

**UNIVERSIDAD NACIONAL
"TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

TESIS

**INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE *Oxalis Tuberosa* "OCA"
POR HARINA DE TRIGO, PARA LA ELABORACIÓN DE PAN TIPO
FRANCES.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTOR:

Bach. CELESTINO POQUIOMA CRUZ

ASESOR:

Ing. SEGUNDO VICTOR OLIVARES MUÑOZ

CO - ASESOR:

Ing. GUILLERMO IDROGO VASQUEZ

18 MAR 2016

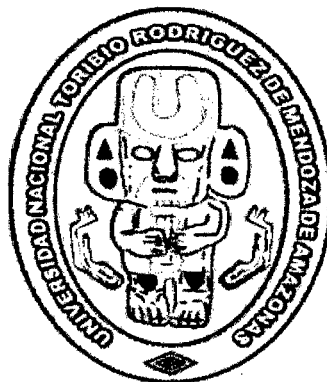


CHACHAPOYAS - PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL

TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS

INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE *Oxalis tuberosa* "OCA"
POR HARINA DE TRIGO, PARA LA ELABORACION DE PAN TIPO
FRANCES.

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR: Bach. CELESTINO POQUIOMA CRUZ

ASESOR: Ing. SEGUNDO VICTOR OLIVARES MUÑOZ

CO- ASESOR: Ing. GUILLERMO IDROGO VASQUEZ

CHACHAPOYAS - PERÚ

2016



18 MAR 2016

DEDICATORIA

A Dios ante todo.

A mi madre la Sra Julia; a mi padre quien en vida fue el Sr. Pedro, que desde el cielo ilumina mi camino para lograr objetivos y ser ejemplo en la sociedad, a mi abuelita Zoila por todo su amor y palabras a seguir a delante a Ruth por su apoyo incondicional en cada proyecto.

Celestino.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su bendición e iluminar mi camino para seguir adelante y lograr culminar este trabajo de investigación con éxito.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, institución a la cual debo mi realización profesional, en especial a los docentes y técnicos encargados de los laboratorios de Ingeniería, Tecnología Agroindustrial y la Planta Piloto Agroindustrial, los cuales coadyuvaron para la ejecución de mi proyecto de tesis.

Al Ing. Segundo Victor Olivares Muñoz, asesor de la tesis, por su tiempo, paciencia, dedicación y conocimientos aportados para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Guillermo Idrogo Vasquez, co-asesor de la tesis, por su apoyo y sus conocimientos aportados a mi trabajo de investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D., Dr. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA
RECTOR

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES
VICERRECTOR ACADÉMICO


Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Ms. EFRAIN MANUELITO CASTRO ALAYO
DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISTO BUENO DEL ASESOR

El que suscribe, docente ordinario de la UNTRM-A, da el visto bueno, en su calidad de asesor a la Tesis titulada **INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DE *Oxalis tuberosa* “OCA” POR HARINA DE TRIGO, PARA LA ELABORACION DE PAN TIPO FRANCES**, ejecutado por el tesista **Bach. CELESTINO POQUIOMA CRUZ**, egresado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-A, en consecuencia la tesis debe ser evaluada por el jurado para su posterior sustentación previa a la corrección de observaciones.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estimen convenientes.

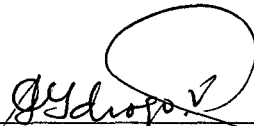


Ing. Segundo Victor Olivares Muñoz
Docente ordinario de la UNTRM-A

VISTO BUENO DEL CO - ASESOR

El que suscribe, docente ordinario de la UNTRM-A, da el visto bueno, en su calidad de co asesor a la Tesis titulada **INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DE *Oxalis tuberosa* “OCA” POR HARINA DE TRIGO, PARA LA ELABORACION DE PAN TIPO FRANCES**, ejecutado por el tesista **Bach. CELESTINO POQUIOMA CRUZ**, egresado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-A, en consecuencia la tesis debe ser evaluada por el jurado para su posterior sustentación previa a la corrección de observaciones.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estimen convenientes.



