.com/allextruded/docs/enero_2023_sp_edicion_14/s/17862273

Manzanero, L.; Márquez, R.; Zamora, P.; et al. 2014. Conservación de la pitahaya [Hylocereus undatus (Haw.) Britton & Rose] en el estado de Campeche, México. Foresta Veracruzana 16: 9-16.

Máquina de cortar pitaya en venta personalizada. (s/f). Made-in-china.com. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de https://es.made-in-china.com/co_genyang/product_Pitaya-Slicing-Machine-for-Sale-Customized_rsysrogig.html

Medina, J.A. 2015. Documentar las relaciones hídricas y requerimientos nutricionales de la pitaya amarilla, Selenicereus megalanthus (k. schum. ex vaupel) moran, durante distintas etapas fenológicas del cultivo en tres localidades del valle del Cauca. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Colombia. 125 pp.

Member’s Selection Mesa de Trabajo en Acero Inoxidable. (s/f). Pricesmart.com. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de https://www.pricesmart.com/es-ni/producto/members-selection-mesa-de-trabajo-en-acero-inoxidable-83061/83061

Merodio, C., Escribano, M. I., Sánchez, M. T., & Romero, B.-I. (2024). DESAFÍOS EN MADURACIÓN Y POSTCOSECHA DE FRUTOS Y HORTALIZAS. Post2024.com. https://post2024.com/wp-content/uploads/2024/08/LIBRO-DE-TRABAJOS-COMPLETOS-POST2024.pdf#page=30

MOLINO DE GRANOS PULVERIZADOR 3KG. (s/f). JERS IMPORT. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de https://www.jersimport.com/producto/molino-de-granos-pulverizador-3kg/

MordorIntelligence. (s/f). Tamaño del mercado de harina funcional y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029). Mordorintelligence.com. Recuperado el 22 de febrero de 2025, de https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/functional-flour-market

Ortiz-Hernández, Y.; Carrillo-Salazar, J. 2012. Pitahaya (Hylocereus spp.): A short review. Comunicata Scientiae 3: 220-237.

Pequeña máquina lavadora de frutas y verduras con burbujas, máquina de lavado de frutas con ozono. (s/f). Made-in-china.com. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de https://es.made-in-china.com/co_999fengxiang/product_Small-Vegetable-Fruit-Washing-Machine-Bubble-Washer-Fruit-Ozone-Washing-Machine_rhrerrsyg.html

Pochteca. (2024, enero 19). pH en los alimentos: importancia y clasificación. Grupo Pochteca | Venta de materias primas para la Industria; Grupo Pochteca. https://mexico.pochteca.net/seguridad-alimentaria-la-importancia-del-ph-en-los-alimentos/

Preciado-Saldaña, A. M., Ruiz-Canizales, J., Villegas-Ochoa, M. A., Abraham Domínguez-Avila, J., & González-Aguilar, G. A. (2022). Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular. https://www.redalyc.org/journal/813/81373798002/html/#:~:text=Los%20subproductos%20y/o%20extractos,discuten%20en%20la%20siguiente%20secci%C3%B3n.

Rebón, A. (2020, diciembre 22). Por qué y cuándo es recomendable tamizar la harina. Blog de la Escuela ESAH; ESAH, Estudios Superiores Abiertos en Hostelería. https://www.estudiahosteleria.com/blog/pasteleria-reposteria/cuando-tamizar-harina

Rodríguez-García, A., González-Diaz, Y., & Turiño-Griñán, N. (2019). Impacto ambiental de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Cereales Frank País García de Santiago de Cuba. Tecnología química, 39(3), 704–714. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000300704

RUÍZ, A. (2015). Minerales: Hierro. Recuperado el 01 de Junio de 2019 de:

Tamiz vibratorio eléctrico automático VEVOR, tamizador de acero inoxidable con malla 40+60, tamizador de polvo automático de 45 W para encimera, tamizador eléctrico para harina, frijol mungo y arroz. (s/f). Vevor. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de https://www.vevor.com/vibrating-sieve-machine-c_10675/vevor-electric-vibrating-sieve-machine-with-40-60-mesh-automatic-sifter-shaker-p_010223371915?lang=es&srsltid=AfmBOor5X-vKdFBsZDUjDeQaoOxOzrKCI-NRRxQoxhFHLTqlBXD0CloY

TRADES. (s/f). Harinas funcionales, el ingrediente ideal para todos los platos. Trades-sa.com. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de https://www.trades-sa.com/tendencias/productos-clean label/#:~:text=Harinas%20funcionales%20para%20crear%20alimentos,Adelante%2C%20%C2%A1pru%C3%A9balo!

