



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Trabajo Monográfico para optar el título de
Ingeniero Agroindustrial

“Evaluación de harinas de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en la sustitución parcial de la harina de trigo para la producción de pan, a escala de laboratorio.”

AUTORES

Br. Joel Ernesto Leiva Morales

Br. Fermin de Jesus Ruiz Cornejo

Br. Marlon Eduardo Vílchez Sevilla

TUTORA

Dra. Sandra Lorena Blandón Navarro

Estelí, 11 de octubre de 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

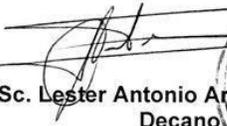
DECANATURA

Managua, 06 de marzo de 2019

Brs. Joel Ernesto Leiva Morales
Fermín de Jesús Ruiz Cornejo
Marlon Eduardo Vilchez Sevilla

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado **“Evaluación de harinas de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en la sustitución parcial de la harina de trigo para la producción de pan, a escala de laboratorio”**, para obtener el título de **Ingeniero Agroindustrial** y que contará con el **Dr. Sandra Lorena Blandón Navarro** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,


MSc. Lester Antonio Artola Chavarría
Decano



C/c Archivo
LACH/art

Managua, Nicaragua. Apdo. 5595 • Tel.: 249-6437 • 248-6879 • 251 8271 • 251 8276
Telefax: 240 1653 • 249 0942



Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

LEIVA MORALES JOEL ERNESTO

Carne: **2014-0275N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

RUIZ CORNEJO FERMÍN DE JESÚS

Carne: **2014-0180N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





Lider en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

VÍLCHEZ SEVILLA MARLON EDUARDO

Carne: **2014-0120N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad



Estelí, 16 de agosto del 2019

M.Sc. Lester Artola
Decano
FTI UNI

Estimado decano,

En mi carácter de tutora, he revisado el informe final del trabajo monográfico "Evaluación de harinas de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en la sustitución parcial de la harina de trigo para la producción de pan, a escala de laboratorio", cuyos autores son los egresados **Br. Fermin de Jesús Ruiz Cornejo**, número de carnet 2014-0180N, **Br. Joel Ernesto Leiva Morales**, número de carnet 2014-0275 N y **Br. Marlon Eduardo Vílchez Sevilla**, con número de carnet 2014-0120N, para optar al título de ingeniero agroindustrial.

Supervisé la recolección y realización de los experimentos que fueron ejecutados en la presente investigación. Los resultados del estudio sugieren que la harina de papa puede ser utilizada como sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de pan, con niveles de inclusión de 10 %. Las propiedades funcionales de las harinas, como densidad aparente, capacidad de retención de aceite y agua, son aproximadas a las determinadas para la harina de trigo, según bibliografía consultada. Además, el documento presenta la estructura adecuada al Reglamento para Trabajos Monográficos vigentes en la UNI.

De este modo, sugiero apoyar a los bachilleres para que puedan proseguir con la próxima etapa de culminación de estudios, la presentación y defensa del trabajo monográfico.

Cordialmente,



Dra. Sandra Lorena Blandón Navarro

Tutora de los autores del Trabajo monográfico
Coordinadora de Investigación, UNI RUACS



QR ORCID

Agradecimiento y dedicatoria

A Dios, nuestros padres y maestros.

Resumen

En vista del creciente interés en la innovación tecnológica la presente investigación ostenta la producción de harina a base de papa, prioritariamente la comparación de resultados de productividad de las variedades, Actrice, Desiree y Metro.

El proceso de experimentación contempló establecer parámetros de control, uno de los aspectos más relevantes fue la inhibición del pardeamiento enzimático como parte de la preparación de la materia, para esto se plantearon diferentes métodos tales como: escaldado de 7, 11, y 15 minutos respectivamente, más un tratamiento químico empleando metabisulfito de sodio, posteriormente a la definición del procedimiento más efectivo se realizaron comparaciones estadísticas a fin de identificar la influencia de los tratamientos en el rendimiento productivo. En base a rendimiento hubo diferencias significativas con las variedades de papa usadas, la variedad Desiree obtuvo el valor más alto con un 17.58% de rendimiento seguido de la variedad Metro 16.75% y para la variedad Actrice 14.60% en cuanto a rendimiento en base a los métodos usados para producción de la harina si hubo diferencias significativas en rendimiento con la variedad Actrice en el método químico usando metabisulfito y el método de escaldado a 15 minutos.

Por otro lado, se evaluaron aspectos funcionales y de calidad de la harina obtenida, puesto que es una manera de prever su eficiencia en el producto final, entre estos aspectos se contemplan el porcentaje de humedad, así la variedad Desiree contiene 79.98%, variedad metro con 79.28% y la que contiene mayor contenido de humedad la variedad Actrice con 82.47%. La granulometría promedio de las harinas fue de 0.0915 mm, las pruebas se realizaron por triplicado y no hubo variación entre cada una de ellas. La densidad aparente de las harinas varía entre $0.6554 \pm 0.0056 \text{ g/cm}^3$, con la Desiree, $0.7045 \pm 0.0047 \text{ g/cm}^3$ Actrice y $0.7475 \pm 0.0167 \text{ g/cm}^3$ Metro. La harina con mayor capacidad de absorción de agua (g de agua/g de harina) fue la elaborada de la variedad de papa Desiree con 3.62 ± 0.11 , seguida de la harina Actrice (3.58 ± 0.60) y la de menor valor es la harina Metro (3.32 ± 0.18) y los parámetros de retención de aceite (g de aceite/g de harina) de la harina Actrice (0.85 ± 0.04) la harina Desiree (0.84 ± 0.10) y la harina Metro de (0.80 ± 0.02). Además de esto se realizaron pruebas de calidad específicas para el pan, evaluando

porcentajes de inclusión de 0, 10, 20, y 30 % de harina de cada variedad de papa y por lo tanto se elaboraron diez tipos de pan, los cuales fueron evaluados sensorialmente por un panel de degustación. Se logró adquirir valoraciones sobre el color, sabor, olor y textura de los panes obteniendo mejores resultados para elaborados con la variedad metro en el porcentaje de inclusión de 10%.

Tabla de contenido

I. Introducción	1
II. Objetivos.....	5
2.1. Objetivo general	5
2.2. Objetivos específicos	5
III. Justificación	6
IV. Marco teórico	8
4.1. Descripción de la papa.....	8
4.2. Origen de la papa.....	8
4.3. Variedades de la papa	8
4.4. Tubérculo de papa y sus estructuras	9
4.5. Composición química de la papa	9
4.6. Valor nutritivo de la papa.....	10
4.7. Descripción de las variedades de papa a utilizar para la producción de harina	11
4.7.1. Variedad de papa metro	11
4.7.2. Variedad de papa Actrice	11
4.7.3. Variedad de papa Desiree	12
4.8. Estudio relacionado con el presente Investigación.	13
4.9. Trigo	15
4.10. Harinas.....	16
4.11. Parámetros de proceso para la producción de harina de papa.....	17
4.12. Balance de masa	18
4.13. Absorción de aceite	19
4.14. Absorción de agua	19
4.15. Humedad	19

4.16.	Comportamiento de las harinas con elaboración de pan	20
4.17.	El pan.....	20
4.18.	Análisis Fisicoquímicos	20
4.19.	Potencial de Hinchamiento	21
4.20.	Características que deben tener las harinas para ser consideradas aptas para elaboración de pan	21
4.21.	Características que debe tener un buen pan	22
V.	Hipótesis	23
VI.	Diseño metodológico	24
6.1.	Ubicación del estudio	24
6.2.	Tipo de investigación.....	24
6.3.	Diseño experimental.....	24
6.4.	Parámetros utilizados para la producción de la harina de papa.....	25
6.4.1.	Análisis de determinación de Humedad de las variedades de papa..	25
6.4.2.	Tiempo y temperatura de escaldado	26
6.4.3.	Temperatura para el secado.....	26
6.4.4.	Granulometría.....	26
6.4.5.	Balance de materiales	26
6.4.6.	Metodología para determinar la capacidad de retención de aceite y agua	27
6.4.7.	Determinación de absorción de agua	28
6.4.8.	Densidad aparente	28
6.4.9.	Costo de producción de la harina de papa	29
6.4.10.	Metodología de elaboración del pan	31
6.4.11.	Metodología del Análisis sensorial	31
6.5.	Certitud metodológica	31

6.6. Análisis estadístico.....	34
6.7. Actividades de por objetivos específicos.....	35
VII. Análisis y discusión de resultados	37
7.1. Descripción del proceso tecnológico, para la producción de las harinas de papa. 37	
7.1.1. Producción de la harina de papa	37
7.1.2. Descripción del diagrama de flujo.....	40
7.1.3. Pruebas de humedad de las variedades de papa utilizadas.....	41
7.1.4. Análisis determinación de materia seca.	42
7.1.5. Balances de materiales	42
7.2. Caracterización de las harinas de papa producidas a partir de las variedades Actrice, Metro y Desiree	47
7.2.1. Densidad aparente	47
7.2.2. Granulometría.....	49
7.2.3. Capacidad de retención de agua y aceite.....	50
7.3. Evaluación sensorial de los panes elaborados con mezclas de las harinas de papa y harina de trigo	55
7.4. Costos de producción.....	77
VIII. Conclusiones	78
IX. Recomendaciones	80
X. Bibliografía.....	81
XI. Anexos.....	86

Índice de figuras

Figura 1. Estructura interna de la papa	9
Figura 2. Papas enteras y partidas.....	9
Figura 3. Representación gráfica de la entrada y salida de un proceso.....	18
Figura 4. Representación gráfica del proceso de acumulación de materiales en un proceso	18
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de papa método de escaldado.....	38
Figura 6. Diagrama de flujo para producción de harina de papa utilizando el método con metabisulfito	39
Figura 7. Muestras de papas antes de realizar el secado	41
Figura 8. Muestras de papa después de realizado el secado	41
Figura 9. Balance de materia variedad Desiree	44
Figura 10. Balance de materia variedad Metro.....	45
Figura 11. Balance de materiales de la variedad Actrice	46
Figura 12. Tamices para clasificación granulométrica.....	50
Figura 13. Clasificación granulométrica de la harina de papa obtenida	50
Figura 14. Muestras de harina de las tres variedades.....	51
Figura 15. Muestra de harina con mayor capacidad de retención de aceite	51
Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan	56
Figura 17. Hinchamiento obtenido en las muestras de pan	59
Figura 18. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Actrice, Atributo: Olor.....	63
Figura 19. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Actrice, Atributo: Textura	64
Figura 20. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Actrice, Atributo: Color.....	65
Figura 21. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Actrice, Atributo: Sabor.....	66

Figura 22. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Desiree, Atributo: Sabor	68
Figura 23. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Desiree, Atributo: Olor	69
Figura 24. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Desiree, Atributo: Color	70
Figura 25. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Desiree, Atributo: Textura	71
Figura 26. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Metro, Atributo: Color.....	72
Figura 27. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Metro, Atributo: Olor	73
Figura 28. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Metro, Atributo: Textura	74
Figura 29. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Metro, Atributo: Sabor.....	75
Figura 30. Selección y pesaje	92
Figura 31. Pelado manual	92
Figura 32. Rebanado.....	92
Figura 33. Escaldado	92
Figura 34. Secado	92
Figura 35. Hojuelas secas	92
Figura 36. Pre-molienda	93
Figura 37. Tamizado	93
Figura 38. Panes elaborados con las harinas antes de la cocción.....	93
Figura 39. Pan elaborado con harina de variedad metro 10% de inclusión	93
Figura 40. Pan de la variedad de papa Actrice.....	93
Figura 41. Pan de variedad de papa Desiree	93
Figura 42. Análisis sensorial y llenado de encuestas.	94

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Balance de masa global	27
Ecuación 2. Determinación de absorción de aceite.....	27
Ecuación 3. Determinación de absorción de agua	28
Ecuación 4. Calculo de los costos primos	29
Ecuación 5. Calculo de los costos de conversión.....	29
Ecuación 6. Calculo de los costos totales	30
Ecuación 7. Calculo de los costos indirectos.....	30
Ecuación 8. Punto de equilibrio	30
Ecuación 9. Densidad aparente	33
Ecuación 10. Potencial de hinchamiento.....	33

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de la papa por 100 g de papa hervida y pelada antes del consumo.....	10
Tabla 2. Características de la variedad de papa Metro	11
Tabla 3. Características de la variedad de papa Actrice	12
Tabla 4. Características de la variedad de papa Desiree	12
Tabla 5. Composición nutricional de la harina de trigo por cada 100 g	16
Tabla 6. Composición nutricional de la harina de papa por tasa (160.0g).....	17
Tabla 7. Diseño metodológico del proceso de elaboración de las muestras de pan	31
Tabla 8. Certitud metodológica de la investigación	32
Tabla 9. Resultados de la determinación de humedad	41
Tabla 10. Porcentaje de materia seca según la variedad evaluada	42
Tabla 11. Densidad aparente de la harina elaborada a partir de papa de la variedad Desiree	47
Tabla 12. Densidad aparente de la harina elaborada a partir de papa de la variedad Actrice.....	47

Tabla 13. Densidad aparente de la harina elaborada a partir de papa de la variedad Metro	48
Tabla 14. Comparación de medias de resultados de pruebas de densidad aparente.	48
Tabla 15. Capacidad de retención de agua de la harina de papa de la variedad Desiree	51
Tabla 16. Capacidad de retención de agua de la harina de papa de la variedad Actrice	52
Tabla 17. Capacidad de retención de agua de la harina de papa de la variedad Metro	52
Tabla 18. Comparación de medias para valores de retención de agua de diferentes variedades.....	53
Tabla 19. Capacidad de retención de aceite de la harina de papa de la variedad Desiree	53
Tabla 20. Capacidad de retención de aceite de la harina de papa de la variedad Actrice	54
Tabla 21. Capacidad de retención de aceite de la harina de papa de la variedad Metro	54
Tabla 22. Comparación de medias para valores de retención de aceite de diferentes variedades.	55
Tabla 23. Crecimiento obtenido a partir de las muestras de harina incluidas en la formulación.....	59
Tabla 24. Tratamiento 1, método sin escaldar usando Metabilsulfito	61
Tabla 25. Tratamiento 2, método de escaldado a 7 minutos.....	61
Tabla 26. Tratamiento 3, método escaldado a 11 minutos.....	61
Tabla 27. Tratamiento 4 método de escaldado a 15 minutos.....	62
Tabla 28. Pruebas de Chi-cuadrado de la variedad Actrice con respecto al atributo olor	64
Tabla 29. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Actrice con respecto al atributo textura	65

Tabla 30. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Actrice con respecto al atributo color	66
Tabla 31. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Actrice con respecto al atributo sabor	67
Tabla 32. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Desiree con respecto al atributo sabor	68
Tabla 33. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Desiree con respecto al atributo Olor	69
Tabla 34. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Desiree con respecto al atributo Color.....	70
Tabla 35. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Desiree con respecto al atributo sabor	71
Tabla 36. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Metro con respecto al atributo color	72
Tabla 37. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Metro con respecto al atributo olor	73
Tabla 38. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Metro con respecto al atributo textura	74
Tabla 39. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Metro con respecto al atributo sabor	75
Tabla 40. Costos de producción de la harina	77
Tabla 41. Resultados de la determinación de humedad de la variedad de papa metro	86
Tabla 42. Resultados de la determinación de humedad de la variedad de papa desiree	86
Tabla 43. Resultados de la determinación de humedad de la variedad de papa Actrice	87
Tabla 44. Resultados del porcentaje de rendimiento por variedad.....	88
Tabla 45. Análisis granulométrico uno	89
Tabla 46. Análisis granulométrico dos.....	89
Tabla 47. Análisis granulométrico tres	90

I. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es originaria de la cordillera de los Andes, en el altiplano andino, y puede ser encontrada hasta los 4300 msnm. Se considera que *Solanum tuberosum* ssp *andigenum* se originó en el sur de Perú, en los límites de Bolivia a partir del complejo *Solanum brevicaulis*, y la ssp *tuberosum* en las tierras bajas de la parte central de Chile, (Morales, 2011).

Este tubérculo es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz, el maíz y el trigo. Es el que aporta mayor cantidad de carbohidratos a la dieta de millones de personas en los países en desarrollo, siendo fundamental para los países de Sudamérica, África, y el continente asiático en su totalidad, (Chávez, 2014).

En Nicaragua, el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), tiene gran importancia dentro de los sistemas agrícolas, principalmente en la zona norte del país, en Matagalpa, Jinotega y Estelí. Este rubro genera grandes beneficios para la población como la generación de empleos, mejora en la economía de los productores, comerciantes y la seguridad alimentaria de la población, (INTA, 2013).

La harina de papa presenta gran versatilidad, funciona como mejorador de sabor y color, es utilizada como espesante y ha comenzado a irrumpir en los productos de panadería, (Cerón, Bucheli, & Osorio, 2014).

Con este trabajo se describe la obtención de harina a partir de las variedades de papa Metro, Actrice y Desiree con la finalidad de validar cada variedad en la producción de pan. Así como los diferentes niveles de inclusión de cada una de las harinas de papa para que sean una alternativa de sustitución de la harina de trigo.

Al finalizar el estudio se dispone de una identificación de las variedades adecuadas para la producción de harina debidamente caracterizada e identificada, así como los niveles de inclusión más aceptados por los consumidores.

Sobre los usos y caracterización de la papa y productos elaborados a partir de la misma se han realizado estudios a nivel nacional e internacional. A seguir, se presentan los trabajos relacionados con la temática.

En el ámbito internacional se realizó un estudio en la universidad de Nariño, facultad ingeniera agroindustrial, Pasto, Colombia; el objetivo del estudio fue determinar el nivel máximo de sustitución de harina de trigo con harina de papa parda pastosa (*Solanum tuberosum*) como una alternativa para la elaboración de productos de panadería. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde se evaluaron las variedades de respuesta: color, sabor, y textura. Se utilizó el análisis de varianza para encontrar diferencias significativas entre el producto obtenido con harina de papa y el producto con 100% harina de trigo. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en el color, sabor y textura entre los panes al 10, 20 y 30% de sustitución. Sin embargo en la prueba de aceptación el pan al 20% evidencia que tiene una buena aceptación y podría ser utilizado correctamente, (Hurtado, Cerdn, Osorio, & Buchely, 2011).

Para el año 2013 estudiantes de la universidad Doctor José Matías Delgado, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola “Julia Hill de O ‘Sullivan” realizaron un estudio de harina de papa soloma (*Solanum tuberosum*), para utilizarla en panificación, el estudio surge como resultado a un problema económico del país, donde se ve la necesidad de innovar con productos ya establecidos en el mercado salvadoreño. El objetivo principal de los estudiantes fue elaborar una harina de papa con la variedad soloma (*Solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en la panadería. Los resultados de dicho trabajo sugieren que la harina de papa aportaría a la industria alimentaria un gran beneficio como sustituto parcial de la harina de trigo que es utilizada en la panadería, ya que la papa es un tubérculo de cultivo rentable, el cual puede ser explotado en El Salvador para aprovecharlo para la producción de harina. Además, los autores mencionan que la elaboración de harina de papa es sencilla y rápida utilizando los equipos adecuados, (Bonilla Hidalgo , 2013).

En el ámbito nacional, para el año 2014 en la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) se realizó un estudio basado en la producción de harina de papa para puré instantáneo. La finalidad de ese estudio fue obtener harina a partir de las variedades de papa Granola y Provento, para elaborar puré; así como su utilización en la mejora de los rendimientos en la producción de pan a base de trigo, convirtiéndola en un producto versátil. Para la obtención de la harina, se tomaron en cuenta diversos factores como: la humedad contenida en las variedades de papa, métodos de inhibición y secado del tubérculo. Así también, se consideró la caracterización fisicoquímica de la harina obtenida: contenido de humedad, cenizas, proteínas, grasa, fibra, carbohidratos, índice de solubilidad en agua (ISA), adsorción en agua (IAA) y poder de hinchamiento (PH); y la aplicación de un análisis sensorial, a través de una prueba hedónica para conocer el grado de aceptabilidad tanto de la harina como del puré. Se comprobó que el método más óptimo para la producción de harina de papa involucra las siguientes etapas: cocción, enfriamiento y reducción de tamaño en seco. Esto garantiza una harina, que, según los resultados de poder de hinchamiento, solubilidad en agua y absorción de agua, alcanza las características de almidón instantáneo lo cual favorece la formación de un puré de manera rápida, (Alonso, García, González Lindo, & Benavente, 2014).

En el año 2014 estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI RUACS desarrollaron una tesis basada en el diseño del proceso productivo de harina de papa a nivel de laboratorio, para las cooperativas Multisectorial El Triunfo, R.L y Cooperativa Agropecuaria de Crédito y Servicios Productores de Papa del Norte, R.L (PROPAN) en la comunidad la Laguna; municipio de San Nicolás, Departamento Estelí. Dicha investigación se realizó con el objetivo de obtener harina de papa haciendo uso de cuatro variedades esta idea de proyecto surgió para dar respuesta a una de las principales problemáticas que enfrentan los productores de papa asociados a la Cooperativa Agropecuaria de Crédito y Servicios Productores de Papa del Norte, R.L (PROPAN), Cooperativa Multisectorial El Triunfo, R.L (EL TRIUNFO), ya que no se le da un valor agregado a la papa, sólo

la comercializan a bajos costos en los mercados de la localidad y por lo tanto no generan ingresos, lo que provoca un déficit económico en las familias productoras.

Con la harina obtenida se procedió a elaborar buñuelos; los resultados obtenidos fueron que los buñuelos de papa de la variedad Provento y Granola tienen la mayor aceptación en comparación a las variedades Santé y Desiree. Esto se muestra a través de las valoraciones de sabor, color y olor haciendo uso de análisis de varianza con un intervalo de confianza del 95% mediante el programa InfoStat.

En cuanto a la variable de textura, la variedad Granola obtuvo el mayor puntaje en la prueba hedónica debido principalmente a su suavidad en la corteza, mientras que la variedad Santé recibió el puntaje más bajo hecho que se manifestó en la dureza de éste, sin embargo, estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre las muestras.