Ing. ~~Guillermo~~ Idrogo Vasquez
Docente ordinario de la UNTRM-A

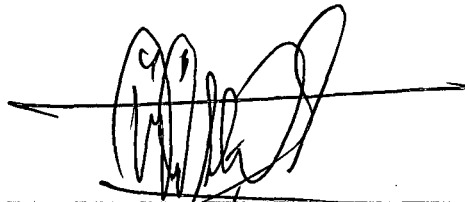
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



**Ing. ERICK ALDO AUQUÍNIVIN SILVA
PRESIDENTE**



**Ing. MsC. LIZETTE DANIANA MÉNDEZ FASABI
SECRETARIO**



**Ing. MERENGILDO SILVA RAMIREZ
VOCAL**

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD.....	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	iv
VISTO BUENO DEL COASESOR.....	v
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
2.1. Lugar de ejecución.....	6
2.2. Material biológico.....	6
2.3. Métodos experimentales.....	6
2.3.1. Elaboración de harina de oca.....	6
2.3.2. Descripción del proceso para la elaboración de pan de harina de oca.....	7
2.3.3. Análisis del producto obtenido.....	9
2.3.3.1. Evaluación de las características organolépticas.....	9
2.3.3.2. Evaluación fisicoquímica para la oca fresca, harina de oca	

	y para el mejor tratamiento del pan de oca.....	10
	• Determinación de proteína total.....	10
	• Determinación de azúcares totales.....	12
	• Determinación de pH.....	12
	• Determinación de acidez titulable.....	13
	• Determinación de humedad.....	13
	• Determinación de cenizas.....	14
	• Determinación de fibra.....	14
	• Determinación de grasa.....	15
	• Determinación de carbohidratos.....	16
	• Determinación del volumen del pan de oca.....	16
	2.3.3.3. Análisis estadístico.....	17
III.	RESULTADOS.....	18
IV.	DISCUSIONES.....	26
V.	CONCLUSIONES.....	30
VI.	RECOMENDACIONES.....	31
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
	ANEXOS.....	36
	ANEXO 1. Resultado de análisis estadístico para el pan de <i>Oxalis tuberosa</i> "oca".....	37
	ANEXO 2. Balance de materia para la elaboración de harina de oca.....	53
	ANEXO 3. Balance de materia para la elaboración de pan de "Oca" <i>Oxalis</i> <i>tuberosa</i>	54
	ANEXO 4. Formato de test de Escala Hedónica.....	55
	ANEXO 5. Fotografías.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Valores de la caracterización fisicoquímica de la Oca fresca.....	18
Tabla 02. Valores de la caracterización fisicoquímica de la Harina de Oca.....	19
Tabla 03. Valor acumulado en los parámetros (sabor, color, aroma, textura), de las características organolépticas de pan de oca, para doce tratamientos.....	20
Tabla 04. Caracterización fisicoquímica del tratamiento testigo.....	23
Tabla 05. Caracterización fisicoquímica del mejor tratamiento.....	24
Tabla 06. Descripción de las características sensoriales del pan con harina de oca.....	25
Tabla 07. Valores de porcentaje de harina de oca y tiempos de fermentación en la elaboración de pan de oca para los trece tratamientos.....	37
Tabla 08. Formulación para la elaboración de pan sustituido con harina de oca (para 300 gr de harina).....	37
Tabla 09. Datos registrados de la evaluación sensorial en cuanto a sabor de los panes elaborados con sustitución parcial de harina de oca.....	38
Tabla 10. Datos registrados de la evaluación sensorial en cuanto a color de los panes elaborados con sustitución parcial de harina de oca.....	38
Tabla 11. Datos registrados de la evaluación sensorial en cuanto al aroma de los panes elaborados con sustitución parcial de harina de oca.....	39
Tabla 12. Datos registrados de la evaluación sensorial en cuanto a textura de los panes elaborados con sustitución parcial de harina de oca.....	40
Tabla 13. Análisis de varianza para Sabor de pan de oca.....	40
Tabla 14. Promedios ordenados de los tratamientos en sabor de pan de oca, para doce tratamientos.....	41
Tabla 15. Aplicación de la prueba Tuckey para los tratamientos, en el sabor de pan de oca...	41
Tabla 16. Análisis de varianza para Color de pan de oca.....	43
Tabla 17. Promedios ordenados de los tratamientos en color de pan de oca, para doce tratamientos.....	44
Tabla 18. Aplicación de la prueba Tuckey para los tratamientos, en el color de pan de oca...	44
Tabla 19. Análisis de varianza para Aroma de pan de oca.....	46
Tabla 20. Promedios ordenados de los tratamientos en aroma de pan de oca, para doce tratamientos.....	47