Van der Kamp, R. (s/f). Pymes, competitividad y SDE en Nicaragua : un resumen cuantitativo. Edu.ar. Recuperado el 11 de abril de 2025, de https://biblioteca.clacso.edu.ar/Nicaragua/iid-uca/20170417031446/pdf_292.pdf

Vapza. (2021, diciembre 22). Descubre 10 tipos de harinas funcionales para el cuerpo. Vapza. https://institucional.vapza.com.br/es/blog/10-tipos-de-farinhas-funcionais-para-o-organismo/

Venta al por mayor deshidratador de alimentos eléctrico con 24 bandejas Industrial-Comercial Uso doméstico Secador de grado alimenticio para frutas/verduras. (s/f). Alibaba.com. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de

https://www.alibaba.com/product-detail/Wholesale-Electric-Food-Dehydrator-with-24_1601520436953.html?spm=a2700.details.you_may_like.1.3975fbcbF5fppj

Ventura, D. L. M. (2020). Manual de prácticas de Análisis de Alimentos. Www.uv.mx. https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf

Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. (2020). Pitahaya (Hylocereus spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. Scientia agropecuaria, 11(3), 439–453. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16

Vidal, A. (2018, junio 26). ¿Cómo se conserva mejor la harina? Tecnosa; Nuevas Tecnologías, S.A. https://tecnosa.es/como-se-conserva-mejor-la-harina/

Vitamina C. (s/f). Mayo Clinic. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de http://mayoclinic.org/es/drugs-supplements-vitamin-c/art-20363932

Zepeda-Ruiz, G. C., Domínguez-Avila, J. A., Ayala-Zavala, J. F., Robles-Sánchez, M., Salazar-López, N. J., López-Díaz, J. A. and González-Aguilar, G. A. (2020). Supplementing corn chips with mango cv. “Ataulfo” peel improves their sensory acceptability and phenolic profile, and decreases in vitro dialyzed glucose. J. Food. Process. Preserv. 44(12):e14954.

IX. ANEXOS.

9.1. Análisis generales en alimentos.

9.1.1. Determinación de Ph.

El pH es una unidad de medida de alcalinidad o acidez de una solución, más específicamente, el pH mide la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución determinada, el significado de sus siglas es, potencial de hidrogeniones. El pH se puede medir de manera precisa a través de la utilización de un instrumento conocido como pH-metro, este aparato puede medir la diferencia de potencial entre un par de electrolitos.

Proceso para determinar el pH

- Se mide 20 ml de la muestra en un Beaker.
- Se introduce el electrodo del pH-metro.
- Se espera un minuto para la lectura del resultado.

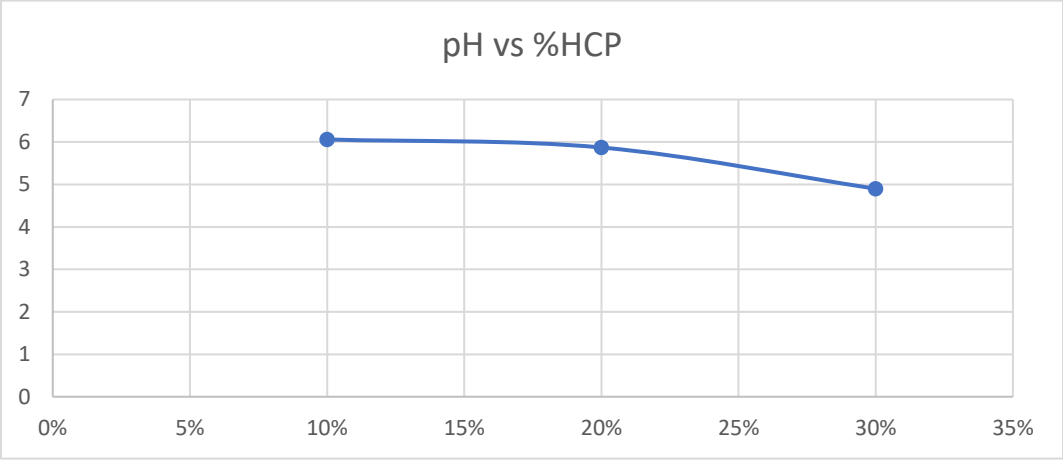
En la siguiente tabla se muestran las formulaciones de harina conforme a su porcentaje y para cada una el pH medido.

Tabla 19. pH de las diferentes formulaciones.

Propiedad	HCP	F1 (10/90)	F2 (20/80)	F3 (30/70)
pH	4.81	6.06	5.87	4.9

En el siguiente grafico se muestran como el pH se comporta respecto al porcentaje de harina de cascara de pitahaya.

Gráfico 1. Comportamiento del pH respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya



9.1.2. Determinación de humedad (AOAC 930.15).

El método consiste en evaporar, mediante secado, el agua contenida en la muestra, bajo condiciones normalizadas. El objetivo es determinar el contenido de agua disponible, presente en la materia prima por el método del secado de la estufa.

Equipos y materiales

- Balanza analítica, con 0.1mg de precisión.
- Desecador con Silicagel.
- Estufa con termorregulador.
- Placas Petri (10 cm de diámetro x 1,5cm de altura).

Procedimiento

- Pesar la muestra en muestra en una placa Petri limpia y seca, previamente tarada previamente tarada (10g de muestra).
- Colocar en la estufa por 2,5 horas (3 h) a 105°C ± 2°C.
- Enfriar en el desecador por 30 minutos y pesar.

Cálculos

El contenido de agua (%H_2O) y el contenido de sustancia seca (%SS) de un alimento se calcula de la siguiente manera:

$$\%\, de\ humedad = \frac{(P1-P2)}{m} X\ 100 \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde

$P1$: Peso de la placa más muestra húmeda.