La variedad más indicada según la caracterización de la papa para la realización de harina es la Granola, ya que posee mayor contenido de materia seca (19.68%), (Hernández & Rugama, 2014).

Estudios comparando harina de papa de las variedades Actrice, Metro y Desiree no fueron encontrados en la revisión bibliográfica. Por lo tanto, es importante indagar sobre este tema, para aportar una opción de procesamiento para dichas variedades de papa.

II. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar la harina de papa producida de las variedades Actrice, Metro y Desiree en la sustitución parcial de la harina de trigo para la producción de pan a escala de laboratorio.

2.2. Objetivos específicos

- Describir el proceso tecnológico, para la producción de las harinas de papa a través de la definición de parámetros de proceso y balance de masa.
- Caracterizar las harinas de papa producidas a partir de las variedades Actrice, Metro y Desiree a través de análisis fisicoquímicos.
- Evaluar el nivel de aceptación de panes elaborados con mezclas de las harinas de papa y harina de trigo, a través de evaluación sensorial para identificar el nivel de inclusión más adecuado y el desempeño de cada una de las harinas como sustitutas parciales de la harina de trigo.

III. Justificación

La importancia de la papa radica en que sus tubérculos son parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial; contienen 80 % de agua y la materia seca constituida por carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, vitaminas A, C, y complejo B, proporcionan una dieta balanceada, además, son utilizados en la industria para la producción de almidón, comidas rápidas (papas a la francesa), chips (hojuelas) y puré. En cuanto a las vitaminas, la papa contiene vitamina C, riboflavina, tiamina y niacina. Entre los distintos minerales que tiene este tubérculo, se encuentra calcio, potasio, fósforo y magnesio, los cuales tienen importancia en la nutrición humana (INTA, 2014).

El cultivo de la papa en Nicaragua (*Solanum tuberosum* L.), tiene gran importancia dentro de los sistemas agrícolas, principalmente en la zona norte del país (Matagalpa, Jinotega y Estelí). Para el norte del país, en especial Estelí, el consumo y producción de semilla se está fortaleciendo con el cultivo de este tubérculo, así mismo se está promoviendo la seguridad alimentaria en la población, (INTA, 2013).

Es relevante trabajar en la sustitución parcial de la harina de trigo dado que en el país no se puede cultivar el trigo debido a las condiciones climáticas y del suelo, y todo el trigo que es consumido a nivel nacional es importado, además que en el caso del trigo es un producto costoso y cada día su precio tiende a aumentar más.

La papa es un producto perecedero, que en condiciones de humedad relativa baja y altas temperaturas pierde humedad, lo que representa pérdida de peso y consecuentemente pérdida de su valor económico, (López, Mujica, & Sánchez, 2010).

Además, existe disponibilidad de dicha materia prima a la cual es necesario darle valor agregado. Por lo tanto, es necesario con las variedades que se están produciendo en el país hacer una caracterización de las mismas, visualizándolas como un potencial para la producción de harinas para pan las cuales tienen un mercado importante de consumo en el país, como panaderías y supermercados.

La necesidad de transformar esta materia prima en harina tiene varias ventajas por que incluye precios estables, gran flexibilidad en la preparación de alimentos y un costo reducido de mano de obra, al procesar este tubérculo se obtienen utilidades económicas y se diversifica los productos.

IV. Marco teórico

4.1. Descripción de la papa

La papa, *Solanum tuberosum*, es el cuarto cultivo sembrado en más de 100 países y es el alimento básico de los países desarrollados (en Europa y U.S.A. consumen 75 kg per cápita anual, mientras que en El Salvador este valor es de 2.2 kg per cápita anual). A nivel mundial, se producen 290 millones de TM y se cultivan 13.85 millones, (Cortez & Hurtado, 2002).

4.2. Origen de la papa

Las primeras papas cultivadas probablemente fueron seleccionadas entre 6.000 y 10.000 años atrás, al norte del lago Titicaca, en los Andes del sur de Perú. Allí, a partir de las especies silvestres *Solanum bukasovii*, *S. canasense* y *S. multissectum*, pertenecientes al complejo *S. brevicaulis*, se cree que se originó *S. stenotomum*, que es considerada la primera papa domesticada. Esta, a su vez, habría dado origen a *S. andigena* a través de repetidos procesos de poliploidización sexual en diferentes zonas de cultivo, con la consiguiente hibridación interespecífica e intervarietal que permitió ampliar la diversidad y adaptabilidad genética de la papa de los Andes, (Rodríguez, 2010).

4.3. Variedades de la papa

A nivel mundial existen aproximadamente 4.000 variedades de papas nativas, con tamaños, colores y formas diversas. Sin embargo, el universo papero que encontramos en el mercado casi se reduce en papas para cocer o para freír, de piel marrón o rojiza, endospermo blanco o amarillo, (Calero, 2014).

En Nicaragua las variedades de papa cultivadas son las que adaptan a las condiciones agroclimáticas de las áreas paperas. Además, se debe tomar en cuenta su precocidad, tolerancia a plagas y preferencia en el mercado, así mismo el costo de la semilla. Actualmente en el país se están evaluando materiales genéticos provenientes de semilla sexual, tales como, las variedades Serrana, Lila T e India. Una variedad que ha presentado rendimientos altos y tolerancia a la enfermedad del tizón tardío es la variedad Papa nica, Existen otras variedades, como la Atzimba,

Sante, Desiree y Floresta, aunque la disponibilidad de semilla de las mismas dependerá de las importaciones provenientes de otros países, (INTA, 2014).

4.4. Tubérculo de papa y sus estructuras

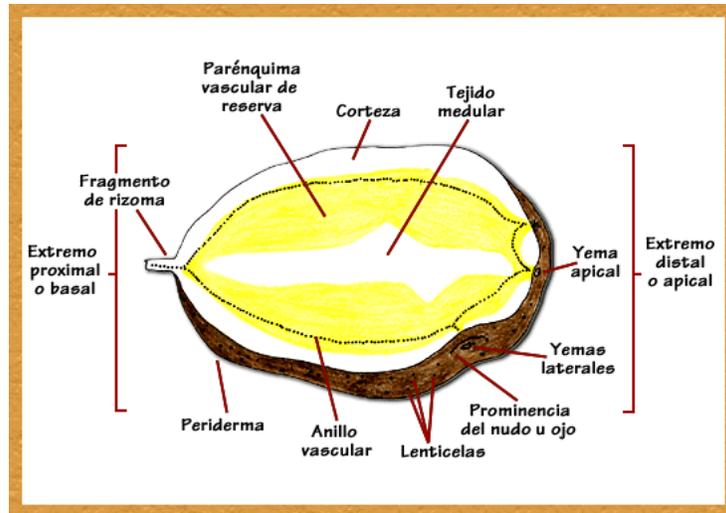


Figura 1. Estructura interna de la papa

Fuente: (Alipso, 2001)

4.5. Composición química de la papa

En términos de su composición, la papa está formada principalmente de agua, la composición química de la parte sólida puede variar ampliamente dependiendo de factores como: variedad, madurez, diferencias ambientales, aplicación de químicos y condiciones ambientales, (Mills, 2015).

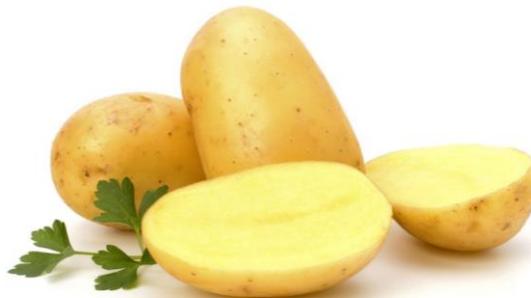


Figura 2. Papas enteras y partidas

Fuente: (Arguiñano, 2015)

Tabla 1. Composición de la papa por 100 g de papa hervida y pelada antes del consumo.

Compuesto	Contenido
Tiamina	0.106 mg
Riboflavina	0.02 mg
Niacina	1.44 mg
Fosforo	44 mg
Hierro	0.31 mg
Potasio	379 mg
Calcio	5 mg
Vitamina C	13.0 mg
Carbohidratos	20.13 g
Proteínas	1.87 g
Fibra	1.87 g
Grasa	0.1 g
Agua	77 g
Valor energético	87 Kcal

Fuente: (Prokop & Albert, 2008)

En la papa se encuentran componentes nutritivos (energía, macro y micronutrientes) y componentes no nutritivos (agua, celulosa, hemicelulosa, pectina, glucoalcaloides, ácidos orgánicos, enzimas, entre otros minoritarios). Luego de su cosecha los tubérculos contienen en promedio 80% de agua y 20% de materia seca (60% de ésta corresponde a almidón). La composición se puede modificar por factores tales como la variedad, la localidad donde se produce, el tipo de suelo, el clima y las condiciones de cultivo. Las enfermedades, las plagas, la duración de los ciclos productivos también afecta, (Mills, 2015).

4.6. Valor nutritivo de la papa

La papa aporta vitaminas (niacina, tiamina, riboflavina, vitamina C) y minerales (hierro, calcio, fósforo, potasio), contiene alrededor de la mitad de los requerimientos diarios de vitamina C para una persona adulta; otros cultivos de primera necesidad como el arroz o el trigo no la poseen. Además, la papa es baja en grasa (5% del contenido de grasa del trigo y una cuarta parte de las calorías del pan) y sancochada tiene más proteína que el maíz y casi el doble de calcio. Es una buena fuente de energía y tiene una gran capacidad para combinarse con otros alimentos, lo que permite y da lugar a platos muy variados y apetitosos. Estos pueden resultar muy

completos cuando se acompañan de legumbres o carnes para completar las proteínas necesarias para una alimentación adecuada, (FAO, 2010).

4.7. Descripción de las variedades de papa a utilizar para la producción de harina

4.7.1. Variedad de papa metro

4.7.1.1. Definición

Metro es una variedad mediana tardía que produce tubérculos muy uniformes que son ovalados largos y son adecuados para papas fritas. La variedad proporciona un rendimiento excelente y tiene un alto contenido de materia seca. El metro es apto para el cultivo en todos los climas; esto hace que sea una variedad muy interesante, (Agroplant, 2018).

4.7.1.2. Generalidades de la variedad de papa metro

Tabla 2. Características de la variedad de papa Metro

Generalidades de la variedad	Aspecto
Madurez	A principios
Desarrollo de follaje	Bien
Forma de tubérculo	Ovalada
Color de piel	Amarillo
Color de la sección comestible	Color amarillo pálido
Rendimiento	Alto
Decoloración después de cocinar	No hay decoloración
Contenido de materia seca	18,5%

Fuente: (Agroplant, 2018)

4.7.2. Variedad de papa Actrice

4.7.2.1. Definición

Es una papa temprana para consumo fresco. Esta variedad proporciona un muy buen rendimiento. Actrice ofrece hermosos tubérculos ovalados redondos y tiene un buen sabor. (Agroplant, 2018)

4.7.2.2. Generalidades de la variedad de papa Actrice

Tabla 3. Características de la variedad de papa Actrice

Generalidades de la variedad	Aspecto
Madurez	A principios
Desarrollo de follaje	Bien
Forma de tubérculo	Ovalada
Color de piel	Amarillo
Color de la sección comestible	Color amarillo pálido
Rendimiento	Alto
Decoloración después de cocinar	No hay decoloración
Contenido de materia seca	18,5%

Fuente: (Agroplant, 2018)

4.7.3. Variedad de papa Desiree

4.7.3.1. Definición

Desiree es una variedad de consumo de cocción bastante firme con tubérculos ovalados grandes y largos y una piel roja. Es muy adecuado para la producción de papas fritas, cuando se cultiva en un clima cálido. (Agroplant, 2018)

4.7.3.2. Generalidades de la variedad de papa Desiree

Tabla 4. Características de la variedad de papa Desiree

Generalidades de la variedad	Aspecto
Desarrollo de follaje	Bien
Forma de tubérculo	Ovalado largo
Color de piel	Rojo
Color de la sección comestible	Amarillo pálido
Rendimiento	Alto
Tipo de cocción	BC (ceroso a harinoso)
Decoloración después de cocinar	No decoloración
Contenido de materia seca	19,7%

Fuente: (Agroplant, 2018)

Una vez aportado los aspectos más destacados de las variedades de papa (Actrice, Metro y Desiree) se describe una de las principales materias prima para la elaboración de harina, como es el trigo.

4.8. Estudio relacionado con el presente Investigación.

Sobre los usos y caracterización de la papa y productos elaborados a partir de la misma se han realizado estudios a nivel nacional e internacional. A seguir, se presentan los trabajos relacionados con la temática.

En el ámbito internacional se realizó un estudio en la universidad de Nariño, facultad ingeniera agroindustrial, Pasto, Colombia; el objetivo del estudio fue determinar el nivel máximo de sustitución de harina de trigo con harina de papa parda pastosa (*Solanum tuberosum*) como una alternativa para la elaboración de productos de panadería. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde se evaluaron las variedades de respuesta: color, sabor, y textura. Se utilizó el análisis de varianza para encontrar diferencias significativas entre el producto obtenido con harina de papa y el producto con 100% harina de trigo. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en el color, sabor y textura entre los panes al 10, 20 y 30% de sustitución. Sin embargo en la prueba de aceptación el pan al 20% evidencia que tiene una buena aceptación y podría ser utilizado correctamente, (Hurtado, Cerdn, Osorio, & Buchely, 2011).

Para el año 2013 estudiantes de la universidad Doctor José Matías Delgado, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola “Julia Hill de O ‘Sullivan” realizaron un estudio de harina de papa soloma (*Solanum tuberosum*), para utilizarla en panificación, el estudio surge como resultado a un problema económico del país, donde se ve la necesidad de innovar con productos ya establecidos en el mercado salvadoreño. El objetivo principal de los estudiantes fue elaborar una harina de papa con la variedad soloma (*Solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en la panadería. Los resultados de dicho trabajo sugieren que la harina de papa aportaría a la industria alimentaria un gran beneficio como sustituto parcial de la harina de trigo que es utilizada en la panadería, ya que la papa es un tubérculo de cultivo rentable, el cual puede ser explotado en El Salvador para aprovecharlo para la producción de harina. Además, los autores mencionan que la elaboración de harina de papa es sencilla y rápida utilizando los equipos adecuados, (Bonilla Hidalgo , 2013)

En el ámbito nacional, para el año 2014 en la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) se realizó un estudio basado en la producción de harina de papa para puré instantáneo. La finalidad de ese estudio fue obtener harina a partir de las variedades de papa Granola y Provento, para elaborar puré; así como su utilización en la mejora de los rendimientos en la producción de pan a base de trigo, convirtiéndola en un producto versátil. Para la obtención de la harina, se tomaron en cuenta diversos factores como: la humedad contenida en las variedades de papa, métodos de inhibición y secado del tubérculo. Así también, se consideró la caracterización fisicoquímica de la harina obtenida: contenido de humedad, cenizas, proteínas, grasa, fibra, carbohidratos, índice de solubilidad en agua (ISA), adsorción en agua (IAA) y poder de hinchamiento (PH); y la aplicación de un análisis sensorial, a través de una prueba hedónica para conocer el grado de aceptabilidad tanto de la harina como del puré. Se comprobó que el método más óptimo para la producción de harina de papa involucra las siguientes etapas: cocción, enfriamiento y reducción de tamaño en seco. Esto garantiza una harina, que, según los resultados de poder de hinchamiento, solubilidad en agua y absorción de agua, alcanza las características de almidón instantáneo lo cual favorece la formación de un puré de manera rápida, (Alonso, García, González Lindo, & Benavente, 2014).

En el año 2014 estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI RUACS desarrollaron una tesis basada en el diseño del proceso productivo de harina de papa a nivel de laboratorio, para las cooperativas Multisectorial El Triunfo, R.L y Cooperativa Agropecuaria de Crédito y Servicios Productores de Papa del Norte, R.L (PROPAN) en la comunidad la Laguna; municipio de San Nicolás, Departamento Estelí. Dicha investigación se realizó con el objetivo de obtener harina de papa haciendo uso de cuatro variedades esta idea de proyecto surgió para dar respuesta a una de las principales problemáticas que enfrentan los productores de papa asociados a la Cooperativa Agropecuaria de Crédito y Servicios Productores de Papa del Norte, R.L (PROPAN), Cooperativa Multisectorial El Triunfo, R.L (EL TRIUNFO), ya que no se le da un valor agregado a la papa, sólo

la comercializan a bajos costos en los mercados de la localidad y por lo tanto no generan ingresos, lo que provoca un déficit económico en las familias productoras.

Con la harina obtenida se procedió a elaborar buñuelos; los resultados obtenidos fueron que los buñuelos de papa de la variedad Provento y Granola tienen la mayor aceptación en comparación a las variedades Santé y Desiree. Esto se muestra a través de las valoraciones de sabor, color y olor haciendo uso de análisis de varianza con un intervalo de confianza del 95% mediante el programa InfoStat.

En cuanto a la variable de textura, la variedad Granola obtuvo el mayor puntaje en la prueba hedónica debido principalmente a su suavidad en la corteza, mientras que la variedad Santé recibió el puntaje más bajo hecho que se manifestó en la dureza de éste, sin embargo, estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre las muestras.

La variedad más indicada según la caracterización de la papa para la realización de harina es la Granola, ya que posee mayor contenido de materia seca (19.68%), (Hernández & Rugama, 2014).

Estudios comparando harina de papa de las variedades Actrice, Metro y Desiree no fueron encontrados en la revisión bibliográfica. Por lo tanto, es importante indagar sobre este tema, para aportar una opción de procesamiento para dichas variedades de papa.

4.9. Trigo

El trigo es uno de los tres cereales más producidos globalmente, junto al maíz y el arroz, ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano del trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios. La palabra «trigo» proviene del vocablo latino *triticum*, que significa 'quebrado', 'triturado' o 'trillado', haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre. *Triticum* significa, por lo tanto, "(el grano) que es necesario trillar (para poder ser consumido)"; tal como el mijo deriva del latín *milium*, que significa "molido, molturado", o sea, "(el

grano) que es necesario moler (para poder ser consumido)". El trigo (*triticum*) es, por lo tanto, una de las palabras más ancestrales para denominar a los cereales (las que se referían a su trituración o molturación), (Juárez & Bárcenas, 2014).

4.10. Harinas

Harina, sin otro calificativo, se entiende siempre como la procedente del trigo, si se trata de harinas procedentes de otros vegetales habrá que especificar la procedencia, harina de maíz, harina de cebada, harina de centeno, etc. Por lo tanto, se define como harina, al producto finamente triturado, obtenido de la molturación del grano de trigo, o la mezcla de trigo blando y trigo duro en un 80% mínimo maduro, sano y seco e industrialmente limpio. La harina es una materia básica en la elaboración del pan, pastas alimenticias y productos de pastelerías, (Requena Peláez, 2013).

Podemos observar que la composición de energía es de 348,00 Kcal, como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5. Composición nutricional de la harina de trigo por cada 100 g

Componentes	Cantidad
Agua	10,00 ml
Energía	348,00 Kcal
Carbohidratos	80,00 g
Proteína	9,30 g
Lípidos	1,20 g
Colesterol	0,00 mg
Sodio	5,10 mg
Potasio	146,00 mg
Calcio	15,00 mg
Fosforo	102,00 mg
Hierro	1,10 mg
Rivoflavina	0,06 mg
Tiamina	0,09 mg
Ácido fólico	22,00 µg
Fibra vegetal	3,40 g

Fuente: (Zamora , 2003).

Los principales componentes que aporta estas calorías de la harina de trigo son los carbohidratos, son predominantes en la producción de la harina de trigo, en relación a la composición nutricional de la harina de papa que pueden observarla en la tabla

6, el valor calórico de dicha harina es de 571 Kcal, lo cual es superior a la 348 Kcal aportada por la harina de trigo.

Tabla 6. Composición nutricional de la harina de papa por tasa (160.0g)

Información nutricional	Por ración
Valor calórico	571 kcal 2.392 KJ
Grasas	0,5 g
Grasas saturadas	0,1 g
Grasas monoinsaturadas	<0,1g
Grasas poliinsaturadas	0,2 g
Carbohidratos	1330,0 g
Azucares	5,6%
Proteínas	11,0 g
Fibra alimentaria	9,4 g
Colesterol	0,0 mg
Sodio	<0,1 g
Agua	10,4 g

Fuente: (YAZIO, 2015)

4.11. Parámetros de proceso para la producción de harina de papa

La calidad se considera actualmente un parámetro de gran importancia a la hora de analizar la evolución de distintos mercados de productos agroalimentarios. Dicha importancia es mayor en aquellos productos que por diversas razones han protagonizado “escándalos alimentarios”, (Ramírez, 2001).

- **Parámetros Físicos:** entre estos parámetros se incluye la humedad, el tamaño, peso y diámetro del tubérculo, color de pericarpio, etc., (Calderón, 2010).
- **Parámetros Microbiológicos:** estos incluyen la presencia de hongos, micro toxinas, insectos, impurezas, materia extraña etc., presentes en el tubérculo, (Calderón, 2010).
- **Parámetros Intrínsecos:** Entre ellos podemos mencionar el rendimiento de molienda, proteína, contenido de almidón, densidad, dureza etc., (Calderón, 2010).