Tabla 21. Aplicación de la prueba Tuckey para los tratamientos, en el aroma de pan de oca...	47
Tabla 22. Análisis de varianza para Textura de pan de oca.....	49
Tabla 23. Promedios ordenados de los tratamientos en textura de pan de oca, para doce tratamientos.....	50
Tabla 24. Aplicación de la prueba Tuckey para los tratamientos, en la textura de pan de oca.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Flujo de la elaboración de harina de “Oca” <i>Oxalis tuberosa</i>	7
Figura 02. Diagrama de flujo para la elaboración de pan de “Oca” <i>Oxalis tuberosa</i>	9
Figura 03: Valores obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la oca fresca.....	18
Figura 04: Valores obtenidos de las características fisicoquímicas de la harina de oca.....	19
Figura 05: Valores obtenidos del pan de oca en el parámetro sabor de las características organolépticas, para los doce tratamientos.....	20
Figura 06: Valores obtenidos del pan de oca en el parámetro color de las características organolépticas, para los doce tratamientos.....	21
Figura 07: Valores obtenidos del pan de oca en el parámetro aroma de las características organolépticas, para los doce tratamientos.....	21
Figura 08: Valores obtenidos del pan de oca en el parámetro textura de las características organolépticas, para los doce tratamientos.....	22
Figura 09. Valores obtenidos del pan de oca en los parámetros (sabor, color, aroma, textura), de las características organolépticas de pan de oca, para doce tratamientos.....	22
Figura 10: Valores obtenidos de las características fisicoquímicas del tratamiento testigo.....	23
Figura 11: Valores obtenidos de las características fisicoquímicas del mejor tratamiento.....	24
Figura 12. Valor nutricional del pan sin harina de oca (Testigo) y con harina de oca (tratamiento óptimo).....	25
Figura 13. Representación de los grupos homogéneos por segmentos de recta de los tratamientos, en el sabor de pan de oca, para doce tratamientos.....	43
Figura 14. Representación de los grupos homogéneos por segmentos de recta de los tratamientos, en el color de pan de oca, para doce tratamientos.....	46
Figura 15. Representación de los grupos homogéneos por segmentos de recta de los tratamientos, en el aroma de pan de oca, para doce tratamientos.....	49
Figura 16. Representación de los grupos homogéneos por segmentos de recta de los tratamientos, en la textura de pan de oca, para doce tratamientos.....	52
Figura 17. Balance de materia de la elaboración de harina de oca.....	53
Figura 18. Balance de materia para la elaboración de pan de “Oca” <i>Oxalis tuberosa</i>	54

RESUMEN

En la presente investigación tuvo por objetivo determinar la influencia de la sustitución parcial de harina de *Oxalis tuberosa* “Oca” por harina de trigo para la elaboración de pan tipo francés; para lo cual se realizó la sustitución en cuatro niveles (10%, 15%, 20% y 25%) y la fermentación en tres tiempos (2, 3 y 4 horas); manejándose entonces 12 tratamientos con tres repeticiones y una muestra testigo de 100 % de harina de trigo. La harina de oca se obtuvo mediante secado a 60 °C a 2,5 m/s de velocidad del aire, molido y tamizado. El pan se elaboró mediante el cumplimiento de un flujo grama estándar para pan tipo francés donde resalta el amasado, fermentación y horneado. Posteriormente se le sometió al producto a evaluación organoléptica y fisicoquímica. Se elaboró el pan resultando que el mejor tratamiento es con mezcla de 10 % de harina de oca y a 4 horas de fermentación caracterizando pH 5,32, acidez total 0,56%, sólidos solubles 11,30 °Brix, humedad 15,26%, fibras 1,33%, cenizas 1,33%, grasa 18,07%, proteínas 30,84% y carbohidratos 34,50%; en lo cual se aprecia su contenido nutricional.