$P2$: Peso de la placa más muestra seca.

m: Peso de la muestra.

$$\%\, Agua = 100\% - \%SS \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$\%SS = 100\% - \%\, Agua \quad \text{Ecuación 3.}$$

(*Determinación de humedad (AOAC 930.15, 2000)*, s/f)

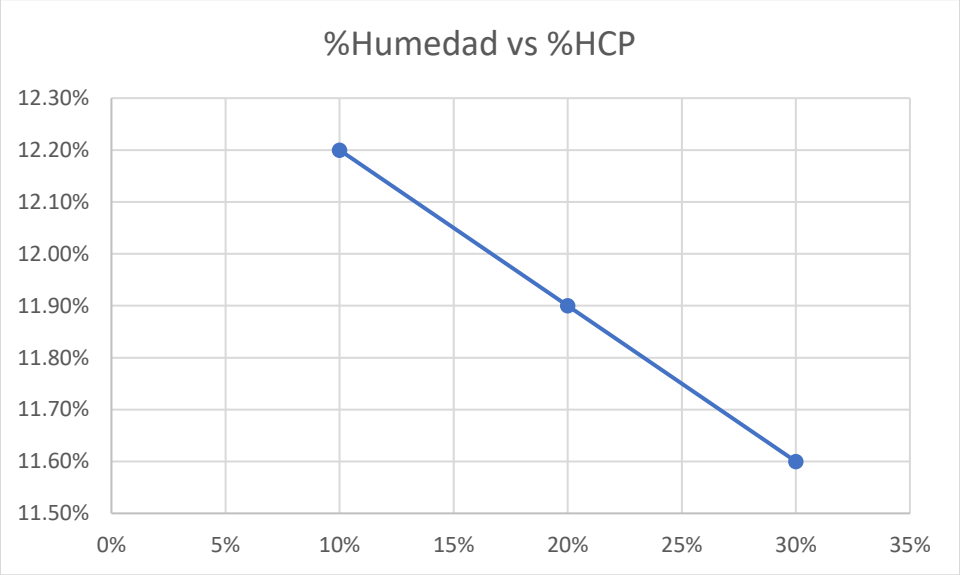
En la tabla 20 se muestra el porcentaje de humedad medido en cada formulación de harina de cascara de pitahaya.

Tabla 20. Humedad en las diferentes formulaciones.

Propiedad	HCP	F1 (10/90)	F2 (20/80)	F3 (30/70)
Humedad	9.50%	12.20%	11.90%	11.60%

En el grafico 2 se observa como el porcentaje de humedad se comporta respecto al porcentaje de harina.

Gráfico 2. Comportamiento de la humedad respecto al porcentaje de la harina de cáscara de pitahaya.



9.1.3. Determinación de cenizas.

Determinar el residuo inorgánico de una muestra alimenticia de origen animal o vegetal, utilizando la técnica de calcinación directa a 550°C.

Determinar el contenido de cenizas en la muestra, con la finalidad de cuantificar minerales presentes en ella, ya que estos contribuyen en la alimentación humana.

Todos los alimentos contienen elementos minerales formando parte de compuestos orgánicos e inorgánicos. La incineración para destruir toda la materia orgánica cambia su naturaleza; las sales metálicas de los ácidos orgánicos se convierten en óxidos o carbonatos o reaccionan durante la incineración para formar fosfatos, sulfatos o haluros y algunos elementos, como el azufre y los halógenos, pueden no ser completamente retenidos en las cenizas perdiéndose por volatilización. Debido a esto, la naturaleza y calidad de las variadas combinaciones minerales que se encuentran en los alimentos son difíciles de determinar, aun cuando el resultado de la incineración del material permite una orientación sobre su cantidad aproximada.

Material y equipo

- Crisol de porcelana
- Desecador
- Mufla
- Mechero
- Pinzas para crisol
- Estufa
- Balanza analítica

Técnica

1. Pesar de 0.5 a 1.5g de muestra (húmeda o seca) en un crisol de peso conocido.
2. Carbonizar el contenido del crisol lentamente con el mechero para evitar pérdidas.
3. Cuando cese el desprendimiento de humo, llevar el crisol a la mufla a 550°C.
4. Incinerar durante una hora, o bien hasta que las cenizas aparezcan blancas o grises.
5. Enfriar en desecador a temperatura ambiente y pesar.
6. Si no se logra obtener el color blanco o gris de las cenizas, dejar enfriar, agregar unas gotas de agua destilada, secar nuevamente en el mechero y volver a calcinar.

Cálculos

$$\%\ de\ cenizas = \frac{(W1-W2)\ x\ 100}{W}$$ Ecuación 4.

Donde

$W1$: Peso del crisol más la muestra calcinada.

$W2$: Peso del crisol solo.

W: Peso de la muestra.