4.12. Balance de masa

Un balance de masa o de materiales es una secuencia de cálculos que permite llevar la cuenta de todas las sustancias que intervienen en un proceso de transformación, satisfaciendo la ley de la conservación de la masa, la cual establece que la materia se transforma, pero no se crea ni se destruye. Un balance de materia es, pues, una contabilidad de los materiales que toman parte del proceso, (García R. , 2015)

Para el fin de aplicación del balance de materia y tomando en cuenta que la producción de harina no ostentará reacciones químicas y será en un Sistema en estado estacionario, se aplicará la fórmula simplificada que indica lo siguiente:



Figura 3. Representación gráfica de la entrada y salida de un proceso

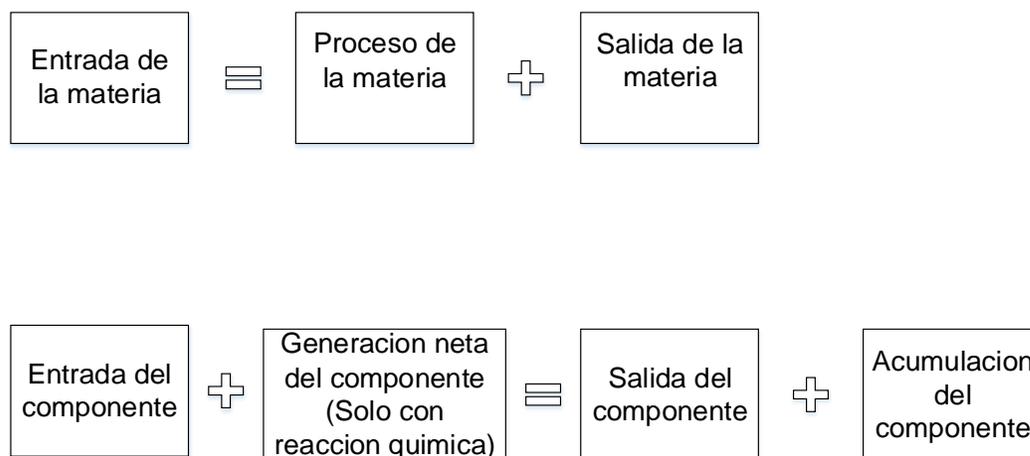


Figura 4. Representación gráfica del proceso de acumulación de materiales en un proceso

Fuente: Elaboración propia

4.13. Absorción de aceite

La absorción de aceite corresponde principalmente a un fenómeno superficial, que se compone de un equilibrio entre adhesión y drenaje de aceite a través de la superficie del alimento. Como consecuencia de ello, una pequeña cantidad de aceite podría penetrar al interior de la microestructura mientras las rodajas de papa están inmersas en el aceite y mientras que la mayor cantidad de éste ingresa a la microestructura durante el enfriamiento (cuando las rodajas son removidas de la freidora), sólo una mínima porción permanece en la superficie del producto, (Cocio Pulgar, 2006).

4.14. Absorción de agua

El agua es el componente mayoritario en los alimentos, no se considera como nutriente, sin embargo, sin ella no se podría realizar reacciones bioquímicas, es el componente mayoritario en la mayoría de los alimentos, la absorción de agua es la incorporación de materia por parte de otra materia como la disolución de un gas en un líquido, se utiliza para eliminar uno o varios componentes de una corriente gaseosa utilizando un disolvente, (Arévalo Zaenz, 2017).

4.15. Humedad

La determinación de humedad es un paso obligado en el análisis de alimentos, es la base de referencia que permite: comparar valores, convertir a valores de humedad, expresar en base seca y expresar en base tal como se recibió. Por estas razones debe seleccionarse cuidadosamente el método a aplicar para la determinación de humedad en un alimento, ya que un mismo método no sirve para todos los alimentos, (Vinagre , 2017).

Existen varias razones por las cuales, la mayoría de las industrias de alimentos determinan la humedad, las principales son las siguientes:

- El comprador de materias primas no desea adquirir agua en exceso el agua, si está presente por encima de ciertos niveles, facilita el desarrollo de los microorganismos.

- Los materiales pulverulentos se aglomeran en presencia de agua, por ejemplo azúcar y sal, la humedad de trigo debe ajustarse adecuadamente para facilitar la molienda.
- La cantidad de agua presente puede afectar la textura, la determinación del contenido en agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos (Sumi Blog, 2016).

4.16. Comportamiento de las harinas con elaboración de pan

Luego de abordar los puntos más significativos en base a harinas se procede a indagar uno de los productos donde es esencial el uso de harinas como es el caso del pan, el cual nos servirá como base para desarrollar el comportamiento de las harinas elaboradas de las diferentes variedades de papa, en relación con la harina de trigo.

4.17. El pan

El pan es un producto obtenido a partir del horneado de una masa hecha por una mezcla de harina de trigo sal agua potable, manteca, aditivo leudante y demás coadyuvantes. Depende del tipo de pan a elaborar, por ejemplo, se puede realizar un pan con 70% de harina de trigo y un 30% de harina de maíz. La realización del pan también va acompañado de una fermentación mediante pasta agria o levaduras.

La composición química del pan depende de los ingredientes empleados; si durante la elaboración del pan no se agrega otras sustancias como para obtener panes especiales, la composición del pan es casi paralela a la de la harina empleada sufriendo una disminución proporcional de componentes sólidos, debido al agua incorporada durante el amasado, (Valverde Gomez, 2014).

4.18. Análisis Físicoquímicos

Análisis de las propiedades fisicoquímicas de los alimentos es uno de los aspectos principales en el aseguramiento de su calidad. Este análisis cumple un papel muy importante en la determinación del valor nutricional de los alimentos, en el control del cumplimiento de los parámetros exigidos, en lo que implica la caracterización de

los alimentos desde el punto de vista fisicoquímico, haciéndose énfasis en la determinación de su composición química, es decir determinar que sustancias están presentes en un alimento (proteínas, grasas, vitaminas, minerales, carbohidratos) Para poder realizar estos análisis es necesario que el laboratorio cuente con: balanza de humedad, balanza analítica, texturómetro, extractor de grasas, horno, centrifuga, rota vapor, material de vidrio, termómetros, (Uriel, 2012).

4.19. Potencial de Hinchamiento

El poder de hinchamiento es una medida del aumento en masa del almidón, no solubilizado, como consecuencia de la absorción de agua por los grupos hidroxilo de los polímeros de amilosa y amilopectina. El hinchamiento incrementa con el aumento de la temperatura, ya que a altas temperaturas sucede relajación progresiva de las fuerzas de enlace dentro del gránulo, lo que implica aumento del potencial de hinchamiento al elevar la temperatura, (Correa, Ciarfella, & Dorta, 2014).

4.20. Características que deben tener las harinas para ser consideradas aptas para elaboración de pan

Las características que se deberá tener en cuenta al momento de elegir la harina destinada para panificación será principalmente su contenido de gluten, ya que a mayor cantidad de gluten más fuerza y capacidad tendrá la masa de soportar la presión de gas que genera la fermentación, (Bravo, 2017).

Especificaciones de las harinas:

- **Harina con 9% de proteína:** harina suave o de repostería, posee pequeñas cantidades de proteína.
- **Harina entre 10 y 11% de proteína:** es harina panificable, es decir la harina perfecta para hacer pan.
- **Harina con 11% de proteína:** harina de fuerza, se utiliza para hacer masas de panadería enriquecida con azúcar y grasas, (Bravo, 2017).

4.21. Características que debe tener un buen pan

El pan debe pesar, aunque parezca que el pan pesado es más denso y difícil de digerir no es así, la corteza del pan deberá ser crujiente, su corteza color pardo y crujiente, debe mantener estas propiedades durante el tiempo que el pan este fresco, las migas del pan debe tener agujeros grandes e irregulares y esta es quizás una de las características más definitorias del pan, el olor debe ser el característico del mismo, (Muñoz, 2016).

V. Hipótesis

Al menos una de las tres variedades (Metro, Actrice y Desiree) de papa en los diferentes niveles de inclusión de 10, 20 y 30% puede sustituir parcialmente la harina de trigo para la producción de pan.

VI. Diseño metodológico

6.1. Ubicación del estudio

El presente estudio se desarrolló en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino (UNI-RUACS), ubicado en la ciudad de Estelí, Nicaragua. Se consideró este laboratorio, ya que presta las condiciones para realizar las diferentes pruebas requeridas.

6.2. Tipo de investigación

La investigación es experimental porque consiste en el desarrollo de productos (pan), realizando el control de diferentes variables con el fin de comprobar si las harinas de papa resultan favorables como sustitutas parciales a la de trigo en la elaboración de pan.

A su vez es una Investigación retrospectiva, como es mencionado por Piñero (2014), dado que el fin es el desarrollo de un tema para probar la hipótesis planteada en el mismo (Piñero, 2014).

Es cualitativa porque se muestran las evidencias como fotografías, entrevista y análisis hechos durante la ejecución, (Vélez, 2008).

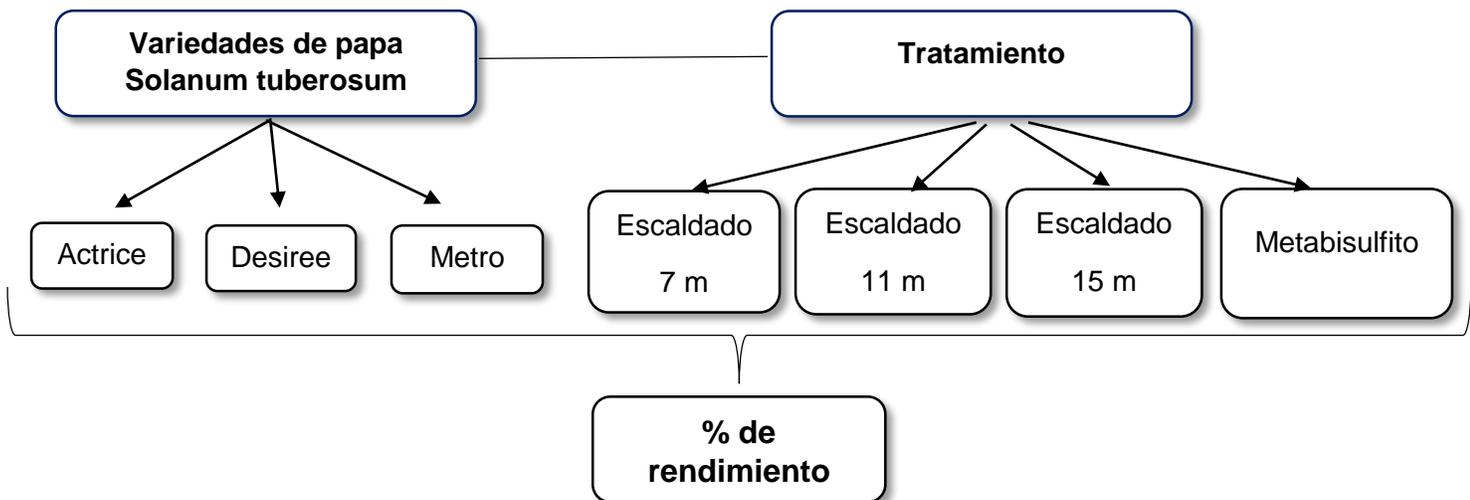
Es de tipo cuantitativa porque los datos de las evaluaciones son analizados a través de comparaciones de promedios, se determinarán costos de producción, (Salas, 2011)

6.3. Diseño experimental

El presente estudio contempla un diseño experimental bifactorial, ya que, se presentan resultados influenciados por dos factores diferentes el modelo que se ajusta es: $y_{ijr} = m + a_i + b_j + (ab)_{ij} + u_{ijr}$

A continuación se muestran las variables identificadas en el proceso.

6.3.1. Identificación de variables.



6.3.2. Descripción del diagrama de variables.

Las variables de papa utilizadas para la producción de harina fueron Actrice, Desiree, Metro fue necesario identificar diferencias entre cada una de las variedades que influyeran en el rendimiento, así como también cada uno de los tratamientos aplicados en función de inhibir el pardeamiento enzimático.

Con ese objetivo se realizaron diferentes pruebas de las cuales se obtuvieron datos que posteriormente fueron procesados el software estadístico infostad.

6.4. Parámetros utilizados para la producción de la harina de papa.

6.4.1. Análisis de determinación de Humedad de las variedades de papa

La humedad es un factor influyente en el rendimiento de la papa para la producción de harina, de ahí la importancia de su valoración, determinar el porcentaje de humedad de la papa permite saber cuál de las 3 variedades trabajadas tiene menor contenido de humedad, por ende, mayor rendimiento.

El proceso de experimentación para la determinación del porcentaje de humedad (método de secado por estufa) consistió en tomar 5 hojuelas de papa para cada variedad, posteriormente colocadas en un secador, sobre platos Petri, durante un tiempo constante de 24 horas a una temperatura de 60C. Luego las muestras fueron pesadas, consecutivamente se colocaron en un recipiente con silica con el

fin de eliminar la humedad obtenida del ambiente, seguido se introdujeron al secador por 15 minutos para luego registrar el peso final seguidamente se aplicó las formulas requeridas para determinar el porcentaje de humedad.

6.4.2. Tiempo y temperatura de escaldado

Este parámetro se realizó con tres tiempos diferentes los cuales fueron 7 minutos, 11 minutos y 15 minutos a una temperatura constante de 100 °C, las pruebas se realizaron con el fin de determinar variación dependiendo de los distintos métodos utilizados para la producción de harina de papa.

6.4.3. Temperatura para el secado

La temperatura y el tiempo de esta son fundamentales en el proceso de secado en la cual luego de muchas pruebas se determinó la temperatura óptima de 75° a una hora de para un secado ideal de las hojuelas de papa

6.4.4. Granulometría

Las pruebas de granulometría se realizaron haciendo usos de los tamices marca ASTM con numeraciones 35, 50, 80, 120 y 230 con la agitación mecánica durante un tiempo de 10 minutos. Las pruebas se hicieron de manera triplicada para luego determinar la variación existente en cada prueba las cuales se realizaron con una muestra inicial de 300 gramos por prueba, los resultados obtenidos se describen posteriormente, (Ver Tablas 45, 46 y 47 en anexos 3).

Para la realización del análisis granulométrico se tomó en cuenta la normativa descrita en el *Codex alimentarius*. Método AOAC 965.22 (codex alimentarius, 2019)

6.4.5. Balance de materiales

Un balance de masa o de materiales es una secuencia de cálculos que permite llevar la cuenta de todas las sustancias que intervienen en un proceso de transformación, satisfaciendo la ley de la conservación de la masa, la cual establece que la materia se transforma, pero no se crea ni se destruye, (García R. , 2015).

Con la finalidad de conocer el rendimiento productivo de la papa en la elaboración de harina se empleó la metodología de balance de masa para cada variedad de

papa empleada, posteriormente se hizo una comparación y se determinó con cuál de las tres variedades se obtienen mejores resultados en términos de rendimiento.

Ecuación 1. Balance de masa global

$$Em = Pm + Sm$$

Em: Entrada de la materia

Pm: Proceso de la materia

Sm: Salida de la materia

6.4.6. Metodología para determinar la capacidad de retención de aceite y agua

La capacidad de retención de agua y aceite en este caso de harina de papa fue determinada de acuerdo por los métodos descritos por Jitngarmkusol, Honesuwankul y Tananuwong 0.2 gramos de muestra se mezclan con 2 gramos de agua o de aceite de soja (marca AMBAR), en tubos de centrífugas seguidamente las suspensiones son sometidas a agitación manual por un minuto, posteriormente los tubos se dejan en reposo por 30 minutos a temperatura ambiente, finalizado el tiempo de reposo las muestras se centrifugan a 3100 G a una temperatura de 10°C por un periodo de 25 minutos, el volumen del fluido sobrenadante se recolecta y se pesa para la realización del cálculo de la masa de agua y de aceite retenida por gramo de muestra y se realiza por triplicado (Jitngarmkusol, Hongsuwankul, & Tananuwong, 2008)

Ecuación 2. Determinación de absorción de aceite

$$CRO = \frac{miO - mOL}{mH}$$

Simbología

CRO = Capacidad de retención de aceites (g)

miO = masa inicial de aceite (g)

mOL = masa de aceite liberado (g)

mH = masa de harina (g)

El resultado obtenido de la ecuación será expresado en gramos de aceite retenido sobre gramos de harina.

6.4.7. Determinación de absorción de agua

La capacidad de retención de agua fue determinada por el método modificado de Sosulski y McCurdy (1987). Se agregaron 4 ml de agua destilada a 1 g de muestra en un tubo para centrífuga. Las dispersiones se agitaron durante 5 minutos y, posteriormente se dejaron reposar durante 30 minutos antes de ser centrifugado a 3000 G para 10 min. El sobrenadante se decantó, y la muestra se pesó. Las capacidades de absorción de agua fueron expresadas en gramos de agua retenida por gramo de muestra (en base seca) se relaciona con el balance hidrofílico de las proteínas presentes en la mezcla, el cual cambia en función del grado de desnaturalización de las mismas. Este experimento se realizó en triplicando y los datos se muestran en Tabla 42,43 y 44 en anexo.

Ecuación 3. Determinación de absorción de agua

$$CRA = miA - mAL/mH$$

Simbología

CRA = Capacidad de retención de agua (g)

miA = masa inicial de agua (g)

mAL = masa de agua liberada (g)

mH = masa de harina (g)

6.4.8. Densidad aparente

La densidad aparente es la relación entre la masa de la harina y el volumen que ésta ocupa. Posterior a la etapa de molienda, la harina adquiere características por la distribución estructural de sus partículas, las cuales dejan espacios entre sí creando poros internos o externos, en mayor o menor medida según el tipo de equipo empleado y su eficiencia.

Para llevar a cabo el cálculo de la densidad aparente de la harina de papa, se empleó un método sencillo empleando una probeta de con un volumen de 100 mL

y una balanza analítica. Se dispuso a llenar la probeta con la cantidad de harina necesaria posteriormente se dieron golpes leves y continuos a fin de lograr compactación. Se realizaron muestras en triplicado para cada uno de los tratamientos aplicados a las tres variedades de papa.

Los datos obtenidos fueron sustituidos en la fórmula de densidad la cual sugiere que la densidad es igual a la masa sobre volumen.

El volumen se utilizó como constante para calcular la densidad aparente de cada muestra para las tres variedades de harina de papa.

6.4.9. Costo de producción de la harina de papa

Los costos de producción es el gasto económico que representa la fabricación del producto de la harina de papa, al determinar el costo de producción se puede establecer una guía en base a rentabilidad, el costo de producción está formado por el precio de la materia prima, mano de obra directa empleada, y costos de equipos y materiales.

Como referencia para determinar los costos de producción se toman los datos de rendimiento de los balances de materia.

- **Costo primo:**

Ecuación 4. Calculo de los costos primos

$$CP = MP + MD + MOD$$

Donde:

MP: Materia prima

MD: Material directo

MOD: Mano de obra directa

- **Costo de conversión:**

- **Ecuación 5.** Calculo de los costos de conversión

$$CC = MOD + CIF$$

Donde:

MOD: Mano de obra directa

CIF: Costos indirectos de fabricación

- **Costo total:**

Ecuación 6. Calculo de los costos totales

$$CT = CD + CI$$

Donde:

CD: Costos directos

CI: Costos indirectos

Costos indirectos:

Ecuación 7. Calculo de los costos indirectos

$$CI = CF + GO$$

Donde:

CF: Carga fabril

GO: Gastos de operación

- **Punto de equilibrio:**

Ecuación 8. Punto de equilibrio

$$PE = \frac{CF}{P - CV}$$

Donde:

CF: Costos fijos

P: Precio unitario

CV: costos variables unitarios

6.4.10. Metodología de elaboración del pan

Tabla 7. Diseño metodológico del proceso de elaboración de las muestras de pan

Ingrediente	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Testigo
	10%	20%	30%	0%
Harina de papa	45.4	90.8	136.2	0
Harina de trigo	408.6	363.2	317.8	454
Agua	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml
Sal	15 g	15 g	15 g	15 g
Margarina	200 g	200 g	200 g	200 g
Azúcar	45 g	45 g	45 g	45 g
Huevo	1 unidad	1 unidad	1 unidad	1 unidad
Levadura	5 g	5 g	5 g	5 g

6.4.11. Metodología del Análisis sensorial

Como métodos se implementa todas las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos. Dicho de otro modo, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia prima. Este tipo de análisis comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los potenciales efectos de desviación que la identidad de la marca y otras informaciones pueden ejercer sobre el juicio del consumidor. Es decir, intenta aislar las propiedades sensoriales u organolépticas de los alimentos o productos en sí mismos y aporta información muy útil para su desarrollo o mejora, para la comunidad científica del área de alimentos y para los directivos de empresas, (García M. , 2014).

6.5. Certitud metodológica

En la siguiente tabla se presenta detalladamente las variables que serán determinadas en la presente investigación, al igual las herramientas y métodos que serán utilizados.

Tabla 8. Certitud metodológica de la investigación

Objetivo General	Objetivo Específicos	Variables	Definición Teórica	Definición Operacional
<p>Evaluar la harina de papa producida de las variedades Actrice, Metro y Desiree en la sustitución parcial de la harina de trigo para la producción de pan, a escala de laboratorio</p>	<p>Describir el proceso tecnológico, para la producción de harinas de papa a través de la definición de parámetros de proceso y balance de masa.</p>	<p>*Masa de MP *Masa de residuos *Masa de producto terminado.</p>	<p>Contabilidad de entradas y salidas de masa en el proceso o de una parte de éste.</p>	<p>Se pesa cada una de las materias, así como los residuos obtenidos en el proceso. Se aplicará la Ecuación general de balance de masa (ecuación 3 y 4).</p>
		<p>Temperatura de agua del escaldado</p>	<p>Su principal objetivo es inactivar enzimas, aumentar la fijación de la clorofila, busca la destrucción de enzima que afectan al color, sabor y contenido vitamínico.</p>	<p>entre 70 y 100°C</p>
		<p>Aditivos</p>	<p>Su principal objetivo es evitar el pardeamiento enzimáticos.</p>	<p>Se utiliza 1gramo por cada 1000 mililitros de agua</p>
	<p>Caracterizar las harinas de papa producidas a partir de las variedades Actrice, Metro y Desiree a través de análisis fisicoquímicos</p>	<p>Absorción de agua y Absorción de aceite</p>	<p>La capacidad de retención de agua, es la capacidad de retener agua a través de la formula $\text{gramos de agua} * \text{gramos de sustancia o con gramos de aceite} * \text{gramos de harina}$</p>	<p>Métodos de (Jitngarmkusol, Hongsuwankul, & Tananuwong, 2008) descrito en el acápite 7.5.5</p>

Objetivo General	Objetivo Específicos	Variables	Definición Teórica	Definición Operacional
		Densidad aparente	La densidad aparente es el cociente entre la masa de producto y el volumen aparente del mismo (volumen incluyendo los huecos entre los granos).	Ecuación 9. Densidad aparente $\rho_a = m/v$
		Potencial de hinchamiento	Es una medida del aumento en masa del almidón, no solubilizado, como consecuencia de la absorción de agua por los grupos hidroxilo de los polímeros de amilosa y amilopectina.	Ecuación 10. Potencial de hinchamiento $PH = \frac{Vf}{\text{peso de muestra (g)}}$ PH= potencial de hinchamiento. VF= valor final
		Humedad	La determinación de humedad es un paso obligado en el análisis de alimentos. Es la base de referencia que permite: comparar valores; convertir a valores de humedad tipo; expresar en base seca y expresar en	Método de secado por estufa. AOAC 925.10 (AOAC , 2016)

Objetivo General	Objetivo Específicos	Variables	Definición Teórica	Definición Operacional
			base tal como se recibió.	
	<p>Evaluar el nivel de aceptación de los panes elaborados con las mezclas de las harinas de papa y harina de trigo, a través de evaluación sensorial de la harina de papa para identificar el nivel de inclusión más adecuado y el desempeño de cada una de las harinas como sustitutas parciales de la harina de trigo</p>	<p>Nivel de aceptación en el producto terminado con sus niveles de inclusión.</p>	<p>Se realizará una prueba sensorial de aceptabilidad para evaluar color, sabor y aceptabilidad.</p>	<p>Se medirá el grado de aceptación del producto por medio de resultados del formato de análisis sensorial haciendo uso de análisis estadístico.</p>

6.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico, a menudo, se utiliza para explorar los datos, por ejemplo, para examinar la distribución de valores para un atributo en particular o para encontrar valores atípicos (valores extremadamente altos o bajos). Contar con esta información es útil cuando se definen clases y rangos en un mapa, cuando se reclasifican dato o cuando se buscan errores.