Palabras clave: Harina, oca, influencia.

ABSTRACT

The present research had the purpose to determine the influence of the partial replacement of oxalis tuberosa flour "OCA" by wheat flour for making french baguette; for which the substitution was made into four levels (10%, 15%, 20% and 25%) and the fermentation in three times (2, 3 and 4 hours); then it was worked in 12 treatments with three replications and a control sample of 100% wheat flour. The OCA flour was obtained by drying at 60°C and 2.5 m/s airspeed, it was ground and sieving. This bread was made according with a standard flow chart to make french baguette where the kneading, fermentation and baked are highlighted.

Later the product was brought under an organoleptic and physical chemistry evaluation. The bread was made and the best treatment was to mix 10% of OCA flour and 4 hours of fermentation giving results of 5.32PH, 0.56% total acid, 11.30° BRIX soluble solids, 15.26% humidity, 1.33% fibers, 1.33% ash, 18.07% fat, 30.84% protein and 34.50% carbohydrates, all of this represents its nutritional content.

Key words: Flour; OCA, influence.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú tiene una gama de productos, siendo aún no aprovechados adecuadamente, entre estos, los granos pseudo cereales como *Amaranto* o kiwicha "*Amaranthus caudatus*", Quinoa "*Chenopodium quinoa*" y cañihua "*Chenopodium pallidicaule*" caracterizados por contener alto valor proteico. Tarwi o chocho "*Lupinus mutabilis*", es una leguminosa caracterizada por la presencia de aminoácidos azufrados como la metionina y cisteína. Algunos otros cultivos andinos que permanecen en nuestro medio sin haber alcanzado altos niveles de explotación comercial, encontrándose en el rubro de las raíces y tubérculos. Entre los tubérculos, la oca "*Oxalis tuberosa*" el olluco "*Papalisa Ullucus tuberosus*" y la mashwa "*Añu Tropaeolum tuberosum*" que representan fuentes de energía alternativa por su alto contenido de almidones; y entre las raíces la achira "*Achera - Canna edulis*", el yacón "*Aricoma - Polymnia sonchifolia*", el chago "*Mauca - Mirabilis expansa*" la ahipa "*Jicama - Pachyrrhizus ahipa*", la maca "*Maimo - Lepidium meyenii*" y la arracacha "*Arracacia xanthorrhiza*", todas ellas son fuentes de energía por su alto contenido en moléculas complejas, almidones completos y aceites; además, de vitaminas y minerales (Ayala, 2004; Espín *et al.*, 2003).

Entre las raíces y tubérculos andinos reviste importancia la oca "*Oxalis tuberosa*", un tubérculo, que se puede encontrar en diferentes morfo tipos y/o variedades, blancos, amarillos, morados, rosados, rojos, etc. (Pérez y Caypo, 2007; García y Pacheco, 2009), dependiendo de la variedad estos tubérculos y raíces presenta contenidos porcentuales de proteína en intervalos de 0,50- 0,82; fibra dietética 0,72- 0,78 y cenizas 0,50-0,78 (Alfaro *et al.* 1999; García y Pacheco, 2009), siendo además un cultivo resistente a las condiciones climáticas y al ataque de plagas o enfermedades, y por tanto se siembra en armonía con el medio ambiente, no siendo necesario el uso de agroquímicos.

Los productos panaderos elaborados a partir del trigo, especialmente el pan, fideos y harinas, forman parte importante de la dieta en el Perú y en la mayoría de los países del mundo. Sin embargo el Perú no es un país productor del trigo y tiene que importar grandes cantidades de este cereal, cuyas fluctuaciones en el precio representan una agresión a la economía nacional (Soto, P. 2000).

La harina de trigo es una materia básica para la elaboración de pan, galletas, pastas alimenticias y otros productos de panadería y pastelería, además la sal, el agua y la

levadura, son los componentes básicos para la elaboración de pan. Cuando se trata de la elaboración de productos de panadería y pastelería se utilizan otras materias primas, tales como: huevos, leche en polvo, grasas animales y aceites vegetales, azúcar, glucosa, miel y zumo de frutas (Soto, P. 2000).