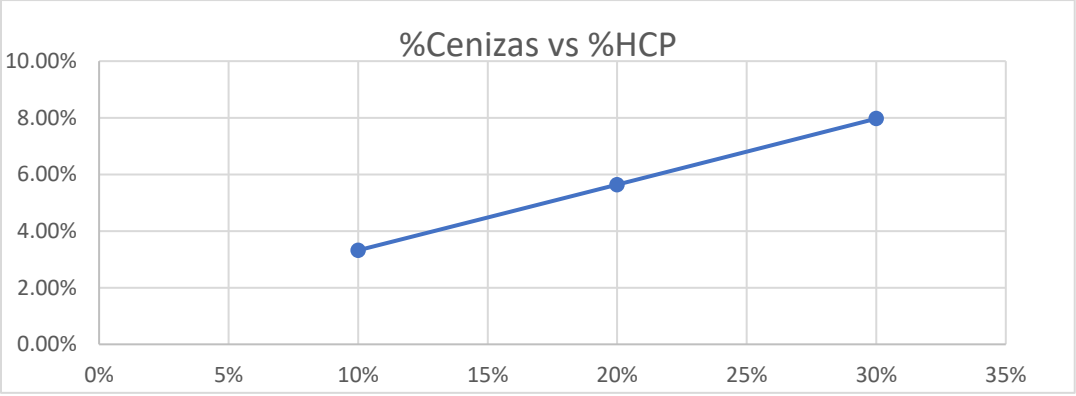
En la tabla 21 se observan los porcentajes de cenizas que se obtuvieron en las diferentes formulaciones de cascara de pitahaya.

Tabla 21. Porcentaje de cenizas en las diferentes formulaciones.

Propiedad	HCP	F1 (10/90)	F2 (20/80)	F3 (30/70)
Cenizas	24.22%	3.32%	5.64%	7.97%

En la gráfica 3 se muestra el comportamiento del porcentaje de cenizas con respecto a el porcentaje de harina.

Gráfico 3. Comportamiento del porcentaje de cenizas respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya.



9.1.4. Determinación de proteínas.

Materiales y Reactivos

Materiales:

- Matraces volumétricos de 100 ml (2)
- Matraces volumétricos de 25 ml (2)
- Pipetas volumétricas o graduadas de 10 ml
- Cuentagotas
- Espátula
- Balanza analítica

Reactivos:

- Muestra problema (sólida)
- Agua destilada
- Hidróxido de Potasio (KOH) 12N
- Reactivo de Nessler
- Alcohol Polivinílico
- Aceite Mineral

Procedimiento

Paso 1: Preparación de la Solución Madre

1. Pesar exactamente 1.0 gramo de la muestra sólida.
2. Transferir cuantitativamente a un matraz volumétrico de 100 ml.
3. Disolver y aforar hasta la marca con agua destilada. Mezclar perfectamente hasta homogeneizar. Esta es su Solución Madre.

Paso 2: Preparación de los Matraces de Digestión

1. Rotar dos matraces volumétricos de 25 ml como:

- Matraz Muestra (M)

- Matraz Blanco (B)

2. Al Matraz Muestra (M), pipetear exactamente 10 ml de la Solución Madre preparada en el Paso 1.

3. Al Matraz Blanco (B), pipetear exactamente 10 ml de agua destilada.

Paso 3: Digestión Alcalina y Aforo Intermedio

1. A cada matraz (M y B), agregar 6 gotas de Hidróxido de Potasio (KOH) 12N.

2. Llevar el volumen de ambos matraces a 20 ml con agua destilada (primer aforo). Mezclar por inversión.

Paso 4: Adición de Estabilizadores y Aforo Final

1. A cada matraz, agregar:

- 3 gotas de Alcohol Polivinílico

- 3 gotas de Aceite Mineral

2. Aforar ambos matraces cuidadosamente hasta la marca de 25 ml con agua destilada. Mezclar perfectamente.

Desarrollo de Color y Lectura

1. A cada matraz aforado a 25 ml, agregar 6 gotas del Reactivo de Nessler. Mezclar suavemente por inversión.

2. Dejar reposar durante el tiempo estipulado en el método para que el color se desarrolle completamente.

3. La absorbancia de la Muestra (M) se debe medir en un espectrofotómetro a la longitud de onda especificada (usualmente entre 420 - 480 nm), utilizando la solución del Blanco (B) para poner a cero el instrumento.

Cálculo del % de proteína.

$$\frac{75 * A}{B * C} = \%Proteinas$$

Donde

A= La lectura del espectrofotómetro

B= g o ml de la muestra

C= 25mL

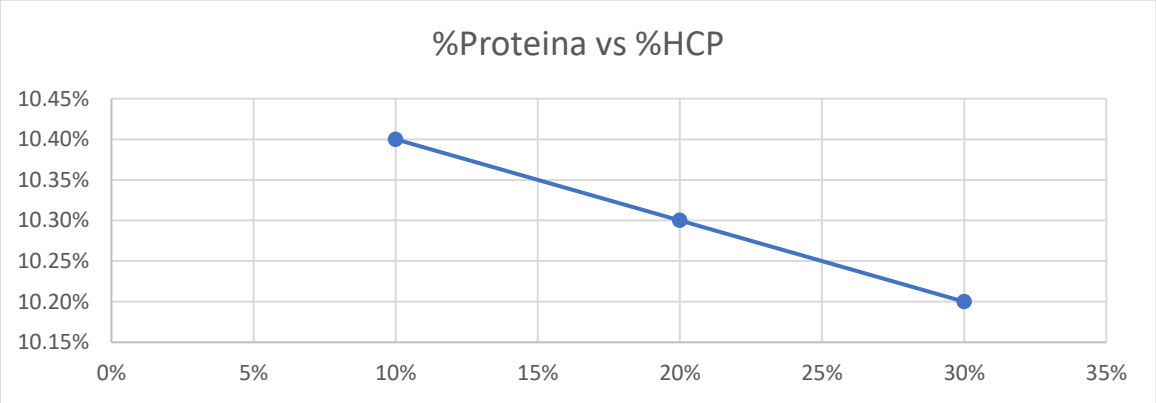
En la siguiente tabla se observan los porcentajes de proteínas para cada formulación de harina de cascara de pitahaya.