Se realizó la aplicación de un análisis estadístico a través en los datos obtenidos por el panel de degustación lo cual suministró las bases para comparar criterios, referenciar o diferenciar opiniones significativas, permitió saber si el porcentaje de inclusión de la harina de papa para la elaboración de pan hizo que aspectos como: el sabor, olor, color sean percibidos diferentes por el panel de degustación basado

en las tablas de puntuaciones se supo el agrado o desagrado del producto ante los panelistas.

Se realizaron análisis de varianza, comparación de medias, en ese sentido, los datos de la investigación fueron procesados y analizados por medio de un software estadístico InfoStat ®, (Di Rienzo, y otros, 2018).

Para el diseño de graficas con los niveles de aceptación de los panelistas se utilizó el software SPSS (IBM Corp, 2016).

6.7. Actividades de por objetivos específicos

Objetivos 1: Describir el proceso tecnológico, para la producción de las harinas de papa a través de la definición de parámetros de proceso y balance de masa.

- Recolección de la materia prima para elaboración de harina.
- Se midió la temperatura del agua en grados Celsius en diferente proceso.
- Se determinó el rendimiento la masa de la materia prima, residuos y producto terminado por medio de un balance.

Objetivos 2: Caracterizar las harinas de papa producidas a partir de las variedades Actrice, Metro y Desiree, a través de análisis fisicoquímicos.

- Se midió la retención de agua, aceite y potencial de hinchamiento de harina en los distintos métodos.
- Se determinaron variables para medir el porcentaje de humedad, cenizas, proteína, materia seca y granulometría.
- Se elaboró pan con sus diferentes formulaciones con harina obtenidas de las tres variedades de papa.

Objetivos 3: Evaluar el nivel de aceptación de panes elaborados con mezclas de las harinas de papa y harina de trigo, a través de evaluación sensorial de la harina de papa para identificar el nivel de inclusión más adecuado y el desempeño de cada una de las harinas como sustitutas parciales de la harina de trigo.

- Se reunió a 10 estudiantes del recinto en el laboratorio de agroindustria de la UNI-RUACS.
- Se entregó la muestra correspondiente a las tres formulaciones elaboradas (10%, 20%, 30%) de las harinas de las tres variedades) donde se establecerá los parámetros de medición y observación de las características del producto terminado.
- Se midió el grado de aceptación del producto por medio de resultados del formato de análisis sensorial haciendo uso de análisis estadístico.

VII. Análisis y discusión de resultados

En este ítem se encuentran los resultados obtenidos y su análisis durante el transcurso de la realización de las distintas pruebas, de acuerdo a los objetivos planteados en el documento donde se presentan la caracterización de las variedades en cuanto a determinación de, humedad y materia seca. Análisis a las harinas realizadas de papa y finalmente la aceptación del producto hecho a base de la harina de papa, la evaluación de los panelistas en cuanto a los aspectos sensoriales de cada variedad, materiales que se utilizaron para elaborar la harina, proceso productivo detallado y propuesta de maquinarias a nivel industrial.

7.1. Descripción del proceso tecnológico, para la producción de las harinas de papa.

7.1.1. Producción de la harina de papa

La producción de las harinas se realizó con las variedades Metro, Desiree y Actrice producidas por los productores de la comunidad de los Jobos departamento de Estelí.

Posteriormente se diseñó el diagrama a seguir para la elaboración de las harinas donde se contemplan los parámetros y operaciones en las experimentaciones varias. Ver figura 5 y 6.

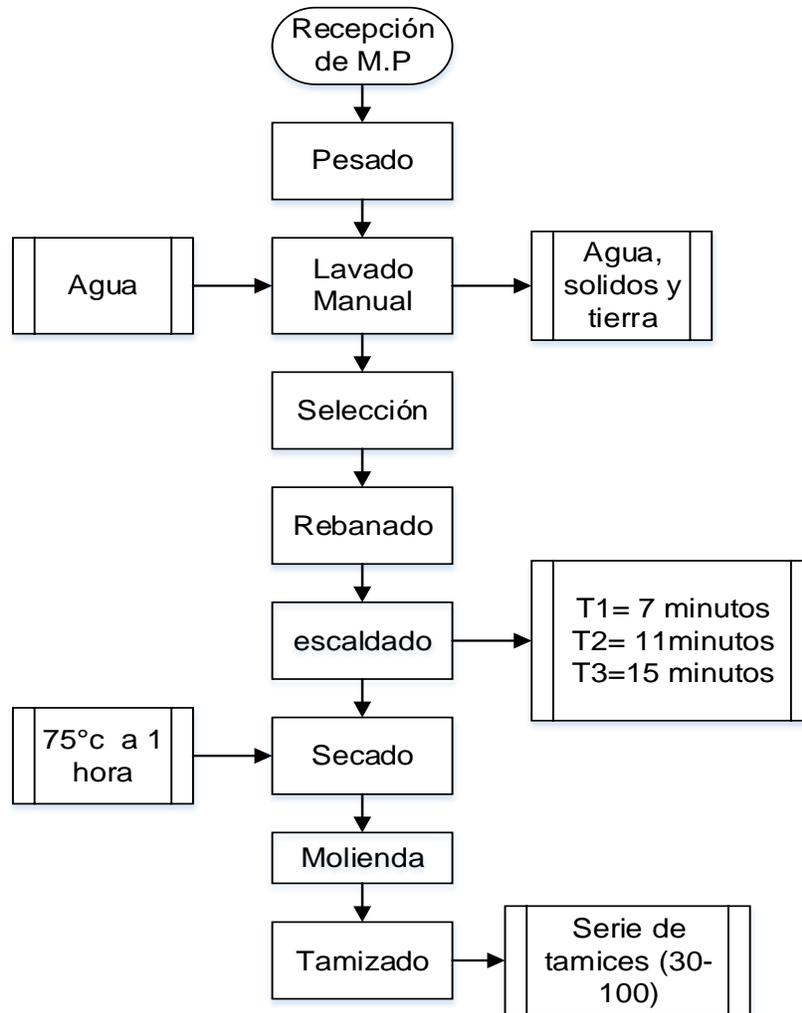


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de papa método de escaldado.

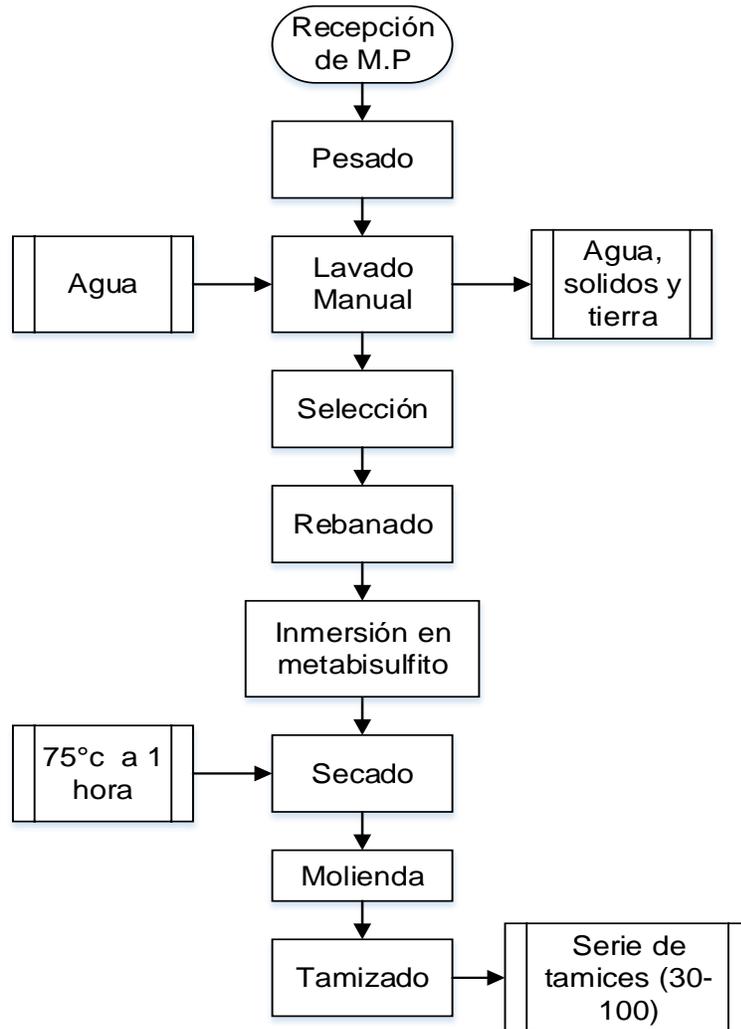


Figura 6. Diagrama de flujo para producción de harina de papa utilizando el método con metabisulfito

7.1.2. Descripción del diagrama de flujo

- **Recepción de materia prima:** La recolección de materia prima se obtuvo de productores de la comunidad Los Jobos, municipio de Estelí, donde se recolectaron las tres variedades requeridas.
- **Selección:** Se realizó la selección dando prioridad a las papas en buen estado, no se necesita un tamaño estándar de la papa para procesarla.
- **Lavado manual:** Las papas se lavaron para remover sólidos adheridos y para reducir el número microorganismos contaminantes.
- **Pelado:** El pelado (4542.855 g) se llevó a cabo en una mesa de acero inoxidable se realizó de manera manual con un pelador de papa, esto para evitar pérdidas y rendimiento a la hora de procesar (4205.75 g) esta materia prima. La cantidad media de residuo que se obtuvo fue de 337.5 g.
- **Rebanado:** El rebanado se realiza con la finalidad de reducir el tamaño del tubérculo de tal manera que el manejo y deshidratación puede ser más rápida. El grosor de las hojuelas oscila entre los 3 milímetros de diámetro
- **Escaldado:** Esta operación tiene la finalidad de evitar el oscurecimiento de la papa, propio de la actividad enzimática, de esta manera se obtiene un color estético en el producto final, además de ablandar las láminas para su fácil manejo. Se experimentó con diferentes tiempos de operación de 7, 11, 15 minutos para cada tratamiento en los cuales no se observó variaciones significativas.
- **Inmersión en metabisulfito:** Una vez realizado el rebanado se procede a formular concentración de metabisulfito al 1% (0.02kg) diluida en (20%) 2000ml de agua por 10 minutos. Esto para evitar el pardeamiento enzimático, ya que el oxígeno es un activador enzimático.
- **Secado:** Esta operación tiene como finalidad retirar la mayor cantidad de agua posible en los tubérculos. Se utilizó un horno industrial tomando en cuenta que este posee un sistema de ventilación forzada además de control de la temperatura. Se obtuvo una media en peso de las hojuelas de papa seca de 746.91g y se evaporó de 3458.84g de agua. Se colocan las hojuelas de papa dentro del horno a 75°C durante una hora, utilizando rejillas para

propiciar la circulación de aire garantizando un secado eficiente. Ver figuras 7 y 8.



Figura 7. Muestras de papas antes de realizar el secado



Figura 8. Muestras de papa después de realizado el secado

- **Molienda:** Se realizó en un molino de discos eléctrico con la finalidad de disminuir el tamaño de las partículas.
- **Tamizado:** Obtenidas las partículas de molido se procedió a pasar por una serie de tamices diferentes enumeraciones para obtener el tamaño de partículas necesarias.

7.1.3. Pruebas de humedad de las variedades de papa utilizadas

Tabla 9. Resultados de la determinación de humedad

Variedad	Humedad
Desiree	79.98± 6.1589%
Actrice	82.47± 6.7104%
Metro	79.28± 0.7744%

Se observó que el porcentaje de las papa se mantiene en rango estándar de humedad descrito por la ficha técnica de Agroplant (agroplant, 2019). El resultado que se obtuvo para la variedad Actrice con el mayor porcentaje de humedad 83.47% y la variedad Desiree y metro con un porcentaje de humedad similar de 79.98% y 79.28 %, respectivamente. Estos datos de humedad se encuentran en el rango encontrado para estas variedades en la bibliografía consultada y desde el punto de vista de procesamiento industrial los porcentajes de humedad encontrados para

estas variedades de papa las convierten en materia prima potencial para el procesamiento de harina.

7.1.4. Análisis determinación de materia seca.

Para determinar la materia seca se utilizaron los datos obtenidos en los análisis de humedad, donde al 100% se le resta la humedad obtenida dando como resultado la cantidad de materia seca que contiene cada una de las variedades de papa.

Se realizaron conversiones a fin de determinar cuál de las 3 variedades utilizadas es la que contiene mayor porcentaje de materia seca.

Tabla 10. Porcentaje de materia seca según la variedad evaluada

Variedad	Materia seca
Desiree	20.02%
Actrice	17.47%
Metro	20.72%

En la tabla 10 se puede observar que altos contenidos de materia seca son presentados por las variedades Desiree y Metro, y con menor contenido la variedad Actrice. Con el resultado obtenido es posible sugerir que las variedades seleccionadas para el presente estudio son aptas para producción de harina por su contenido de materia seca. En la investigación realizada por García, González y Benavente (2014), se reporta para las variedades granola y provento un contenido de materia seca de 18% y 14.2%, respectivamente; es decir, 6% menos de lo establecido para producir harina de este tipo, que es del 24% (J, Garcia-Jarquin, Gonzalez-Lindo, & Benavente, 2014). Esto indica que con estas variedades de papa nacional se puede producir harina pero con menores rendimientos de obtención del producto en comparación con empresas internacionales que ocupan otras variedades con mayor contenido de materia seca y menor humedad.

7.1.5. Balances de materiales

El balance de masa contempla el conteo de todos los materiales que entran en el proceso y las disminuciones que ocurren en el mismo, a fin de tener un dato de

cuanto se produce al final y de esta manera tener una referencia de la rentabilidad productiva. Los balances fueron aplicados para las diferentes variedades de papa, utilizando el tratamiento con Meta bisulfito. Los resultados obtenidos se presentan en las figuras 9, 10 y 11. El promedio de rendimiento fue de 17.58% para la variedad Desiree, 14.60% para la Actrice y la Metro con 16.75%. Se puede observar que el valor más alto le corresponde a la harina producida a partir de la variedad Desiree, no obstante los rendimientos son próximos para las tres variedades.