La harina de trigo, es el ingrediente más importante del pan, el componente más importante de la harina son las proteínas. Las proteínas de la harina y el agua que añades forman el gluten, al terminar el amasado, crea una red impermeable encargada de atrapar los gases que se producen durante la fermentación de la masa, lo que le da volumen al pan. Sin embargo una buena harina por sí sola no asegura un pan de calidad si no va acompañada de sus ingredientes así como un cuidadoso y respetuoso proceso de elaboración (Barriga, 2011).

La harina de trigo ha sido utilizada como vehículo para la fortificación y también la harina de maíz y arroz (Imhoff-Kunsch et al., 2007; Beizadea, 2009). En Guatemala se fortifica la harina de trigo con 45 mg/kg de fumarato ferroso (Imhoff-Kunsch et al., 2007).

La sustitución parcial de la harina de trigo con harinas de cultivos andinos permite mejorar el valor nutritivo del pan (textura, aroma, color, etc) y otros productos elaborados en base a este cereal, además de aportar un ahorro de divisas por menor importación de trigo, dando impulso a la agricultura e industrialización local por la creación de una demanda cada vez mayor de productos nativos (INIAP, 2000; Matos y Muñoz, 2010).

La más importante de las proteínas funcionales de la harina de trigo es el gluten, que tiene la propiedad de que cuando se humedece y se amasa mecánicamente forma una masa elástica que puede extenderse en todos los sentidos bajo la presión de un gas CO₂ y acción de fermentación que se está dilatando y formando burbujas. Además, si se suministra o expone al calor, el gluten coagula, formando una estructura semirrígida. Las harinas fuertes contienen mayor cantidad de gluten y del tipo que se extiende más sin romperse, son las que se escogen para la elaboración de pan (Soto, P. 2000).

El pan es el producto alimenticio que se obtiene mediante la mezcla de ingredientes para formular la masa panadera que después de fermentar pasa al proceso de cocción a través de un horno obteniendo un alimento ligero y esponjoso, fácil de consumir y digestivo; el proceso se denomina panificación (Soto, P. 2000).

El pan es un vehículo adecuado para la fortificación ya que forma parte de la dieta común en todo el mundo (Natri *et al.*, 2006) y en todas las clases (Natri *et al.*, 2006), sociales (Osuna *et al.*, 2006).

La estructura del pan se distingue básicamente en tres zonas: miga, corteza interna y corteza externa, la miga conforma la mayor parte del pan ya que comprende el 56% o más, dependiendo del tiempo en el horno (Calvel, 1994).

Los ingredientes principales utilizados para elaboración del pan son harina de trigo, componente mayoritario, sal, levadura y agua, y en algunos otros casos se adiciona azúcar y grasa (Quaglia y Giovanni, 1991).

El proceso de elaboración de pan comprende las siguientes etapas: mezcla, amasado, boleado, reposo o pre fermentación, formado, fermentación y el horneado (Barriga, 2011).

Diversos trabajos se han realizado para fortificar el pan. En el Perú, un producto denominado “Papapan” ha sido elaborado sustituyendo parcialmente harina de trigo con papa cocida y harina de maíz se fortifica con mínimo 5 mg Fe/100 g (PRONAAUGATSAN, 2008). A demás de fortificar con vitamina B12 y ácido fólico (Winkels *et al.*, 2008), cole calciferol, carbonato de calcio (Piscoya- Magallanes, 2002) y cinc (Abascal de la Vega, 2005).

La adición de levadura viene a estar dada por el microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*. Las levaduras frescas y activas se encuentran en el mercado como tortas comprimidas o como pastillas secas. Si la levadura del pan comprimida se mantiene a temperatura ambiente, las células mueren pronto. Aún en el refrigerador, la levadura comprimida permanecerá fresca y viables sólo, si la levadura comprimida fresca se congela y se mantiene de este modo, las células de la levadura vivirán y la torta de levadura permanecerá fresca durante 3 a 4 meses. La levadura seca activa en forma de pastillas puede mantenerse sin refrigeración durante varias semanas (Soto, P. 2000).