Tabla 22. Porcentaje de proteínas de cada formulación.

Propiedad	HCP	F1 (10/90)	F2 (20/80)	F3 (30/70)
Proteínas	2.76%	10.40%	10.30%	10.20%

En el siguiente grafico se muestra el comportamiento del porcentaje de proteínas respecto al porcentaje de harina de cascara de pitahaya.

Gráfico 4. Comportamiento del porcentaje de proteínas respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya.



9.1.5. Determinación de Fibra Cruda.

Para determinar la cantidad de fibra cruda, primero se debe efectuar una extracción con éter (igual a la descrita en Grasa Cruda). Luego se calienta la muestra hasta ebullición por 30 minutos en 200 ml de una solución de ácido sulfúrico (0.1275N). Se filtra y se lava con agua hirviendo. Se vuelve a calentar hasta ebullición y se filtra con 200 ml de NaOH 0.312M libre de carbonatos. Se filtra y se lava con agua hirviendo. El filtrado resultante se seca en estufa por 2 horas a 100°C, se pesa, se calcina, se deja enfriar en desecador y se pesa.

El peso de Fibra cruda es la diferencia de peso entre el filtrado seco y el calcinado.

$$\mathrm{FC} = \frac{Peso\ de\ fibra\ cruda}{Peso\ muestra} * 100$$

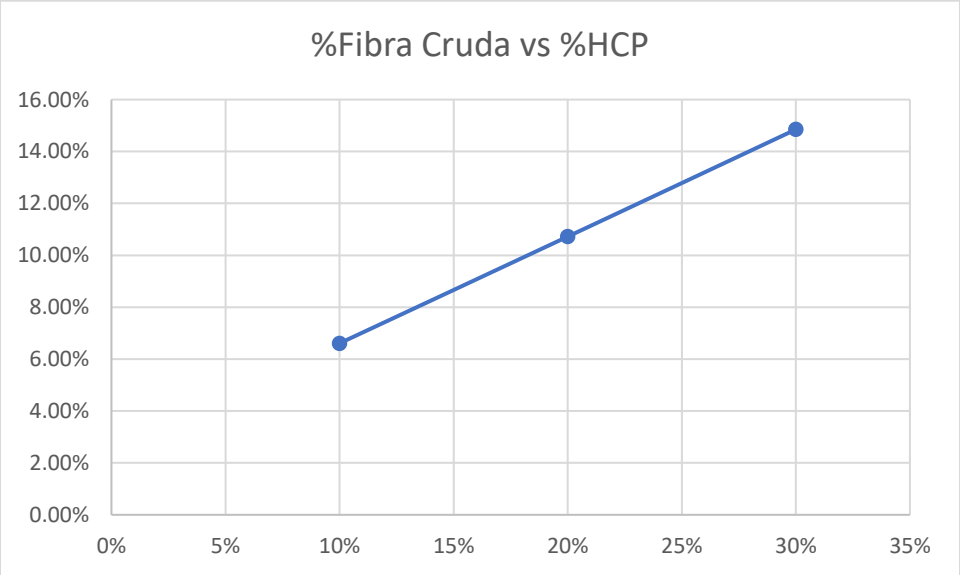
En la tabla 23 se muestran los porcentajes de fibra cruda obtenida de cada formulación de harina de cascara de pitahaya.

Tabla 23. Porcentaje de fibra cruda de cada formulación.

Propiedad	HCP	F1 (10/90)	F2 (20/80)	F3 (30/70)
Fibra Cruda	46%	6.61%	10.72%	14.85%

En el grafico 5 se observa el comportamiento de porcentaje de fibra cruda respecto al porcentaje de harina de cascara de pitahaya.

Gráfico 5. Comportamiento del porcentaje de fibra cruda respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya.



9.1.6. Determinación de Carbohidratos.

Se calcula como la cantidad necesaria para completar el 100%

$$\%\text{Carbohidratos} = 100 - \%\text{Proteinas} - \%\text{Fibra Cruda} - \%\text{Cenizas} - \%\text{Humedad} - \%\text{Grasa Cruda}$$

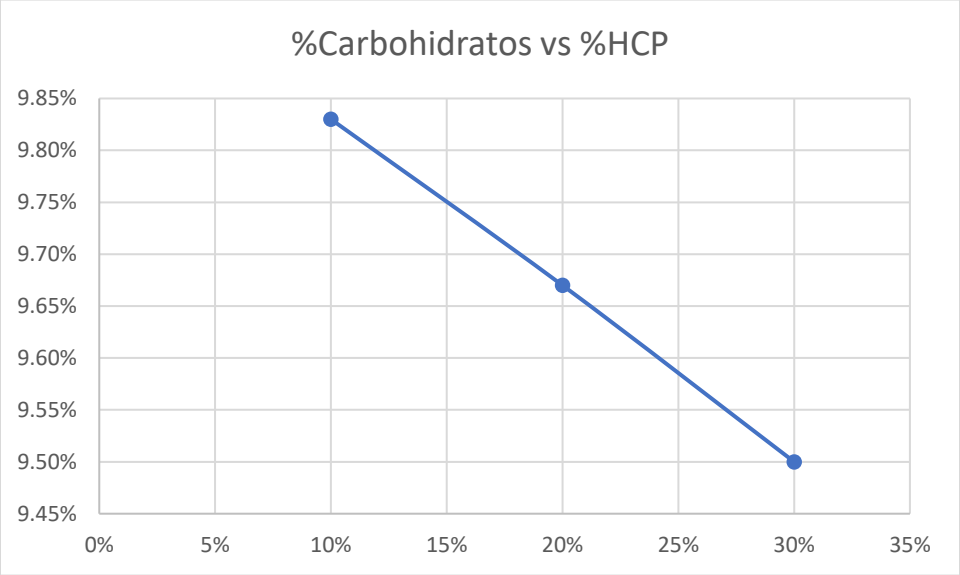
La siguiente tabla muestra el porcentaje de carbohidratos obtenido en cada formulación de harina.