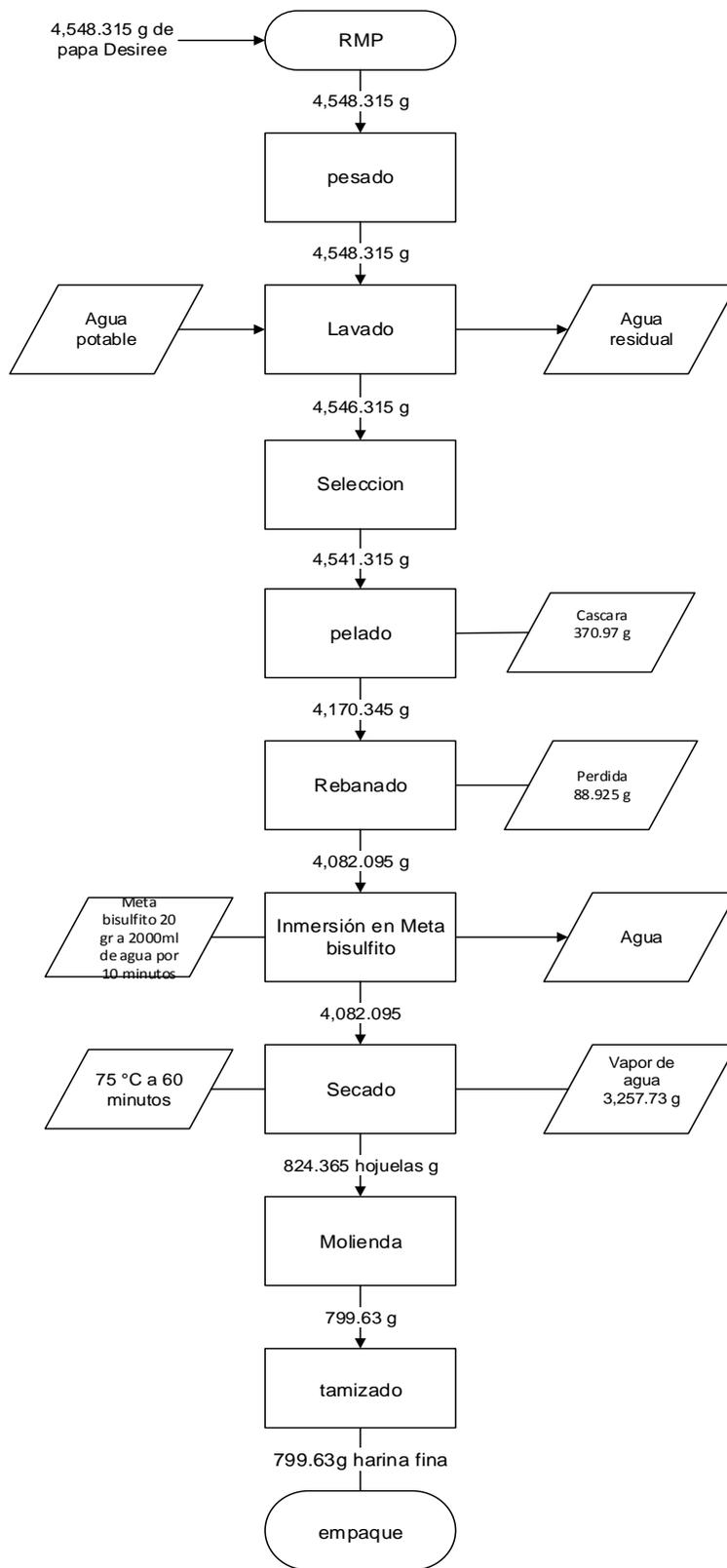


Figura 9. Balance de materia variedad Desiree

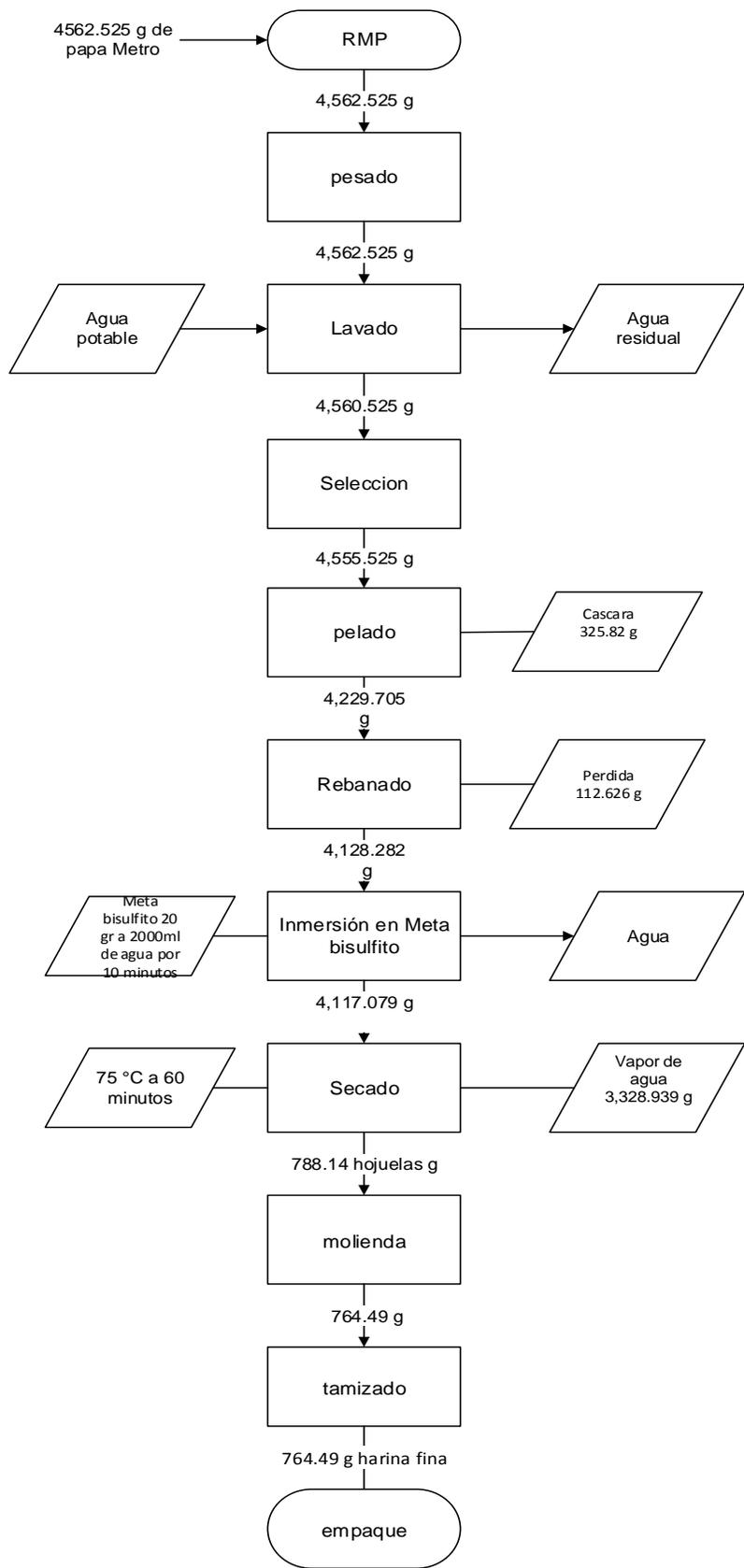


Figura 10. Balance de materia variedad Metro

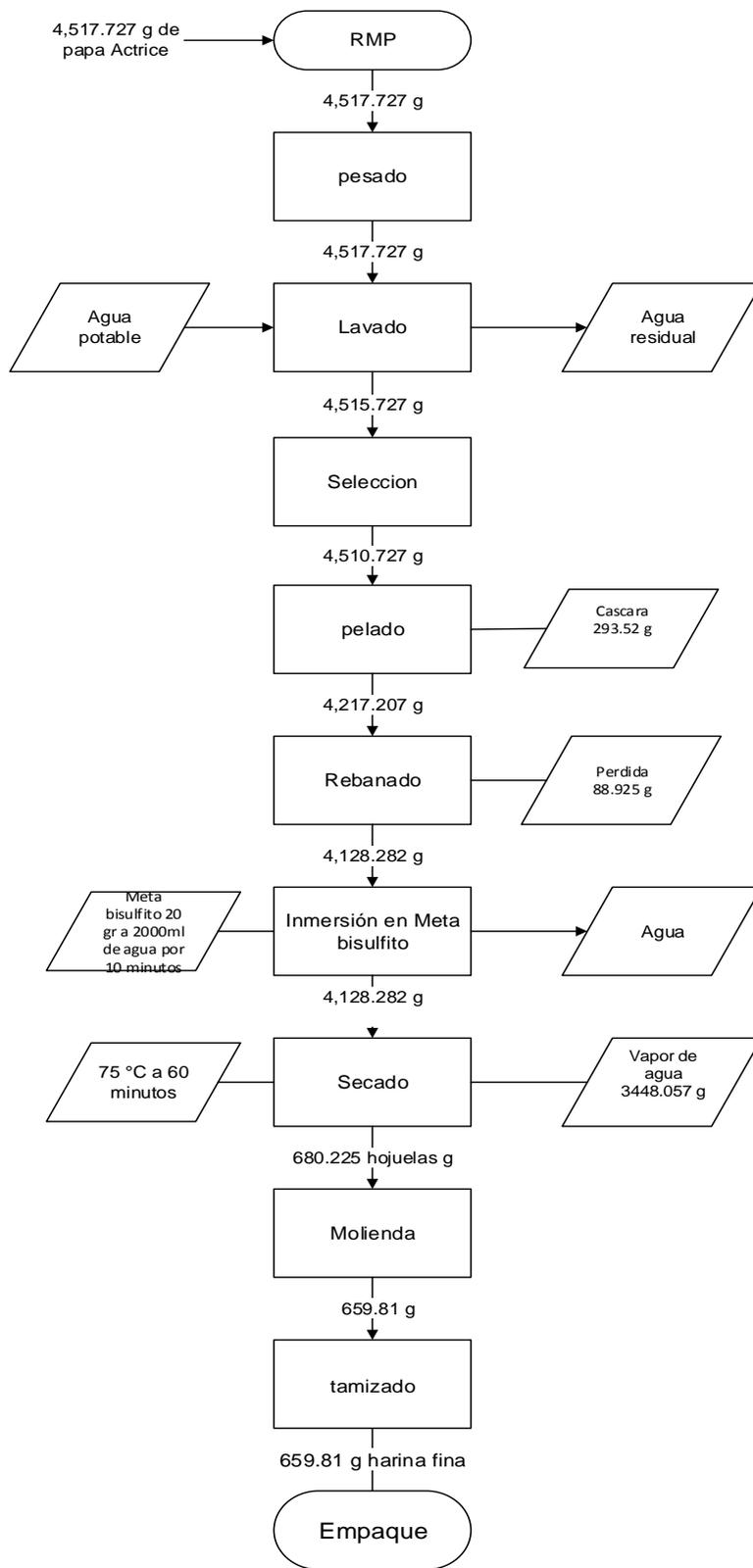


Figura 11. Balance de materiales de la variedad Actrice

7.2. Caracterización de las harinas de papa producidas a partir de las variedades Actrice, Metro y Desiree

7.2.1. Densidad aparente

La densidad aparente es la relación entre masa de muestra de harina de papa y su volumen, incluyendo la contribución del volumen del espacio vacío entre las partículas. En consecuencia, la densidad aparente se expresa en gramos por mililitro (g/ml) aunque la unidad internacional es kilogramo por metro cúbico (1 g/ml= a 1 000 kg/m³). Por lo tanto, como resultados las tablas 11, 12,13 muestra los valores de parámetros de calidad de la harina.

Tabla 11. Densidad aparente de la harina elaborada a partir de papa de la variedad Desiree

No de pruebas	Peso de la Muestra(g)	Densidad g/cm ³	Media	Desviación	CV
1	62.915	0.6533	0.6585	0.0057	0.8583
2	63.305	0.6574			
3	63.99	0.6645			

Tabla 12. Densidad aparente de la harina elaborada a partir de papa de la variedad Actrice

No de pruebas	Peso de la Muestra(g)	Densidad g/cm ³	Media	Desviación	CV
1	67.49	0.7008	0.7045	0.0047	0.6700
2	67.68	0.7028			
3	68.355	0.7098			

Tabla 13. Densidad aparente de la harina elaborada a partir de papa de la variedad Metro

No de pruebas	Peso de la Muestra (g)	Densidad g/cm ³	Media	Desviación	CV
1	71.12	0.7385	0.7475	0.0167	2.2360
2	70.98	0.7371			
3	73.835	0.7667			

Se observó que para cada muestra la densidad varía entre $0.6554 \pm 0.0056 \text{ g/cm}^3$ para la variedad Desiree, $0.7045 \pm 0.0047 \text{ g/cm}^3$ para la variedad Actrice y $0.7475 \pm 0.0167 \text{ g/cm}^3$ para la variedad Metro. Tal y como se muestra en la tabla 14 existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos para los grupos de muestras de cada variedad de papa evaluada en la prueba de densidad.

Tabla 14. Comparación de medias de resultados de pruebas de densidad aparente.

Variedad	Densidad Aparente
Desiree	0.66 ± 0.01 A
Actrice	0.70 ± 0.01 B
Metro	0.75 ± 0.01 C

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El tamaño de los gránulos incide directamente en las propiedades de harinas, así la densidad varía dependiendo de la formulación y esta depende sobre todo del tamaño de partícula. Se observa que el valor más alto es para la harina Metro. Los valores de densidad aparente encontrados se pueden justificar por el tamaño de partícula, donde el espacio entre partícula finas influye en la densidad de la harina. Este parámetro tiene relación directa con la concentración de hidratos de carbono y el tamaño de la partícula y a la vez es un índice de higroscopicidad por lo que es de esperar que los productos realizados con estas harinas sean ávidos para captar moléculas de agua. Estudio realizado por Manobanda-Cunalata (2017) reportó densidad aparente de 0.72 g/cm^3 para la harina de papa. El autor determinó en el mismo estudio que harinas elaboradas a partir de amaranto, chocho, garbanzo y arroz presentan valores de densidad aparente en los rangos de 0.37 de 0.76 g/cm^3 (Manobanda-Cunalata, 2017).

7.2.2. Granulometría

Las propiedades del sistema de partículas de la harina dependen en gran medida de su distribución de tamaño de partículas, esencialmente tras la molienda. El conocimiento de esta distribución es fundamental para el análisis del manejo, procesamiento y funcionalidad del producto final.

Basado en la información descrita en el *Codex Alimentarius* y tomando como referencia la harina de trigo para una comparación con la harina de papa, se obtuvieron los datos a través de la aplicación del método AOAC 965.22, método usado para la determinación del tamaño de las partículas de las harinas usando el tamizado.

Según el Codex el tamaño de partículas de la harina de trigo debería de ser en torno de 212 micras, el 98% de la harina debería pasar por el tamiz 70. Comparando lo que describe esta norma con los resultados de las pruebas de granulométricas de la harina de papa se logran resultados cercanos al establecido por el Codex para harina de trigo, el 74.44% de la harina de papa paso por el tamiz 70. Este resultado se justifica por el tipo de molino usado para producir la harina de papa, ya que todas las hojuelas de papa son aprovechadas para ser transformadas en harina, no obstante, el molino usado no tiene la eficiencia adecuada para reducir las partículas, como lo haría un molino especial de rodillos para harinas. Como resultado se obtiene una granulometría promedio de 0.0915 mm. El coeficiente de variación de las pruebas realizadas triplicadamente es de 0.3504 lo cual significa que no existe variación significativa entre los resultados obtenidos de los tres análisis ya que todos arrojaron resultados muy similares demostrados con el coeficiente de variación mínimo existente. Ver anexo 3



Figura 12. Tamices para clasificación granulométrica



Figura 13. Clasificación granulométrica de la harina de papa obtenida

7.2.3. Capacidad de retención de agua y aceite

La determinación de la capacidad de retención de agua y de aceite es fundamental siendo un factor importante en la calidad del producto final puesto que son estos parámetros los que aportan características particulares, también proporcionan una indicación de la viscosidad y elasticidad de una harina de buena calidad para elaboración de pan. Se realizaron pruebas para cada una de las variedades con cada uno de los tratamientos y los resultados se encuentran expresados en las siguientes tablas respectivamente.



Figura 14. Muestras de harina de las tres variedades



Figura 15. Muestra de harina con mayor capacidad de retención de aceite

7.2.3.1. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua está relacionada a la gelatinización de los almidones presente en la harina papa, que produce una absorción del agua en la harina, es un factor importante para la textura del pan elaborado con las harinas generada.

Tabla 15. Capacidad de retención de agua de la harina de papa de la variedad Desiree

No de pruebas	Peso del tubo (g)	Masa harina (g)	Masa agua (g)	Drenado sólido (g) + tubo	Masa de agua retenida (g)	CRA g de agua/g de materia-prima	Media	DE	CV
1	10.05	1.08	4.07	15.22	4.07	3.74	3.62	0.11	2.94
2	10.00	1.01	4.13	14.66	3.63	3.57			
3	10.02	1.13	4.02	15.18	4.02	3.55			

Tabla 16. Capacidad de retención de agua de la harina de papa de la variedad Actrice

No de pruebas	Peso del tubo (g)	masa harina (g)	masa agua (g)	Drenado sólido (g) tubo	Masa de agua retenida (g)	CRA g de agua/g de materia-prima	Media	DE	CV
1	9.98	1.31	4.14	15.43	4.14	3.15	3.32	0.18	5.49
2	9.96	1.18	4.16	15.31	4.16	3.51			
3	9.92	1.21	4.03	15.16	4.03	3.31			

Tabla 17. Capacidad de retención de agua de la harina de papa de la variedad Metro

No de Pruebas	Peso del tubo (g)	Masa harina (g)	Masa agua (g)	Drenado sólido (g) tubo	Masa de agua retenida (g)	CRAg de agua/g de materia-prima	Media	DE	CV
1	9.49	1.14	4.02	14.66	4.02	3.50	3.58	0.60	16.75
2	9.53	1.36	4.13	15.03	4.13	3.03			
3	9.62	1.05	4.46	15.14	4.46	4.22			

La CRA es la capacidad de retención de agua que se refiere a la capacidad que tienen las harinas o sus componentes a retener agua bajo ciertas condiciones, esta propiedad es usada para determinar su calidad y habilidad para formar una masa visco-elástica, la cual es esencial en la industria de los alimentos ya que determina las propiedades funcionales de las masas. Como se puede observar en las tablas 15, 16 y 17, la harina Desiree retiene (3.62 ± 0.11 g de agua/g de harina), el siguiente resultado fue la harina Actrice (3.58 ± 0.60 g de agua/g de harina) y la harina Metro (3.32 ± 0.18 g de agua/g de harina). Tales valores pueden deberse a la composición química de la papa y a la presencia de almidón, lo que puede generar que la harina pueda absorber el 100% del agua suministrada. Según (Liu, Joshi, & Sathe, 2015) quien realizó estudios para diferentes harinas, obtuvo resultados de (1.26 ± 0.06 g de agua/g de harina) para harina de arroz, (1.85 ± 0.18 g de agua/g de harina) para harina de trigo, además de harina de soya la cual presentó un valor más alto de

(2.97±0.02 g de agua/g de harina) en comparación a estos resultados se puede alegar que la retención de agua de la harina de papa se encuentra en rango mayor a estas harinas.

Tabla 18. Comparación de medias para valores de retención de agua de diferentes variedades.

Variedad	CRA
Desiree	3.62 ± 0.21 A
Actrice	3.58 ± 0.21 A
Metro	3.32 ± 0.21 A

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Como se muestra en la tabla 18 no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos para los grupos de muestras de cada variedad de papa evaluadas en las pruebas de capacidad de retención de agua.

7.2.3.2. Capacidad de retención de aceite

La capacidad de retención de aceite de las harinas de papa está relacionada con el sabor del pan elaborado, por ende, la importancia de su determinación.

Tabla 19. Capacidad de retención de aceite de la harina de papa de la variedad Desiree

No de Pruebas	Peso del tubo (g)	Masa harina (g)	Masa aceite (g)	Drenado sólido (g) + tubo	Masa de aceite retenida (g)	CRO g de aceite/g de materia-prima	Media	DE	CV
1	10.04	1.17	4.00	12.34	1.11	0.95	0.84	0.10	11.42
2	10.01	1.08	4.16	12.00	0.90	0.83			
3	10.08	1.20	4.29	12.19	0.90	0.76			

Tabla 20. Capacidad de retención de aceite de la harina de papa de la variedad Actrice

No de pruebas	Peso del tubo (g)	Masa harina (g)	Masa aceite (g)	Drenado sólido (g) + tubo	Masa de aceite retenida (g)	CRO g de aceite/g de materia-prima	Media	DE	CV
1	10.02	1.04	4.24	11.89	0.82	0.79	0.80	0.02	2.44
2	9.44	1.15	4.07	11.52	0.92	0.80			
3	9.93	1.18	4.13	12.09	0.97	0.82			

Tabla 21. Capacidad de retención de aceite de la harina de papa de la variedad Metro

No de pruebas	Peso del tubo (g)	Masa harina (g)	Masa aceite (g)	Drenado sólido (g) + tubo	Masa de aceite retenida (g)	CRO g de aceite/g de materia-prima	Media	DE	CV
1	9.49	1.05	4.11	11.43	0.89	0.85	0.85	0.04	4.63
2	9.92	1.12	4.14	12.06	1.00	0.89			
3	9.47	1.23	4.18	11.70	1.00	0.81			

Respecto a la capacidad de retención de aceite (CRO) de la harina de papa mostrada en las tablas anteriores, se observó que la harina Actrice retiene (0.85 ± 0.04 g de aceite/g de harina) la harina Desiree (0.84 ± 0.10 g de aceite/g de harina) y la harina Metro de (0.80 ± 0.02 g de aceite/g de harina), siendo significativamente diferentes de los resultados. La capacidad de retención de aceite de la harina puede estar relacionado a la estructura del almidón, presente en la composición de la papa. Joshi et al. (2015) reportaron para la harina arroz (0.75 ± 0.01 g de aceite/g de harina) y la harina de trigo (1.05 ± 0.12 g de aceite/g de harina), de esa manera es posible observar que la harina de papa se encuentra entre el rango reportado por el autor para las harinas de arroz y trigo (Liu, Joshi, & Sathe, 2015).

Tabla 22. Comparación de medias para valores de retención de aceite de diferentes variedades.

Variedad	CRO
Desiree	0.84 ± 0.04 A
Actrice	0.80 ± 0.04 A
Metro	0.85 ± 0.04 A

Como se muestra en la tabla 22 no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos para los grupos de muestras de cada variedad de papa evaluadas en las pruebas de capacidad de retención de aceite.

7.3. Evaluación sensorial de los panes elaborados con mezclas de las harinas de papa y harina de trigo

La evaluación sensorial se realizó con el fin de conocer las propiedades organolépticas del pan por medio de los sentidos. La evaluación sensorial para los panelistas fue innata ya que hicieron un juicio acerca de los productos, describiendo si les gustó o disgustó y reconociendo características como olor, sabor, color y textura. Este análisis fue de mucha importancia para el control de calidad y aceptabilidad del pan elaborado con harinas de papa. (Ver figuras de 20 a 35, en anexos).

7.3.1.1. Diagrama de proceso para la elaboración del pan

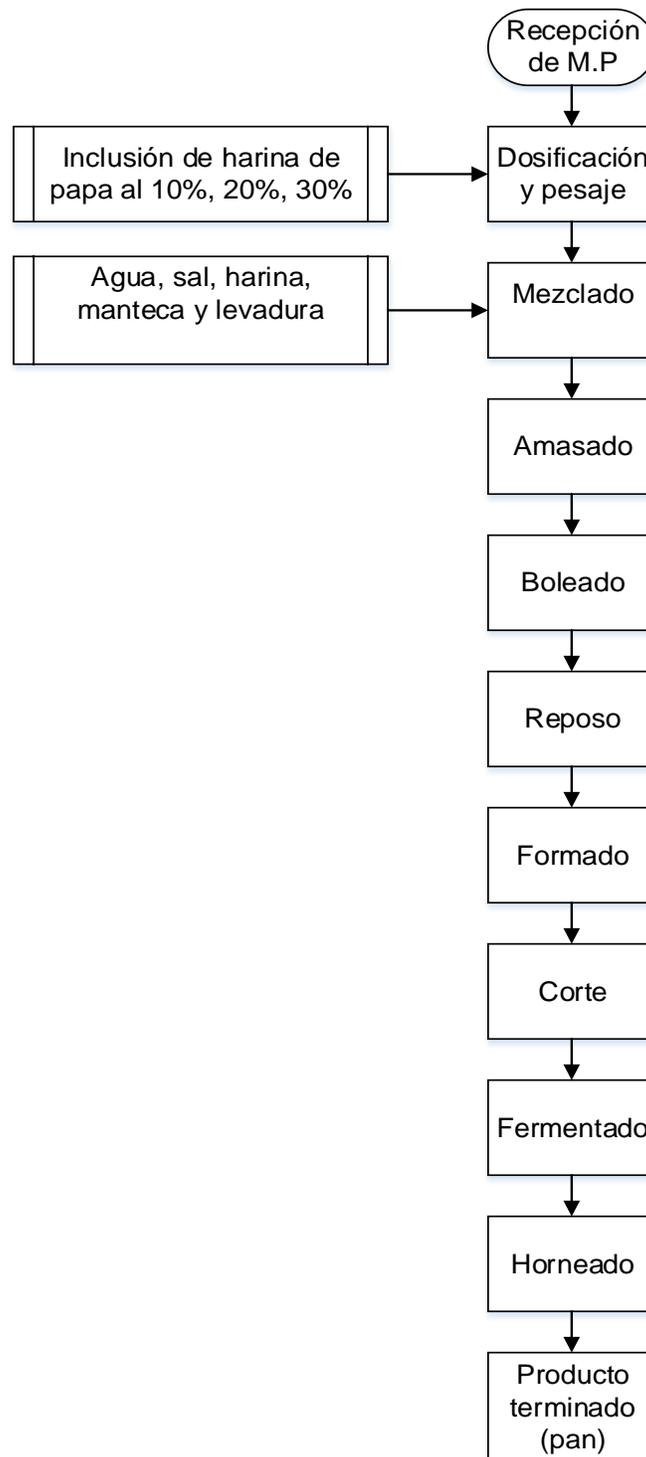


Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan

7.3.1.2. Proceso de elaboración del pan con sus niveles de inclusión

- **Recepción de materia prima:** se obtuvo la materia prima como harina de papa, harina de trigo levadura, huevo, azúcar, margarina, vainilla y agua.
- **Dosificación y pesaje:** se pesó la harina de trigo que se utilizó por cada prueba además de las harinas de cada variedad de papa las cuales variaban en los porcentajes 0%,10%, 20% y 30% en relación a la cantidad de harina de trigo utilizada.
- **Mezclado:** se mezclaron la harina de papa, harina de trigo, levadura, huevo, azúcar, margarina, vainilla y agua generando con la mezcla la masa del pan.
- **Amasado:** se amasó constantemente la mezcla hasta lograr una uniformidad. Esta operación dura aproximadamente 10 minutos. Sus objetivos son lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación.
- **Boleado:** Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división. Con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio. La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan (Mesas & Alegre, 2002).
- **Formado:** su objetivo es dar la forma que corresponde a cada tipo de pan. Si la pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma. Si la pieza es grande o tiene un formato especial suele realizarse a mano.
- **Reposo:** su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente en el propio obrador o mucho mejor en las denominadas cámaras de bolsas, en las que se controlan la temperatura y el tiempo de permanencia en la misma. se le dio un tiempo de una hora a la masa.

- **Horneado:** se procedió a colocar las bandejas de pan al horno por un tiempo de 35 minutos a 200 °C. Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza (Mesas & Alegre, 2002).
- **Textura pan:** el buen pan tiene varias características, la primera es la textura, con corteza dura y fina y que, al comerlo se precise menos saliva. Cuando el pan se ha fermentado en poco tiempo se deshace, se descortezas y se usa mucha saliva al tragarlo. La corteza ha de ser fina, algo cristalizada, rojiza y la miga amarillenta, con los alveolos (huecos característicos de las migas) desiguales y brillantes por dentro, ese es el buen pan, el pan neutro” (Bou, 2013).