La oca es un tubérculo andino del género *Oxalis*. Existen diversas variedades de oca como fruto del trabajo de los antiguos habitantes de la región y que han llegado hasta nuestros días, pasando y mejorando de generación en generación. Su sabor es dulce y textura harinosa, su contenido casi del 9% de proteína hacen de este tubérculo un alimento

nutritivo, por sus cualidades culinarias y nutricionales la oca ha captado la aceptación de personas. La oca tiene alto contenido de almidón, minerales y ácidos orgánicos, que permiten numerosas aplicaciones como por ejemplo la panificación y la extracción de alcohol mediante la fermentación (Espinosa, P, Vaca, R, Abad, J, Crissman, CH. 1996)

Importantes trabajos se han venido desarrollando para el aprovechamiento de la oca y ha sido indicado que la harina de Oca puede ser empleada en la formulación de productos instantáneos, como por ejemplo papillas (García y Pacheco, 2009). Con la finalidad de diversificar el consumo de las raíces de Arracacha, (Noguera y Pacheco, 2000) en la elaboración de hojuelas con y sin escaldado, fritas en aceite de girasol o manteca vegetal. Donde las hojuelas sin escaldar fritas en aceite de girasol presentaron un alto contenido de fibra dietética, retuvieron menos grasas y en calidad global fueron las de más alto puntaje en el análisis sensorial. Teniendo en cuenta los antecedentes anteriormente mencionados la presente investigación tiene por objetivo evaluar la influencia de la concentración de la masa, estado de madurez pos cosecha de *Oxalis tuberosa* “oca” y tiempo de amasado sobre el valor nutritivo y la aceptación del pan.

El presente estudio trata de la elaboración de pan a base de la mezcla de harina de trigo y harina de oca, como alternativa de consumo de éste tubérculo. La oca tiene alto contenido de almidón, minerales y ácidos orgánicos, que permiten numerosas aplicaciones como la panificación.

Este estudio busca innovar e implementar nuevas formas de consumo alternativo de diferentes productos de panadería para mejorar las condiciones alimentarias y económicas de los consumidores, logrando fortalecer los conocimientos aplicando nuevos procesos agroindustriales y de ésta manera darle valor agregado al producto.

De forma paralela estamos incorporando un nuevo producto a la industria panadera, sea a nivel artesanal o industrial; que más adelante deberá ser consumido por un bajo precio pero con un alto valor nutritivo y de aporte energético.

El pan elaborado con la mezcla de harina de trigo y harina de oca presenta características fisicoquímicas y organolépticas que facilitan su consumo, ya que éste es uno de los productos más consumidos por la población.

Por lo anteriormente mencionado el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar Influencia de la sustitución parcial de “oca” *Oxalis tuberosa* por harina de trigo, para la elaboración de pan tipo francés.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito de Chachapoyas, provincia de Chachapoyas, región Amazonas, en el laboratorio de Ingeniería, laboratorio de Tecnología Agroindustrial y en el área de panificación de la Planta Piloto Agroindustrial de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

2.2. Material Biológico

Se utilizó frutos de *Oxalis tuberosa* “oca”, en su estado de madurez comercial y textura firme, sin presencia de daños por insectos, golpes o fisuras.

2.3. Métodos experimentales

2.3.1. Elaboración de harina de oca

a) Recepción

Se recibió el fruto de la oca, con un índice de madurez de 0,04.

b) Selección

Se seleccionó frutos de forma manual y visual.

c) Pesado

Se realizó mediante una balanza comercial.

d) Lavado

Se procedió a lavar los tubérculos con abundante agua y una escobilla, con la finalidad de extraer toda suciedad y materias extrañas.

e) Cortado

Se realizó el corte de oca en forma de hojuelas con la finalidad de facilitar el secado.

f) Secado artificial

Se efectuó el secado de las hojuelas de la oca en un secador de bandejas a 60 °C y una velocidad de aire de 2.5 m/s hasta obtener una humedad de 10 %.

g) Molido.

Se realizó un molido a las hojuelas de ocas deshidratadas, en un molino de mano.

h) Tamizado

Se realizó el tamizado en un equipo de tamices N° 140, 100 y 50.

i) Producto final

Se obtuvo como producto final, harina de oca.