Tabla 24. Porcentaje de carbohidratos de cada formulación.

Propiedad	HCP	F1 (10/90)	F2 (20/80)	F3 (30/70)
Carbohidratos	8.34%	9.83%	9.67%	9.50%

En la siguiente grafica se observa el comportamiento que tiene el porcentaje de carbohidratos con respecto a el porcentaje de harina.

Gráfico 6. Comportamiento del porcentaje de los carbohidratos respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya.



9.1.7. Determinación de grasa.

Reactivos:

- Éter etílico P. E. 40 - 60°C
- Éter de petróleo P. E. 40 - 60°C

Preparación de la muestra: En muestras con mucha humedad homogeneizar y secar a 103±2°C en estufa de aire consultando el tipo de muestra. Moler y pasar por tamiz de malla de 1mm. Pesar en duplicado 2 gramos de muestra preparada en el dedal de extracción o papel filtro previamente pesado y tapado con algodón desgrasado. Registrar m.

Secar el matraz de extracción por 30 minutos a 103±2°C.

Pesar el matraz de extracción.

Registrar m1.

Poner el matraz de extracción en el sistema soxhlet el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al matraz.

Extraer la muestra con el solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/seg.

Una vez terminada la extracción eliminar el solvente por evaporación en rotavapor o baño María bajo campana. Hasta que no se detecte olor a éter. Secar el matraz con la grasa en estufa a 103±2°C por 10 minutos, enfriar en el desecador y pesar. Registrar m2

Cálculos

$$Grasa\ cruda = \frac{m2 - m1}{m} * 100$$

Donde:

m= Peso de la muestra

m1= Tara del matraz solo

m2= Peso del matraz con grasa

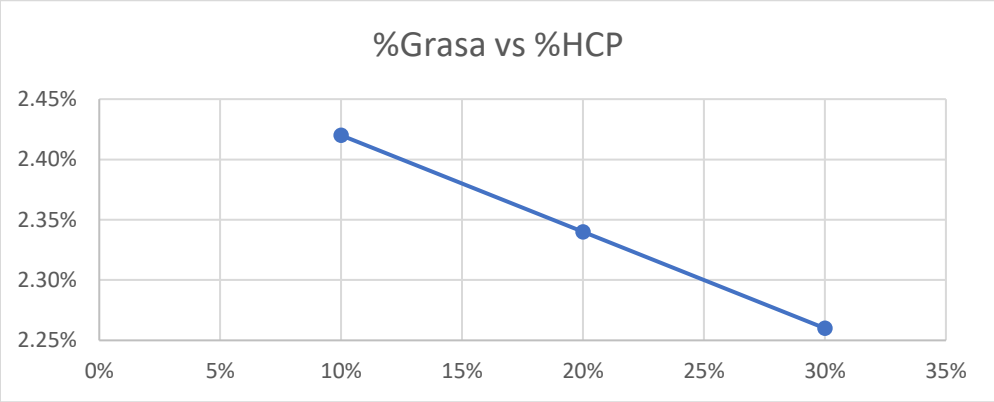
En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de grasa de cada formulación de harina de cascara de pitahaya.

Tabla 25. Porcentaje de grasa de cada formulación.

Propiedad	HCP	F1 (10/90)	F2 (20/80)	F3 (30/70)
Grasa	0.90%	2.42%	2.34%	2.26%

En el siguiente grafico de observa el comportamiento del porcentaje de grasa con respecto al porcentaje de harina.

Gráfico 7. Comportamiento del porcentaje de grasa respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya.



9.1.8. Determinación de Hierro.

- Se miden 10 ml de la muestra en dos viales, uno para preparar el blanco y otro para la medición.
- Se introduce el blanco en el HACH y se programa el temporizador por 3 minutos.
- Al segundo vial con los 10 ml de muestra se le agrega un sobre (agente Ferro ver) (Iron phenanthronine) para determinar hierro.
- Esperar que el temporizador marque los 3 minutos, pasado este tiempo se retira el vial con el blanco y se introduce el vial con la muestra y el agente Ferrover.
- Se espera para la lectura de los resultados.