7.3.1.3. Parámetros de calidad evaluada en los panes elaborados con harina de papa

7.3.1.3.1. Potencial de hinchamiento

En la harina de trigo, el gluten desarrolla un papel fundamental, ya que, se caracteriza por su elasticidad y su plasticidad lo que permite a la masa atrapar el dióxido de carbono que liberan las levaduras durante la fermentación.

El hinchamiento de gluten posibilita la formación de la masa. Cuanto más hinchado esté el gluten (amasado), mejores serán las propiedades de la masa: unión, elasticidad, tenacidad, capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas (Hinojosa Ramos , 2017).

Es verdaderamente difícil prescindir de la función del gluten en la producción de pan, de manera que la ausencia de esta red proteica en la harina de papa representa un factor influyente en el crecimiento de los panes elaborados con mayor porcentaje de inclusión tal y como se muestra en la tabla 23, donde se observa que existe una relación inversamente proporcional de la altura con el porcentaje de inclusión, es decir, que a mayor cantidad de harina de papa incluida menores datos de hinchamiento fueron obtenidos. Se observa en la figura 17 una menor altura en

porcentajes de inclusión de 30% como es el caso del pan elaborado con harina de papa Actrice, esto debido no a que tuvieron mayor potencial de hinchamiento, debido a la presencia de mayor cantidad de harina de papa, la cual posee menor potencial de hinchamiento.

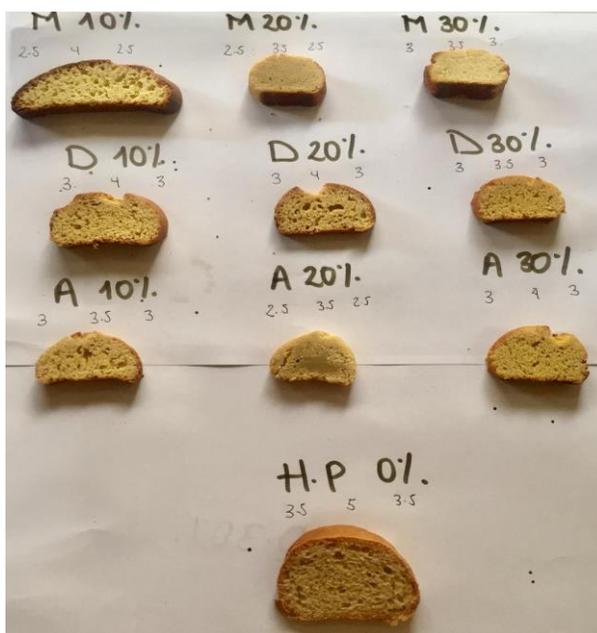


Figura 17. Hinchamiento obtenido en las muestras de pan

Tabla 23. Crecimiento obtenido a partir de las muestras de harina incluidas en la formulación

Formulación	Altura1 (cm)	Altura2 (cm)	Altura3 (cm)	Promedio
0%	3.5	5	3.5	4.00
Papa Metro 10%	2.5	4	2.5	3
Papa Metro 20%	2.50	3.5	2.5	2.83
Papa Metro 30%	3	3.5	3	3.16
Papa Desiree 10%	3	4	3	3.33
Papa Desiree 20%	3	4	3	3.33
Papa Desiree 30%	3	3.5	3	3.16
Papa Actrice 10%	3	3.5	3	3.16
Papa Actrice 20%	2.5	3.5	2.5	2.83
Papa Actrice 30%	3	4	3	3.33

El pan elaborado sin harina de papa obtuvo un mayor hinchamiento promedio de 4 cm. De las formulaciones sustituidas con harina de papa se obtuvo mayor potencial de hinchamiento en el pan elaborado con harina de papa de la variedad Desiree en las formulaciones de 10 y 20% de harina de papa, así mismo con el pan elaborado con la harina de papa de la variedad Metro, cabe recalcar que en el caso del pan de la harina de papa Actrice al 30% de inclusión obtuvo mayor altura al momento de formar el pan, pero no mayor potencial de hinchamiento después de la fermentación del mismo. Por lo cual se cumple que a menor % de inclusión de harina de papa mayor potencial de hinchamiento. En cuanto a la distribución de migas el pan que presentó mejor definición y características fue el elaborado con la variedad de papa metro con sustitución al 10%, el cual aumentó en altura y alargamiento dejando ver los agujeros característicos de las migas de un buen pan.

Los panes con menor potencial de hinchamiento fueron el pan elaborado con la sustitución de 20% de harina de papa de la variedad metro y el pan elaborado con la formulación de 20% de harina de papa Actrice, los cual presentaron menor potencial de hinchamiento y características en cuanto a la distribución de migas muy compactas casi inobservables al ojo humano.

7.3.1.3.2. Análisis de varianza de rendimientos en base a los diferentes tratamientos utilizados para la producción de harinas

En este análisis se pretendió determinar si existe variación de rendimiento con respecto a los distintos métodos utilizados para la producción de harina, tales como: tratamiento de Meta bisulfito y tiempos de escaldado de 7, 11 y 15 minutos, se realizó análisis de varianza con el test de Duncan a un nivel de significancia de 5% para identificar los tratamientos, los resultados obtenidos se muestran en las tablas 24, 25, 26 y 27.

Tabla 24. Tratamiento 1, método sin escaldar usando Metabilsulfito

Test: Duncan; Alfa=0.05

Variedades	Medias y Desviación
Actrice	16.09 ± 0.61 A
Metro	18.78 ± 0.69 B
Desiree	20.18 ± 0.45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En este tratamiento se muestra que de las 3 variedades evaluadas utilizando el método de tratamiento químico la variedad Actrice varió considerablemente teniendo un porcentaje menor de rendimiento.

Tabla 25. Tratamiento 2, método de escaldado a 7 minutos

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 1.2413 gl: 3

Variedades	Medias Y desviación
Actrice	14.91±0.49 B
Metro	17.71±0.32 A
Desiree	17.75±1.84 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En el método de producción de harina escaldado a 7 minutos existe variación de rendimiento con respecto a la variedad de papa Actrice.

Tabla 26. Tratamiento 3, método escaldado a 11 minutos

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.4512 gl: 3

Variedades	Medias y desviación
Actrice	14.26±0.49 A
Metro	16.84±0.91 B
Desiree	18.33±0.54 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En el tratamiento de escaldado a 11 minutos el rendimiento varía en menor cantidad para la variedad Actrice respecto a las otras variedades.

Tabla 27. Tratamiento 4 método de escaldado a 15 minutos

Test: Duncan Alfa=0.05 Error: 0.5644 gl: 3

Variedades	Medias y desviación
Actrice	17.5±0.69 A
Metro	18.05±0.94 A
Desiree	18.78±0.54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Se observa que para el tratamiento de escaldado a 15 minutos no existe variación en el rendimiento entre las tres variedades con respecto al tratamiento utilizado.

Resultados de variación de rendimientos por tratamientos

La harina resultante de la variedad de papa Actrice presentó variaciones en tres de los tratamientos se puede observar que el rendimiento para esta variedad fue menor en el tratamiento químico, el tratamiento de escaldado a 7 minutos y 11 minutos (anexos tabla 41). Los rendimientos bajos en la variedad de papa Actrice tienen relación a que presenta un menor índice de contenido de materia seca, la cual es aproximadamente de 18%. La variedad metro y Desiree no presentaron variaciones de rendimiento al momento de producir harina, independientemente del método utilizado, estas dos variedades de papa contienen alrededor de 20% de materia seca ambas (Ver tabla 41, 42 y 43 en anexos).

7.3.1.3.3. Análisis sensorial de las tres formulaciones

Para el análisis sensorial del pan se realizó con tres formulaciones (harina de papa al 10%, 20% y 30%), las cuales fueron degustadas para evaluar las características del producto. Las personas que llenaron este instrumento fueron estudiantes del Recinto Universitario UNI RUACS, por la facilidad en la selección de los panelistas, dado que poseen conocimientos técnicos necesarios acerca de evaluación sensorial de alimentos. (Ver anexo 4, hoja de análisis sensorial)

La prueba se analizó en un ambiente limpio, libre de malos olores y ruidos además con buena iluminación, los analistas no conocían la composición de los panes, se les sirvió las muestras en modo aleatorio para evitar los efectos del orden en la selección de la muestra y de esta manera poder combinar todos los órdenes

posibles, el panelista no probó todas las muestras en una sola sesión, para evitar el cansancio y distracción.

Antes de las críticas de cada panelista se les dio a entender el procedimiento y los cuestionarios para la degustación.

Los panelistas 10 analizaron 3 muestras de panes por cada harina de las diferentes variedades de papa con los niveles de inclusión (10, 20 y 30 %), además del testigo (que no contenía harina de papa en su formulación). Entre cada análisis se les brindó agua para limpiar el paladar. Los resultados de las percepciones de los panelistas con respecto a los diferentes atributos se muestran en las siguientes figuras.

Análisis sensoriales del pan de la harina obtenida de la variedad Actrice

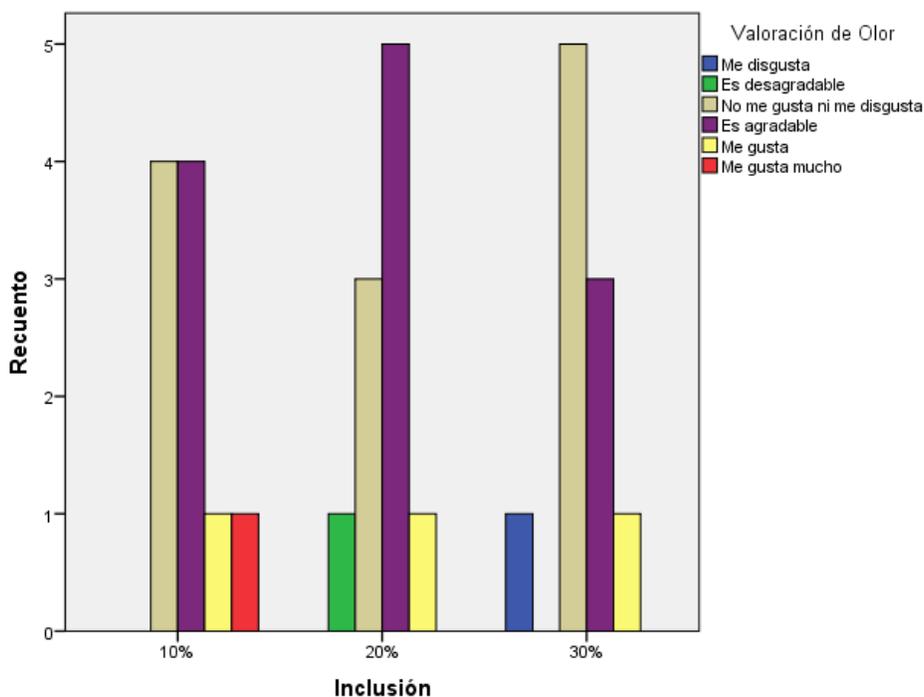


Figura 18. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Actrice, Atributo: Olor

En pan elaborado con la variedad de harina de papa Actrice en cuanto al atributo de olor presentó valoraciones mayores de “agradable” en las tres formulaciones. El resultado de la prueba de Chi cuadrado de Pearson muestra que las valoraciones

de los diferentes niveles de inclusión fueron relativamente similares para los tres niveles de inclusión (0.725, $p>0.05$) que puede observarse en la tabla 25.

Tabla 28. Pruebas de Chi-cuadrado de la variedad Actrice con respecto al atributo olor

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	Gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	7.000 ^a	10	.725
Pearson				
N de casos válidos		30		

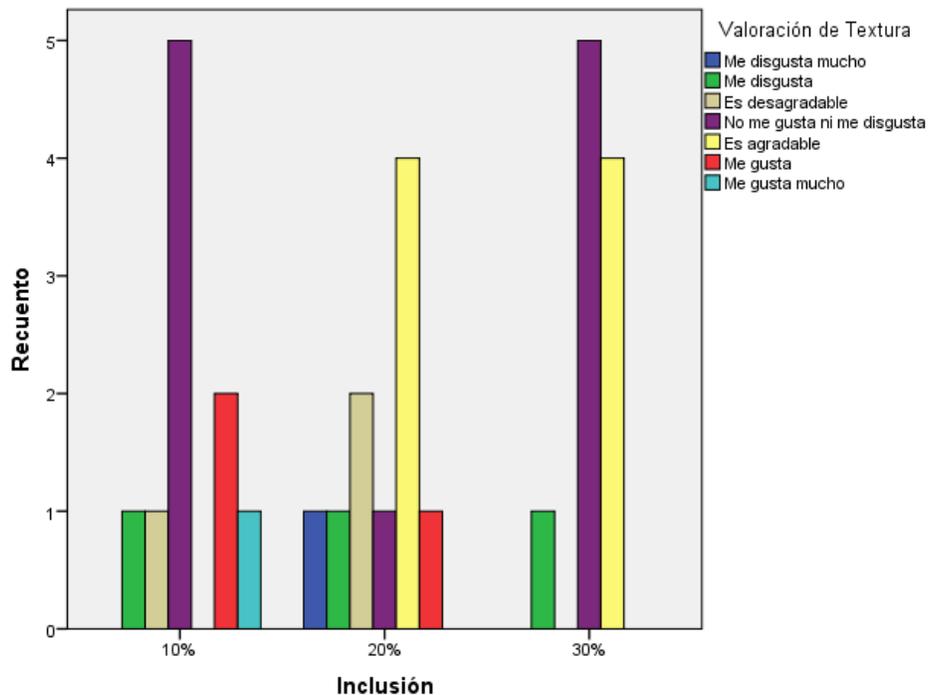


Figura 19. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Actrice, Atributo: Textura

Para el atributo de la textura del pan elaborado con la harina de la variedad de papa Actrice se obtuvieron en su mayoría calificaciones indiferentes de “no me gusta, ni me disgusta” y también de “agradable” para los niveles de inclusión de 20% y 30%, así como “me gusta” para el nivel de 10% de inclusión. Para los tres niveles de inclusión un panelista expresó que le disgustó.

El resultado de la prueba de Chi cuadrado de Pearson reflejado en la tabla número 26 muestra que el atributo textura obtuvo valoraciones similares para los tres niveles de inclusión $p > 0.05$.

Tabla 29. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Actrice con respecto al atributo textura

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson		14.909 ^a	12	.246
N de casos válidos		30		

El atributo del color para el pan elaborado con la harina de papa de la variedad Actrice obtuvo valoraciones en mayor proporción de “Es agradable” para los tres niveles de inclusión (Figura 20).

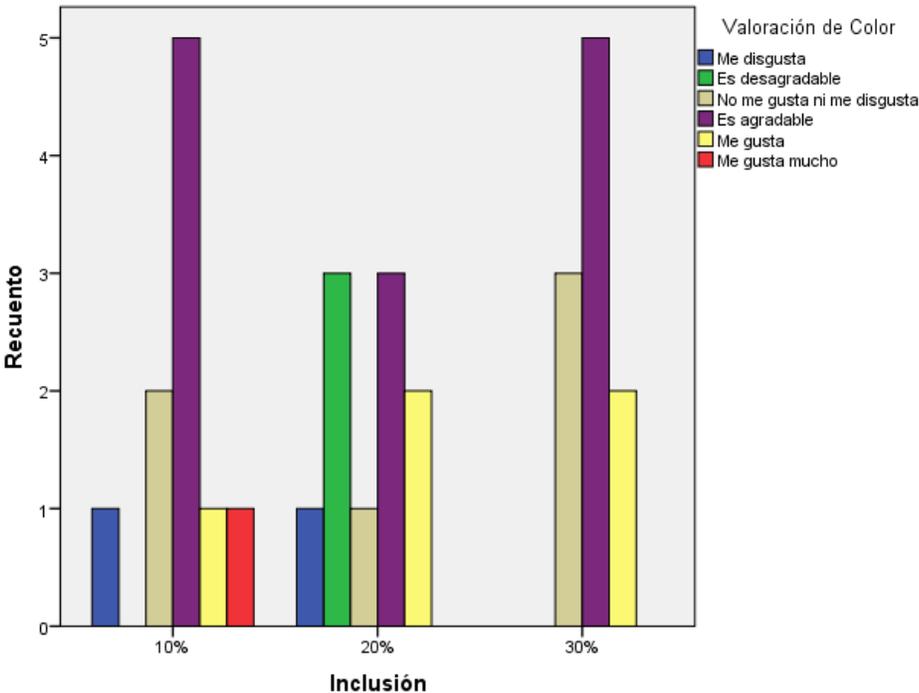


Figura 20. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Actrice, Atributo: Color

El resultado de la prueba de Chi cuadrado de Pearson reflejado en la tabla 27 muestra que el atributo del color obtuvo valoraciones similares para los tres niveles de inclusión $p > 0.05$

Tabla 30. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Actrice con respecto al atributo color

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	GI	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	11.015 ^a	10	.356
Pearson				
N de casos válidos		30		

La valoración del sabor para el pan elaborado con la harina de la variedad de papa Actrice fue evaluado por la mayoría de los panelistas como “no me gusta ni me disgusta”. Obtenido también valoraciones de “es agradable” y “me gusta” para los tres niveles de inclusión, (Figura 21).

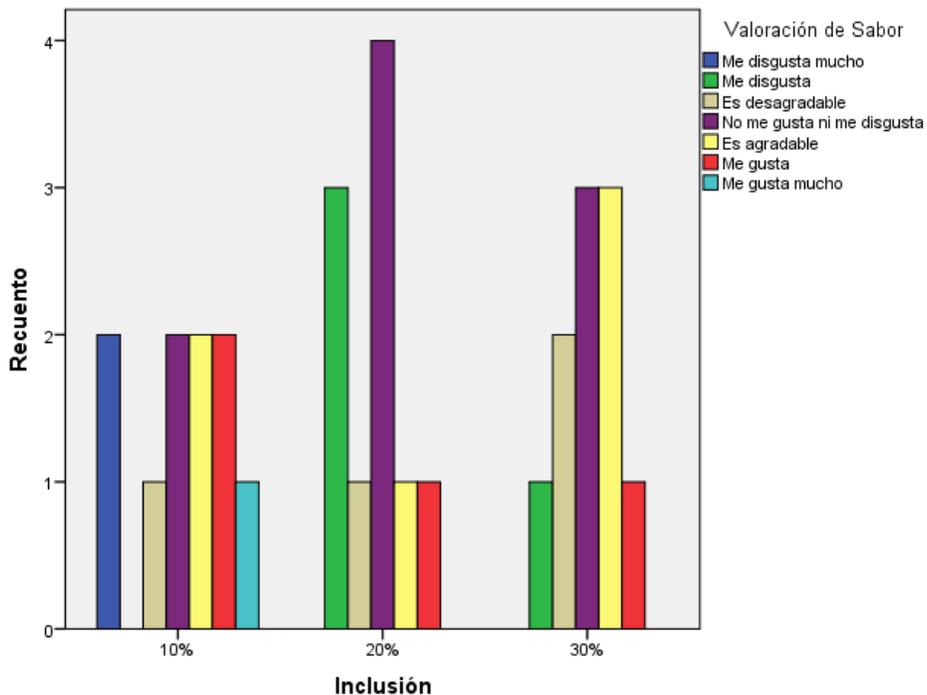


Figura 21. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Actrice, Atributo: Sabor

En la prueba de Chi cuadrado de Pearson corresponde a 0.432 e indica que las valoraciones obtenidas no presentaron diferencias significativas, $p > 0.05$. Dicho resultado se encuentra reflejado en la tabla 28.

Tabla 31. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Actrice con respecto al atributo sabor

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	Gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	12.167 ^a	12	.432
Pearson				
N de casos válidos		30		

Análisis sensorial del pan elaborado la harina obtenida de la variedad Desiree

Las valoraciones del pan elaborado con la harina de papa de la variedad Desiree en el atributo del sabor obtuvieron mayores calificaciones de no me gusta ni me disgusta para los tres niveles de inclusión (Figura 22).

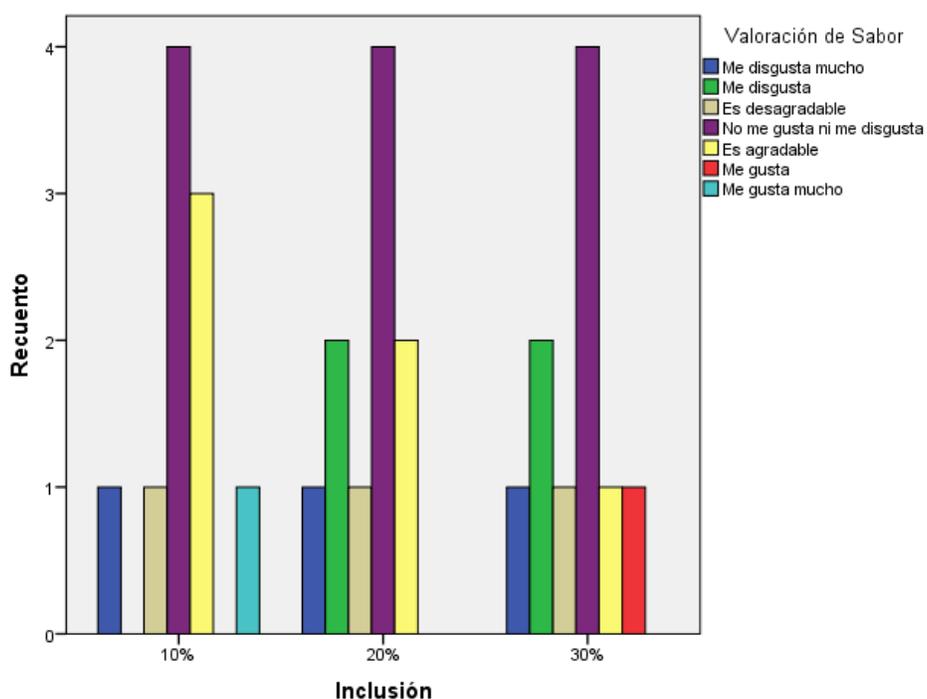


Figura 22. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Desiree, Atributo: Sabor

El resultado de la prueba de Chi cuadrado de Pearson corresponde a 0.858 e indica que las valoraciones obtenidas no presentaron diferencias significativas entre los tres niveles de inclusión $p > 0.05$, dicho resultado se encuentra reflejado en la tabla número 29

Tabla 32. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Desiree con respecto al atributo sabor

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	GI	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	7.000	12	.858
Pearson		a		
N de casos válidos		30		

El color en el pan elaborado con harina de papa de la variedad Desiree obtuvo valoraciones mayores en los tres niveles de inclusión neutrales de “no me gusta ni me disgusta” seguido de las valoraciones “es agradable” para los tres niveles de inclusión (Figura 23).