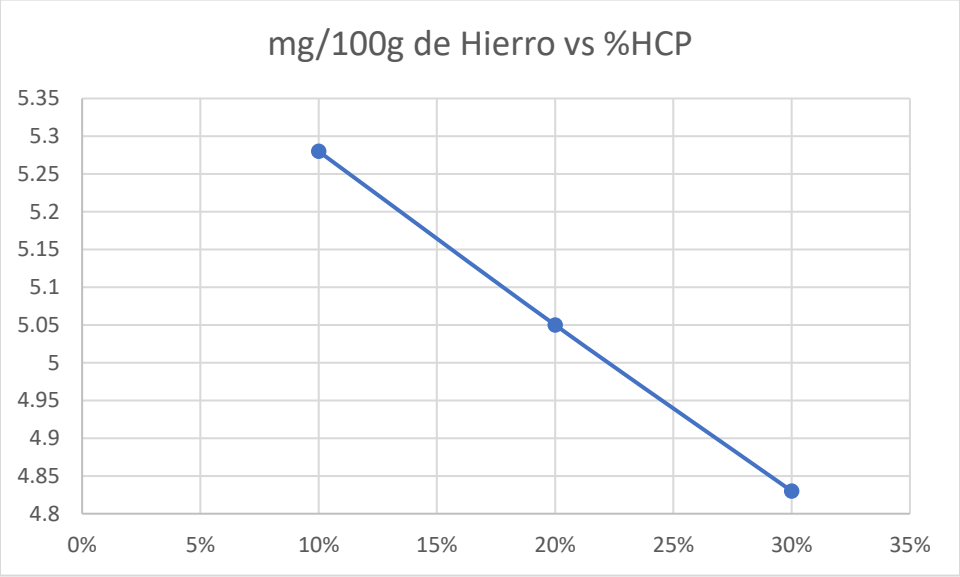
Para la siguiente tabla se muestran los miligramos de hierro por cada 100 gramos de cada una de las formulaciones de harina de cascara de pitahaya.

Tabla 26. Miligramos de hierro por cada 100g de cada formulación.

Propiedad	HCP	F1 (10/90)	F2 (20/80)	F3 (30/70)
Hierro	3.27mg	5.28mg	5.05mg	4.83mg

En el siguiente grafico se observa el comportamiento que tiene el hierro con respecto al porcentaje de harina.

Gráfico 8. Comportamiento del hierro respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya.



9.1.9. Determinación de Calcio.

El calcio en una solución de muestra reducida a cenizas puede ser determinado por:

- Determinación de calcio por espectrofotometría de absorción atómica

El residuo de las cenizas se trata con HCl diluido y se realizan diluciones de la muestra. La muestra posteriormente, se lleva al espectrofotómetro donde se determina la cantidad de calcio presente comparando con una curva standard.

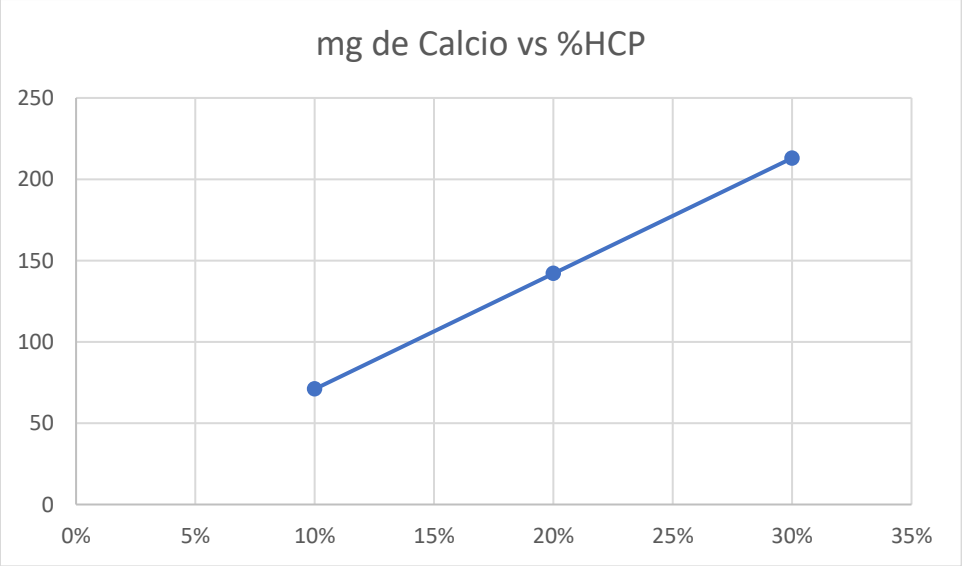
La siguiente tabla muestra los miligramos de calcio obtenidos en cada 100 gramos de cada formulación de cascara de harina.

Tabla 27. Miligramos de calcio por cada 100g de cada formulación.

Propiedad	HCP	F1 (10/90)	F2 (20/80)	F3 (30/70)
Calcio	709mg	71mg	142mg	213mg

En el grafico 9 se observa el comportamiento del hierro con respecto al porcentaje de harina.

Gráfico 9. Comportamiento del hierro respecto al porcentaje de harina de cáscara de pitahaya.