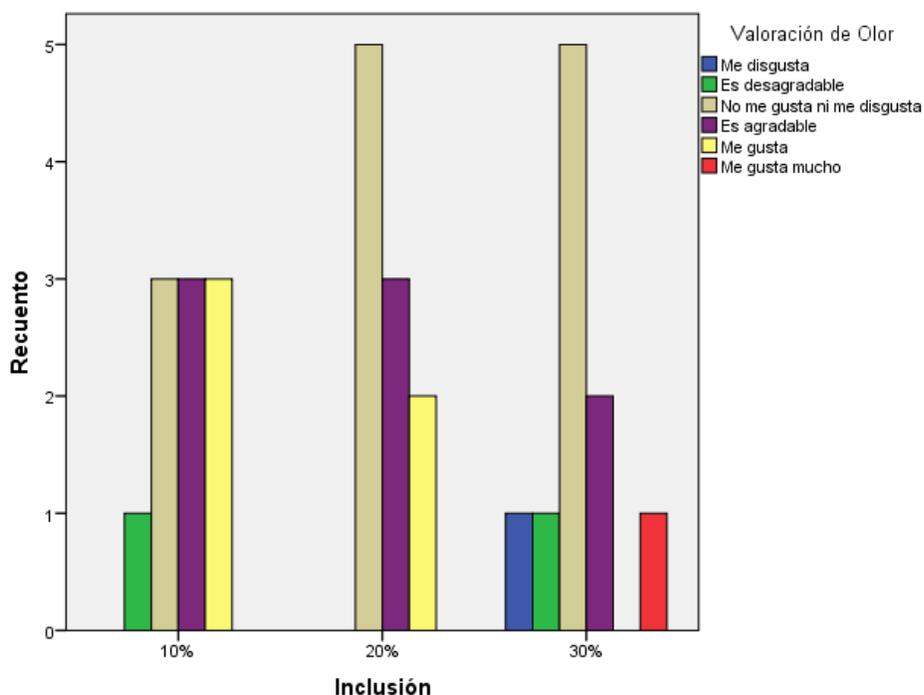


Figura 23. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Desiree, Atributo: Olor

El resultado de la prueba de Chi cuadrado de Pearson planteado en la tabla 30 muestra que los datos no tuvieron variaciones significativas entre los niveles de inclusión $p > 0.05$.

Tabla 33. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Desiree con respecto al atributo Olor

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	gl	Sig. Asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson		8.665 ^a	10	.564
N de casos válidos		30		

Para el atributo color del pan elaborado con harina de la variedad de papa Desiree en los niveles de inclusión de 10% y 30% se valoró de “agradable” por la mayoría de los panelistas, mientras que en el nivel de inclusión de 20% se valoró en su mayoría de “no me gusta ni me disgusta” (Figura 24).

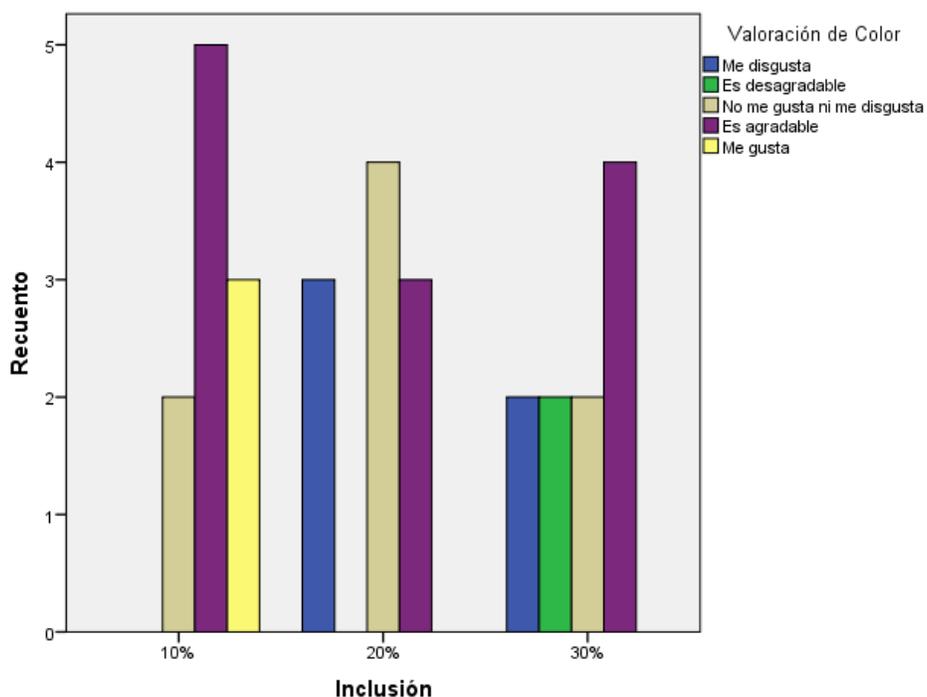


Figura 24. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Desiree, Atributo: Color

El resultado de la prueba de chi cuadrado de Pearson muestra que hay diferencias en las valoraciones entre los diferentes tipos de inclusión, $p < 0.05$.

Tabla 34. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Desiree con respecto al atributo Color

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	Gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	14.300 ^a	8	.074
Pearson				
N de casos válidos		30		

La textura en el pan elaborado con la harina de la variedad de papa Desiree obtuvo calificaciones en mayoría en “no me gusta ni me disgusta” para las tres variedades.

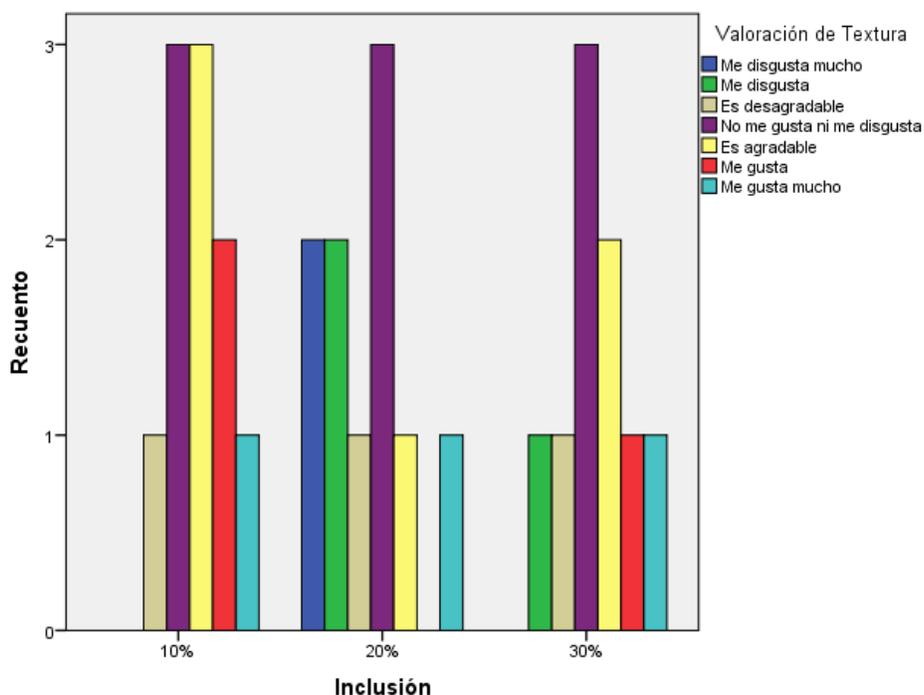


Figura 25. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Desiree, Atributo: Textura

Las valoraciones para las diferentes muestras no tuvieron variaciones significativas entre los diferentes niveles de inclusión tal y como se muestra en el resultado obtenido de la prueba de chi cuadrado de Pearson $p > 0.05$, ver tabla 32.

Tabla 35. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Desiree con respecto al atributo sabor

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	8.700 ^a	12	.728
Pearson				
N de casos válidos		29		

Análisis sensorial del pan elaborado a partir de la harina obtenida de la variedad Metro

Para el atributo color del pan elaborado con la harina de papa de la variedad metro se obtuvieron en su mayoría la calificación de “es agradable” para en nivel de

inclusión de 20% para los niveles de inclusión de 10% y 30% la calificación más alcanzada fue “no me gusta ni me disgusta” (Figura 26).

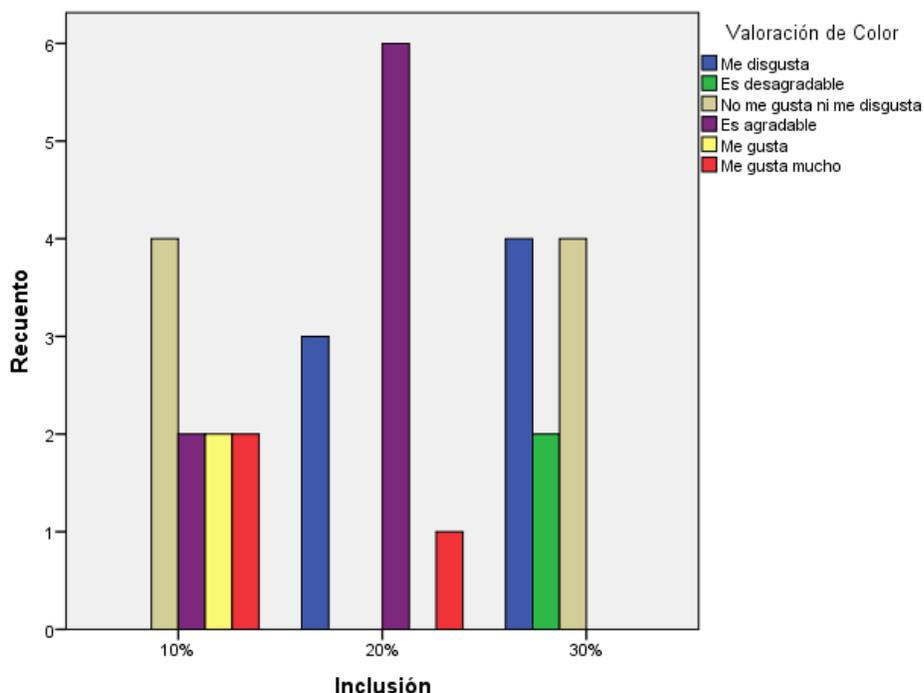


Figura 26. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Metro, Atributo: Color

El resultado de la prueba de Chi cuadrado de Pearson muestra que hay diferencias en las valoraciones entre los diferentes tipos de inclusión, $p < 0.05$ (ver tabla 36), por lo que se puede inferir que el tratamiento de 20 % de inclusión es el preferido por los panelistas en la valoración de este atributo.

Tabla 36. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Metro con respecto al atributo color

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	24.714 ^a	10	.006
N de casos válidos	30		

Para el atributo del olor en el pan elaborado con harina de papa de la variedad metro obtuvo mayores calificaciones de “me gusta” en el nivel de inclusión de 10% y “es agradable” para el nivel de inclusión del 20% y 30%, al igual se tuvieron valoraciones de “me gusta” mucho para los tres niveles de inclusión, como mostrado en la figura 27.

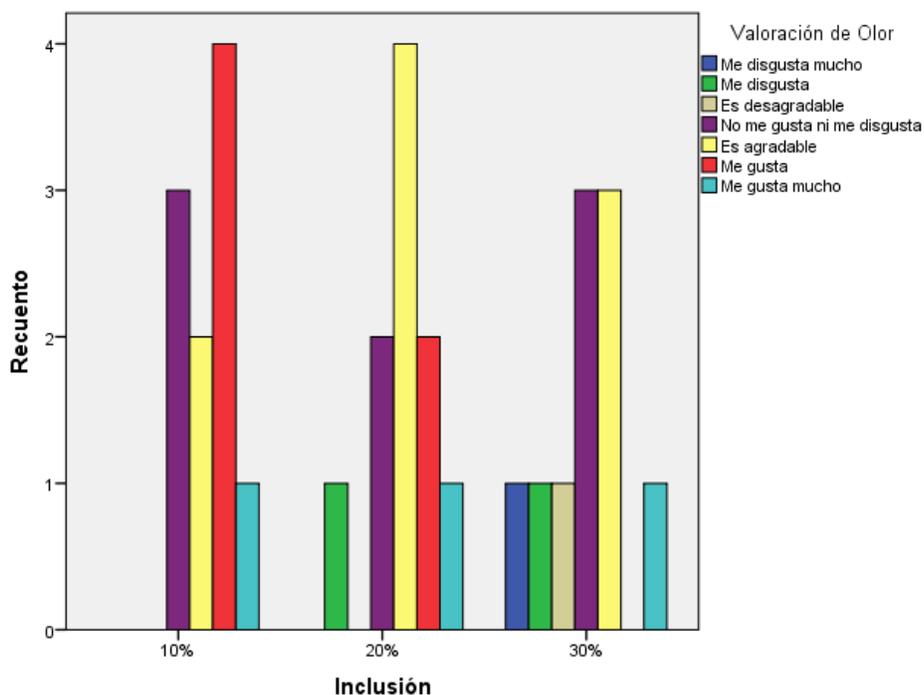


Figura 27. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Metro, Atributo: Olor

Según el resultado de la prueba de Chi cuadrado de Pearson los datos no son significativamente diferentes entre los niveles de inclusión $p > 0.05$, ver dato en la tabla 37

Tabla 37. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Metro con respecto al atributo olor

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	9.917 ^a	12	.623
Pearson				
N de casos válidos		30		

En la figura 28 es posible observar, que el porcentaje de inclusión del 10% es el que logra una mayor valoración de “Me gusta mucho” igualmente que el aspecto “Es agradable” con respecto a las demás valoraciones.

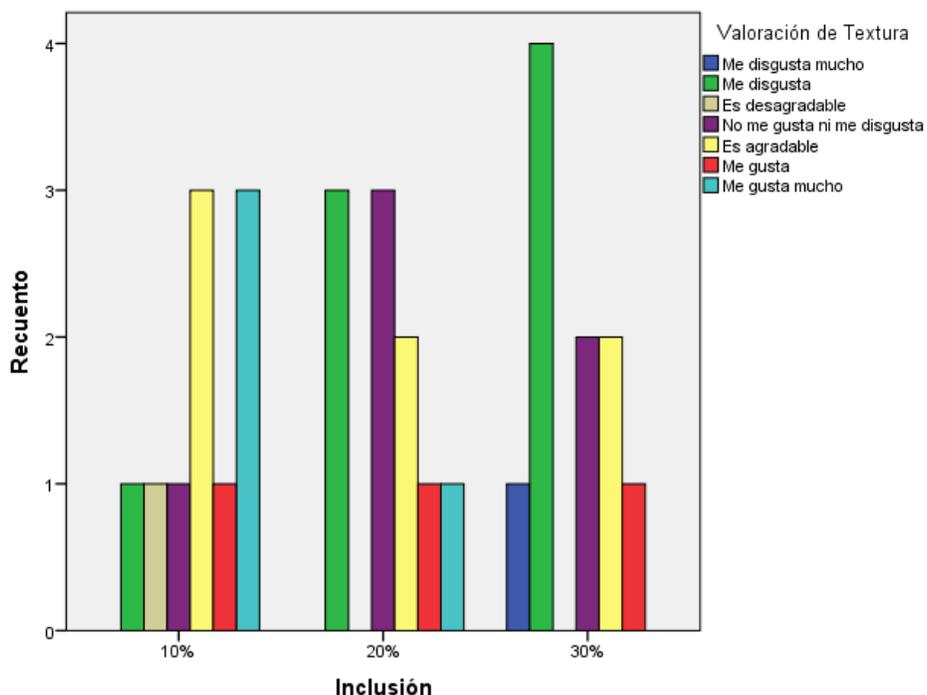


Figura 28. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Metro, Atributo: Textura

No obstante, al realizar la prueba de Chi-cuadrado se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, lo que podemos decir que la textura no se ve influenciada por el porcentaje de inclusión.

Tabla 38. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Metro con respecto al atributo textura

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	10.536 ^a	12	.569
Pearson				
N de casos válidos		30		

El atributo del sabor para el pan elaborado con la harina de papa de la variedad metro obtuvo valoraciones en su mayoría de “no me gusta ni me disgusta” para los tres niveles de inclusión, seguido de la valoración “es agradable” en los tres niveles de inclusión, como mostrado en la Figura 29.

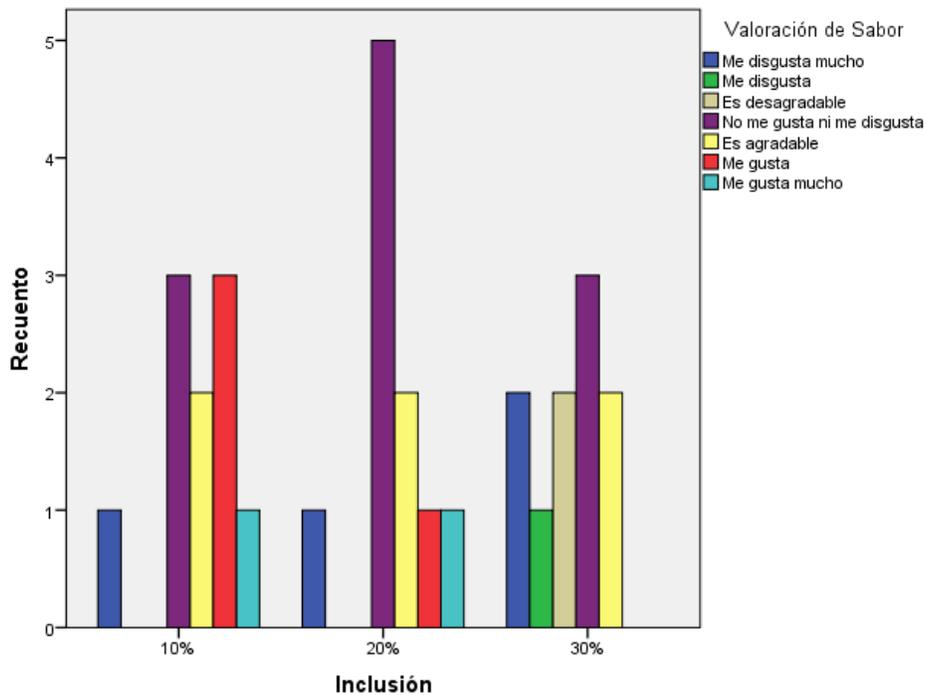


Figura 29. Valoración de diferentes niveles de inclusión de harina de papa variedad: Metro, Atributo: Sabor

Las valoraciones para las diferentes muestras no tuvieron variaciones significativas entre los diferentes niveles de inclusión tal y como se muestra en el resultado obtenido de la prueba de Chi cuadrado de Pearson $p > 0.05$ ver tabla 39.

Tabla 39. Pruebas de chi-cuadrada de la variedad Metro con respecto al atributo sabor

Pruebas de chi-cuadrado				
		Valor	Gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	11.72 ^a	12	.468
Pearson				
N de casos válidos		30		

Resultados y discusión de análisis sensorial

En base a los datos recolectados por medio del análisis sensorial y el procesamiento de los datos se demuestra que los panes mejor evaluados en cuanto a olor, sabor, textura y color fueron los elaborados con la harina de la variedad metro con el nivel de inclusión de 10% de harina de papa, estos datos se complementan con las características que se obtuvieron al realizar todas las muestras de panes la cual fue esta misma la que obtuvo la mejor apariencia visual e hinchamiento.

Se demostró que la sustitución parcial de la harina de trigo con harina por papa para la producción de pan logró tener resultados satisfactorios en cuanto a aceptación.

En relación a los niveles de sustitución de la harina de trigo con harina de papa se han realizado diversos estudios tales como; estudiantes de la universidad de Nariño, Colombia realizaron estudio basado en la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de papa de la variedad parda pastosa y recomienda niveles de sustitución menores a 30% debido que mayor cantidad de harina de papa presenta panes duros y pocos agradables para el consumo humano, los panes elaborados con harina de papa tienen mayor contenido proteico que el pan común elaborado con 100% harina de trigo. Como resultado se confirma la posibilidad de utilizar harina de papa como sustituto parcial de la harina de trigo en la industria panadera (Cerón, Hurtado, Osorio , & Buchely, 2010)

Estudio realizado sobre la influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de papa presenta como resultado que la harina compuesta de papa-trigo, con un grado de sustitución de 10%, presentó los resultados de peso, ancho y volumen más parecidos a la muestra de harina de trigo (Rodriguez, Lascano, & Sandoval , 2018)

Basado en los diferentes experimentos realizados se demostró que una sustitución de 10% de harina de trigo con harina de papa, es óptima para la elaboración de panes, ya que, con este porcentaje de sustitución se conservan las características esenciales para un buen pan.

7.4. Costos de producción

Costos de producción en base seis quintales de materia prima procesada

Tabla 40. Costos de producción de la harina

Materia prima		C\$
Papa		3000
Metabisulfito		237.6
Total		3238.6

Mano de obra directa		C\$
Salario		200
Total		200

Costos Indirectos de fabricación		C\$
Agua		30
Gas		100
Luz		10
Empaque		240
Total		380

Costo primo:		3438.6
Costo de conversión		380
Costo de Producción:	C\$	3,818.60

La determinación de costos de producción se contempla como la medición en términos monetarios, de la cantidad de recursos usados para el propósito de obtención de la harina de papa, como se muestra en la tabla 40 se tomó como referencia el procesamiento de seis quintales de papa más los costos fijos y variables involucrados, dando como resultado un costo de producción de C\$ 3,818.60. La producción de la harina de papa es costosa realizarla en condiciones artesanales ya que se duplica el costo en relación a la harina de trigo. Se propone el acopio de la papa en temporada alta de producción donde se encuentra en bajo costo, y así elevar el volumen de producción de harina.