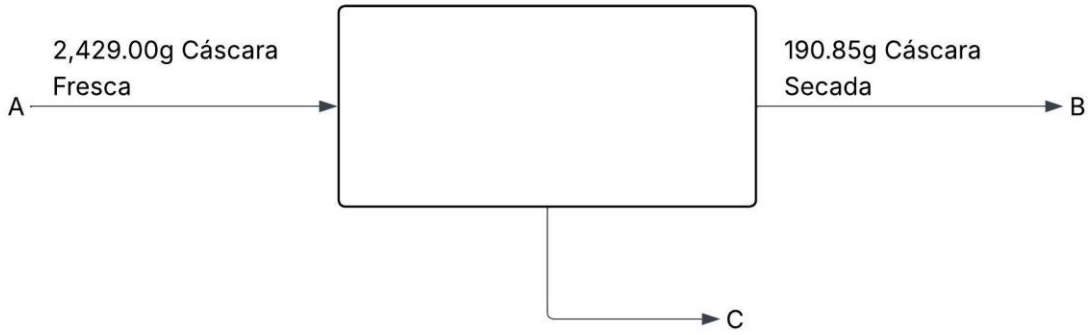


9.2. Balance de materia a escala laboratorio de la harina de cáscara de pitahaya.

En la siguiente tabla se muestran los datos relacionados al secado de la cascara de pitahaya.

Tabla 28. Secado de la cáscara de pitahaya.

Temperatura (°C)	70
Tiempo (h)	26
m entrada	2429.00
m salida	190.85



Fuente: (Elaboración propia)

- A: Entrada
- B: Salida
- C: Perdida

$$Entrada = Salida + Perdida$$

$$A = B + C$$

$$C = A - B$$

$$C = 2238.15\ \text{g}$$

$$Rendimiento = \frac{m\ entrada}{m\ salida} * 100$$

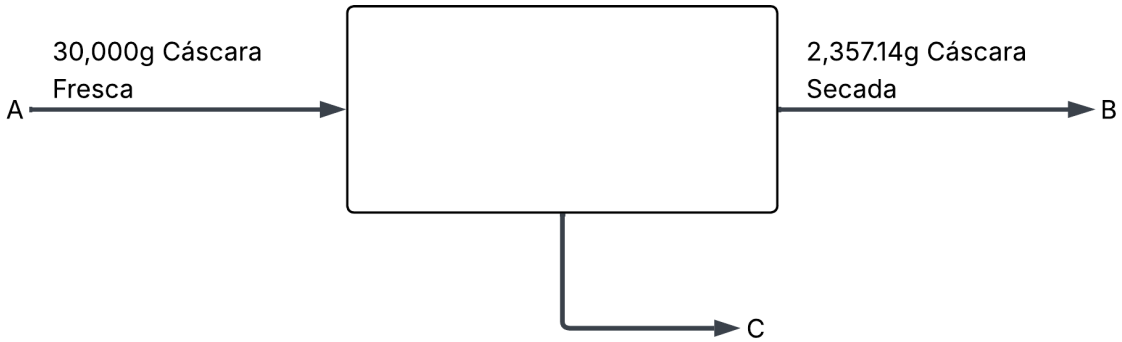
$$Rendimiento = \frac{190.85\ g}{2429.00\ g} * 100 = 7.8571$$

9.3. Balance de materia a escala piloto de la harina de cáscara de pitahaya.

En la tabla 29 se muestran los datos relacionados al secado de la cascara de pitahaya a escala piloto.

Tabla 29. Secado de la cáscara de pitahaya a escala piloto.

Temperatura (°C)	70
Tiempo (h)	26
m entrada	30000.00
m salida	2357.14



Fuente: (Elaboración propia)

- A: Entrada
- B: Salida
- C: Perdida

$$Entrada = Salida + Perdida$$

$$A = B + C$$

$$C = A - B$$

$$C = 27{,}642.86g$$

$$Rendimiento = \frac{m\ entrada}{m\ salida} * 100$$

$$Rendimiento = \frac{30{,}000\ g}{2{,}357.14\ g} * 100 = 7.8571$$

Universidad Nacional de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO PEDRO ARÁUZ PALACIOS

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6B18FEC2		
NOMBRE	PAVON LOAISIGA LUIS FERNANDO		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN DE ÁREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA		
CARRERA	Ingeniería Química		
TURNO	Diurno	**SEXO**	M
AÑO MATRICULADO	6	**GRUPO**	D1FCE-QUI-R
SIT. ESC	REINGRESO	**AÑO ING. EDUC. SUP**	2020

AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
6	D1FCE-QU	FORMAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en https://singu.setec.edu.ni/

Correo:
Clave:

FECHA: 01/03/2026 01:18:37

Creado Por: 6B18FEC2
Actualizado Por:

INICIO DE CLASES:
-- NUEVO INGRESO 2026:
--PRESENCIAL: LUNES 2 DE FEBRERO
--SABATINO: SÁBADO 31 DE ENERO
--DOMINICAL: DOMINGO 1 DE FEBRERO
--REINGRESO 2026:
-- CARRERAS DE CIENCIAS DE LA SALUD (II AÑO - VI AÑO): LUNES 26 DE ENERO.
--PRESENCIAL: 9 DE MARZO
--SABATINO: 7 DE MARZO
--DOMINICAL: 8 DE MARZO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
AREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8:CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA** hace constar que:

PAVON LOAISIGA LUIS FERNANDO

Carné: **2020-0900U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA QUÍMICA**, en el año 2024 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y uno días del mes de enero del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,

SECRETARÍA ACADÉMICA DE DACA
REPÚBLICA DE NICARAGUA
SA - DACA - UNI

Helia Vanessa Taleno Oporta
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 21-ene.-2025