A través del balance de materia se determinó un rendimiento promedio de 16.31% lo que infiere que el costo unitario del producto es de C\$ 31.81, dado que el costo de producción es para 120 libras de harina de papa metro.

VIII. Conclusiones

La producción de harina a partir de papa supone una idea innovadora en la tarea de proyectar propuestas que permitan diversificar los productos en la industria, no solo como una necesidad bajo la demanda del mercado, sino también con el fin de disponer de materias primas sustitutas para todos los procesos en general.

El proceso de producción de harina de papa comprende una serie de acciones que se interrelacionan, desde la recepción de la materia prima y consecuentemente las demás operaciones, definiendo los parámetros de control por cada proceso como lavado de la papa, como parte del acondicionamiento de la materia prima fue necesario realizar tratamientos utilizados en la inhibición del pardeamiento enzimático de los cuales tres consistieron en la aplicación de escaldado de 7, 11 y 15 minutos respectivamente, y uno más empleando metabisulfito de sodio siendo este último, el tratamiento que presentó mejores resultados, ya que, la harina se mostraba más blanca y basado en análisis estadísticos se determinó que no se altera significativamente el rendimiento productivo, el cual tiene un promedio de 14.60% para la variedad Actrice y 16.75% para la Metro, y de 17.58% para la variedad Desiree, otro parámetro de proceso muy esencial fue el tamaño uniforme de las hojuelas de papa así como el tiempo de secado.

En la caracterización de la harina se realizaron pruebas de densidad aparente proyectando resultados de $0.6554 \pm 0.0056 \text{g/cm}^3$ para la variedad Desiree, $0.7045 \pm 0.0074 \text{g/cm}^3$ para Actrice y $0.7475 \pm 0.0167 \text{g/cm}^3$ para la Metro similares a datos reflejados en otros estudios sobre harina de arroz, harina amaranto y harina de garbanzo.

Así mismo, se determinó el porcentaje de humedad para cada variedad obteniendo los siguientes resultados: Desiree: $79.98 \pm 6.1589\%$ Actrice: $82.47 \pm 6.7104\%$ Metro: $76.28 \pm 0.7744\%$ estos porcentajes de humedad son óptimos para la producción de harinas por el contenido de materia seca resultante, esto datos son considerados al establecer parámetros de almacenamiento y transporte. Se evaluó además el tamaño promedio de partícula del cual se obtuvo un resultado de 0.0915 mm, esto debido en proceso de molienda. Por otro lado se realizaron análisis de aspectos

influyentes en la calidad del producto final tales como capacidad de retención de agua y aceite en los que la harina de papa refleja una capacidad de retención de agua de 0.62 ± 0.11 g de agua/g de harina la variedad Desiree, 3.58 ± 0.60 g de agua/g de harina en la Actrice 3.32 ± 0.18 g de agua/g de harina en la Metro, más capacidades de absorción de aceite de Actrice: 0.85 ± 0.04 g de aceite/g de harina Desiree: 0.84 ± 0.10 g de aceite/ g de harina y Metro: 0.80 ± 0.02 g de aceite/g de harina.

Finalmente se puede inferir en que aprovechar la aceptación de consumo de la papa en términos generales, ejerce una importante ventaja en la aceptación de la harina propuesta, tal como se mostró reflejado en los resultados obtenidos durante el ejercicio del análisis sensorial, cuyos valores indican que el mercado percibe de una manera positiva la inclusión de la harina a base de papas en la formulación de productos panaderos obteniendo mejores resultados para las muestras elaboradas con harina de papa de la variedad metro en el nivel de inclusión de 10%.

Como se proyectó en la hipótesis que al menos una de las tres variedades de papa (Metro, Actrice y Desiree) en sus diferentes niveles de inclusión pueden sustituir parcialmente la harina de trigo para la producción de pan, se logró demostrar que dichas variedades de papa son aptas para la producción de harinas y elaboración de pan con las mismas.

La producción de la harina de papa para panificación sale costosa (C\$ 31.81) con respecto a la harina de trigo (C\$ 15), lo que conlleva que la inclusión de esta misma en la panificación aumente los costos de producción del pan, por lo tanto es recomendable realizar un estudio de pre factibilidad detallado para la determinación de rentabilidad de manera industrializada.

IX. Recomendaciones

Es importante que la industria panaderas utilice mezclas de harinas de papa de 10% de sustitución con el fin de reducir la importación de trigo y que tenga otras alternativas de preparación de pan.

Se recomienda realizar estudio de pre-factibilidad para determinar la rentabilidad de producción de harina de papa a nivel industrial.

Se sugiere retomar los resultados de este estudio en nuevos proyectos acerca de los métodos de deshidratación y tecnologías.

Se recomienda desarrollar un estudio de mercado para industrializar la harina de papa.

Evaluar la producción de harina a base de papa sin retirar la cáscara.

Utilizar harina de papa como ingrediente en la elaboración de otros productos panaderos y en pastas.

Se recomienda realizar ensayos de textura y frescura para evaluar tiempos de vida útil, en la mezcla con y sin adición de mejoradores panaderos.

X. Bibliografía

- Agroplant. (18 de Octubre de 2018). *Agroplant. Since 1924*. Obtenido de <http://www.agroplant.nl/en/variety/metro/>
- Alipso. (09 de mayo de 2001). *Alipso.com*. Recuperado el 26 de octubre de 2018, de <https://n9.cl/c0xp>
- Alonso, J., García, K., González Lindo, K., & Benavente, M. (2014). Producción de harina de papa para puré instantáneo. *Nexo Revista científica*, 27(02), 99-114. Recuperado el 11 de setiembre de 2018
- AOAC . (12 de abril de 2016). *AOAC INTERNATIONAL* . Obtenido de <https://bit.ly/33qm1OD>
- Arévalo Zaenz, T. (13 de noviembre de 2017). *AGUA EN LOS ALIMENTOS*. Quito- Peru . Recuperado el 10 de octubre de 2018, de <https://n9.cl/xwzfw>
- Arguiñano , C. (12 de junio de 2015). *Cocina abierta* . Obtenido de <https://n9.cl/64jq>
- Bonilla Hidalgo , S. E. (2013). *HARINA DE PAPA SOLOMA (Solanum tuberosum) PARA UTILIZARLA EN PANIFICACION* . Universidad Dr. Jose Matias Delgado, Libertad. Antigua Cuscatlan: 1. Recuperado el 11 de septiembre de 2018, de <https://n9.cl/of8y>
- Bou, J. (Diciembre de 2013). *Comunicacion empresarial*. Obtenido de http://comunicacionempresarial.net/UPLOAD/1312bou_v03.pdf
- Bravo, V. (2017). Curso de pan casero ¿Cual es el mejor pan para hacer arina? *Mia*. Recuperado el 11 de enero de 2019, de www.miarevista.es: <https://n9.cl/2l4p>
- Calderón, V. (2010). *Parametros de Calidad de Grano de Sorgo para la elaboracion de alimentos y harina*. San Andres. Recuperado el 21 de Septiembre de 2018, de <https://digitalcommons.unl.edu>.

- Calero, C. (2014). Conocer la Agricultura y Ganadería. *aepia*. Recuperado el 13 de diciembre de 2017, de <http://www.conocerlaagricultura.com/p/sobre-nosotros.html>
- Cerón, A. F., Bucheli, M. A., & Osorio, O. (2014). Elaboración de galletas a base de harina de papa de la variedad Parda Pastusa (*Solanum tuberosum*). *Acta Agronómica*, 1-12. Recuperado el 11 de Septiembre de 2018
- Chávez, P. (febrero de 2014). *Facultad de catedra iberoamericana*. Obtenido de http://fci.uib.es/digitalAssets/177/177040_peru.pdf
- Cocio Pulgar, C. (marzo de 2006). *Universidad de Chile*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2017, de <https://n9.cl/42wm>
- codex alimentarius. (2019). *CODEX STAN 152-1985*. Obtenido de <https://n9.cl/cmwx>
- Correa, N., Ciarfella, A. T., & Dorta, A. M. (Abril de 2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón. *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 182-187. Recuperado el 21 de Septiembre de 2018, de <https://n9.cl/japk>
- Cortez, M. R., & Hurtado, G. (20 de Diciembre de 2002). *Centro Nacional de tecnología agropecuaria y forestal*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2017, de <https://n9.cl/q42>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2018). *Grupo InfoStat, FCA*. Obtenido de Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.: <http://www.infostat.com.ar>
- FAO. (12 de Marzo de 2010). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2017, de <https://n9.cl/6spo>
- García, M. (2 de Julio de 2014). *Análisis sensorial de los alimentos*. Recuperado el 3 de Octubre de 2018, de <https://n9.cl/pgpt>

- García, R. (08 de febrero de 2015). *Balances de masa y energía*. Pereira.
Recuperado el 28 de octubre de 2018, de <https://n9.cl/7dvq>
- Hernández, L. F., & Rugama, I. M. (2014). *Diseño del proceso productivo de harina de papa a nivel de laboratorio para las cooperativas multisectorial el triunfo RL y la cooperativa de credito y servicios productores de papa del norte PROPAN en la comunidad la laguna municipio de san nicolas*. Esteli. Esteli: 1. Recuperado el 14 de septiembre de 2018
- Hinojosa Ramos , J. F. (8 de Febrero de 2017). *wordpress*. Recuperado el 9 de Agosto de 2019, de <https://n9.cl/j8tn>
- Hurtado, A., Cerdn, F., Osorio, O., & Buchely, M. (2011). Estudio de la formulacion de la harina de papa de la variedad parda pastusa (*solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en la panaderia. *Scielo colombia*, 105-111. Obtenido de <https://n9.cl/i7xh>
- IBM Corp. (septiembre de 2016). *IBM SPSS Statistics*. Obtenido de <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>
- INTA. (11 de Septiembre de 2013). *INTA*. Obtenido de <https://n9.cl/skq0>
- INTA. (Enero de 2014). *INTA*. Obtenido de INTA:
<http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>
- Garcia-Jarquín, K., Gonzalez-Lindo, K., & Benavente, M. (Diciembre de 2014). Producción de harina de papa para puré instantáneo. *NEXO*, 27(02), 99-114.
- Jitngarmkusol, S., Hongsuwankul, J., & Tananuwong, K. (24 de enero de 2008). Chemical compositions, functional properties, and microstructure. *Food Chemistre*, 110, 23-30.
- Juárez, Z., & Bárcenas, M. (2014). *El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento*. Puebla. Obtenido de <http://web.udlap.mx>: <https://n9.cl/6dqz>

- Liu, C., Joshi, U., & Sathe, K. (Marzo de 2015). Functional properties of select seed flours. *Food Science and Technology*, 325-331.
- López, S., Mujica, P., & Sánchez, M. (23 de julio de 2010). *Blogspot*. Obtenido de <http://logis36192.blogspot.com/>
- Manobanda-Cunalata, N. A. (15 de septiembre de 2017). *Formulación y caracterización de un pan libre de gluten elaborado a partir de cultivos*. Ambato. Recuperado el 21 de julio de 2019, de <http://repositorio.uta.edu.ec:https://n9.cl/z6oy>
- Mesas, J., & Alegre, M. (05 de diciembre de 2002). el pan y sus procesos de elaboracion. *ciencia y tecnologia alimentaria*, 3, 307-313. Recuperado el 28 de septiembre de 2018, de <https://n9.cl/yro1>
- Mills, i. (marzo de 2015). *Scribd*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017, de <https://n9.cl/ckmr>
- Morales, S. D. (2 de febrero de 2011). *Crecimiento, contenido de azúcares y capacidad de brotación en semilla tubérculo*. Chipingo. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017, de <https://n9.cl/e45x>
- Muñoz, A. (02 de febrero de 2016). 6 PISTAS PARA RECONOCER UN BUEN PAN ARTESANO. *Micasa*. Recuperado el 11 de enero de 2019, de [www.micasarevista.com: https://n9.cl/j0ua](http://www.micasarevista.com:https://n9.cl/j0ua)
- Piñero, M. (12 de Enero de 2014). *Investigacion retrospectiva para dar respuesta al origen de una enfermedad ocupacional músculo- esquelética*. Maracay. Recuperado el 8 de Enero de 2019, de [Dialnet.uniroja.es: https://n9.cl/em21](http://Dialnet.uniroja.es:https://n9.cl/em21)
- Prokop, S., & Albert, J. (2008). *FAO*. Recuperado el 14 de octubre de 2018, de <https://n9.cl/a9fi>
- Ramírez, V. (2001). *PARÁMETROS DE CALIDAD PARA DISTINTOS AGENTES DE LA CADENA*. Zaragoza. Recuperado el 21 de Septiembre de 2018, de <https://n9.cl/73o8>

- Requena Peláez, J. M. (junio de 2013). Harinas y derivados, féculas y almidones. *Innovacion y experiencias educativas*, 60, 1-0. Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de <https://n9.cl/suwH>
- Rodríguez, L. E. (5 de Marzo de 2010). Origen y evolución de la papa cultivada. *fitomejoramiento, recursos genéticos y biología molecula*, XXVIII(1), 9. Recuperado el 13 de Diciembre de 2017, de <https://n9.cl/2gj4>
- Salas, D. H. (12 de Abril de 2011). *Investigación Cuantitativa (Monismo Metodológico) y Cualitativa (Dualismo Metodológico)*. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de Scielo: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/cmoebio/n40/art01.pdf>
- Sumi Blog. (15 de enero de 2016). <http://www.sumi.com.py>. Recuperado el 14 de octubre de 2018, de <http://www.sumi.com.py>:
<http://www.sumi.com.py/blog/humedad.php>
- Uriel, E. (20 de mayo de 2012). *Blogspot*. Recuperado el 21 de septiembre de 2018, de <https://n9.cl/lkx0>
- Valverde Gomez, M. (marzo de 2014). *Analisis Bromatologico Del Pan*. Recuperado el 02 de Octubre de 2018, de <https://n9.cl/svlz>
- Vélez, D. L. (12 de Marzo de 2008). *Proyectos creativos*. Recuperado el 8 de Enero de 2019, de LA INVESTIGACION CUALITATIVA: <https://n9.cl/r3tf>
- Vinagre , J. (08 de marzo de 2017). *FAO*. Obtenido de <https://n9.cl/gfa6>
- YAZIO. (13 de marzo de 2015). *Yazio*. Obtenido de Harina de patata: <https://n9.cl/2z88d>
- Zamora , M. (01 de julio de 2003). *HARINA DE TRIGO: Composición Nutricional*. Recuperado el 23 de octubre de 2018, de nutriguia.com: <https://n9.cl/aagr>

XI. Anexos

Anexo 1.

Tabla 41. Resultados de la determinación de humedad de la variedad de papa metro

Peso del plato con muestra (g)	Peso del plato 24 horas después (g)	masa humedad	muestra inicial	masa de humedad	%De humedad	media	desviación	CV
50.1	42.92	1.88	9.05	7.1750	79.28	79.28	0.77	0.97
50.88	43.17	1.89	9.60	7.7150	80.36			
51.64	44.2	2.03	9.47	7.4400	78.56			
51.43	45.02	2.87	9.28	6.4100	69.07			
50.81	43.68	1.90	9.03	7.1250	78.94			

Tabla 42. Resultados de la determinación de humedad de la variedad de papa Desiree

Peso del plato con muestra	Peso del plato 24 horas después	Masa de humedad	muestra inicial	masa de humedad	%De humedad	media	desviación	CV
47.01	40.34	1.12	7.78	6.66	85.66	79.98	6.15	7.69
43.07	38.20	1.92	6.78	4.86	71.75			
45.25	40.55	1.30	6.00	4.70	78.34			
46.35	39.62	1.04	7.78	6.73	86.56			
46.52	40.49	1.74	7.77	6.03	77.60			

Tabla 43. Resultados de la determinación de humedad de la variedad de papa Actrice

Peso del plato con muestra	Peso del plato 24 horas después	masa húmeda	muestra inicial	masa de humedad	%De humedad	media	desviación	CV
46.92	41.05	1.48	7.35	5.87	79.91	82.47	6.71	8.13
45.41	40.06	1.39	6.74	5.35	79.43			
45.21	40.15	1.53	6.59	5.06	76.78			
48.03	41.20	1.47	8.30	6.83	82.28			
48.57	43.125	0.35	5.80	5.44	93.96			

Anexo 2. Rendimiento obtenido por variedad

El primer número significa el método utilizado y el segundo número significa el número de la muestra duplicada.

Peso 1 representa el peso de la materia prima antes de ser introducida al horno.

Peso 2 representa el peso de las hojuelas de papa posterior a la deshidratación

Tabla 44. Resultados del porcentaje de rendimiento por variedad

Código de muestra	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	% Rendimiento	Promedio	Desviación	cv	D: Desiree A: Actrice M: Metro
D1.1	2088.22	414.63	19.86	20.17	0.45	2.22	
D1.2	2063.25	422.765	20.49				
D2.1	2044.01	389.46	19.05	17.75	1.84	10.36	
D2.2	2090.18	343.88	16.45				
D3.1	2066.62	386.76	18.71	18.33	0.54	2.97	
D3.2	2042.51	366.52	17.94				
D4.1	2055.10	379.60	18.47	18.04	0.60	3.35	
D4.2	2004.03	353.06	17.62				
A1.1	2129.22	333.44	15.66	16.09	0.61	3.76	
A1.2	2099.54	346.78	16.52				
A2.1	2137.64	311.31	14.56	14.91	0.49	3.26	
A2.2	2119.19	323.16	15.25				
A3.1	2158.22	315	14.60	14.25	0.49	3.41	
A3.2	2167.72	301.5	13.91				
A4.1	2096.99	383.65	18.30	18.78	0.69	3.65	
A4.2	2099.63	404.48	19.26				
M1.1	2096.99	383.65	18.30	18.78	0.69	3.65	
M1.2	2099.63	404.48	19.26				
M2.1	2107.20	377.99	17.94	17.71	0.32	1.82	
M2.2	2095.02	366.24	17.48				
M3.1	2076.70	363.1	17.48	16.84	0.91	5.40	
M3.2	2059.79	333.64	16.20				
M4.1	2047.20	371.86	18.16	17.50	0.94	5.37	
M4.2	1989.34	334.92	16.84				

Anexo 3. Análisis granulométrico triplicado

Tabla 45. Análisis granulométrico uno

Abertura (mm)	No De Malla	PI. Tamiz	PF. Tamiz	Masa Retenida (g)	Dxi	Dpi	Dxi/Dpi	Residuo final	34.5
0.5	35	360	376	16	0.05	0.4	0.13	Σ	298.5
0.3	50	345.5	368	22.5	0.07	0.24	0.31		
0.18	80	336	439	103	0.34	0.14	2.41		
0.106	140	316	391	75	0.25	0.08	2.97		
0.063	230	331.5	379	47.5	0.15	0.03	5.05		
		361	395.5	34.5	0.11			10.8862318	
				298.5				0.09185915 mm	

Tabla 46. Análisis granulométrico dos

Abertura (mm)	No De Malla	PI. Tamiz	PF. Tamiz	Masa Retenida (g)	Dxi	Dpi	Dxi/Dpi	Residuo final	40.5
0.5	35	360	375	15	0.04	0.4	0.12	Σ	303
0.3	50	345.5	371	25.5	0.08	0.24	0.35		
0.18	80	336	432	96	0.31	0.14	2.21		
0.106	140	316	391	75	0.24	0.08	2.92		
0.063	230	331.5	382.5	51	0.16	0.03	5.34		
		361	401.5	40.5	0.13			10.96270711	
				303				0.091218345 mm	

Tabla 47. Análisis granulométrico tres

Abertura (mm)	No De Malla	Pl. Tamiz	PF. Tamiz	Masa Retenida (g)	Dxi	Dpi	Dxi/Dpi	Residuo final	38
0.5	35	360	375.5	15.5	0.05	0.4	0.12	Σ	300
0.3	50	345.5	369.5	24	0.08	0.24	0.33	10.9274197	
0.18	80	336	435	99	0.33	0.14	2.30	0.091512912	
0.106	140	316	390	74	0.24	0.08	2.91		
0.063	230	331.5	381	49.5	0.165	0.03	5.23		
		361	399	38	0.12				
				300					

Anexo 4. Ficha de Test de aceptación del producto a partir de la elaboración de harina de papa.

Nombre: _____ Fecha: ____/____/____
 Código de la muestra: _____

Nosotros, somos estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Ingeniería y estamos realizando estudio para determinar el grado de aceptación de un producto hecho a partir de harina de papa, con el objetivo de conocer la posible demanda que pueda obtener nuestro producto al ser colocado en el mercado. Por lo tanto, pedimos su cooperación para que nos conceda 10 minutos de su valioso tiempo y conteste algunas preguntas que son de nuestro interés.

Escala de puntuación	
Me disgusta mucho	1
Me disgusta	2
Es desagradable	3
No me gusta ni me disgusta	4
Es agradable	5
Me gusta	6
Me gusta mucho	7

Parámetros de evaluación	Puntuación asignada						
	1	2	3	4	5	6	7
1. ¿Cuál es el grado de satisfacción en cuanto a sabor?							
2. ¿Cuál es el grado de satisfacción en cuanto al color?							
3. ¿Cuál es el grado de satisfacción en cuanto a olor?							
4. ¿Cuál es el grado de satisfacción en cuanto a textura?							

¿Ha degustado algún producto con características similares? Sí ____ No ____
 ¿Estaría dispuesto a incluir este producto en su dieta? Sí ____ No ____



Figura 30. Selección y pesaje



Figura 31. Pelado manual



Figura 32. Rebanado



Figura 33. Escaldado



Figura 34. Secado



Figura 35. Hojuelas secas



Figura 36. Pre-molienda



Figura 37. Tamizado



Figura 38. Panes elaborados con las harinas antes de la cocción



Figura 39. Pan elaborado con harina de variedad metro 10% de inclusión



Figura 40. Pan de la variedad de papa Actrice



Figura 41. Pan de variedad de papa Desiree



Figura 42. Análisis sensorial y llenado de encuestas.