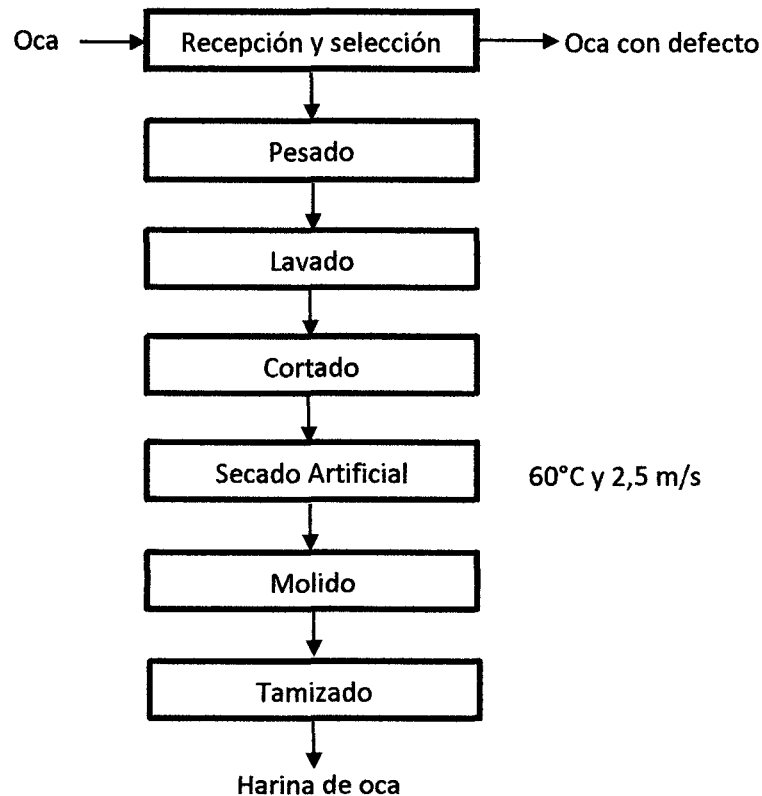


Figura 01: Flujo de la elaboración de harina de “Oca” *Oxalis tuberosa*.

Fuente : Elaboración Propia

2.3.2. Descripción del proceso para la elaboración de pan de harina de oca

a) Recepción

Se recepcionó la harina de trigo, harina de oca y los demás ingredientes.

b) Pesado

Se realizó un pesado de todos los ingredientes, así como la sustitución de harina de trigo por harina de oca en un porcentaje de 10, 15, 20 y 25%.

c) Homogenización

Se realizó el mezclado en seco, agregando las harinas, levadura, sal y azúcar en un recipiente.

d) Amasado

A la mezcla se añadió manteca y cierta cantidad de agua, para facilitar la disolución de los ingredientes y se amasó a mano por un espacio aproximado de 45 minutos para lograr obtener el gluten.

e) Primer reposo

Con la formación del gluten se hizo una sola bola al amasado y se dejó reposar por un espacio de cinco minutos, hasta lograr una masa elástica y flexible.

f) Corte

Se procedió a cortar en pequeñas bolitas tratando de obtener un tamaño y peso estándar.

g) Boleado

Con movimientos circulares realizados con la mano, se acabó de desarrollar la elasticidad y extensibilidad del gluten para obtener una masa plástica, suave y elástica.

h) Segundo reposo

Las bolitas de masa se dejaron en reposo por espacio de 20 minutos.

i) Formado del pan

Se pasó a darle forma al pan, en este caso en forma de pan popular.

j) Fermentación

Se esparció harina a las latas de hornear con la finalidad de que no se pegue el pan, se colocó los panes ya formados dejándolos fermentar por espacio aproximado de 2, 3 y 4 horas, en una cámara de fermentación a una temperatura de 38 °C.

k) Horneado

Finalmente se horneó los panes a una temperatura de 180°C por espacio de 28 minutos en horno rotativo.

l) Enfriado

Luego del horneado, los panes se enfriaron a temperatura ambiente por un tiempo de 1 hora.

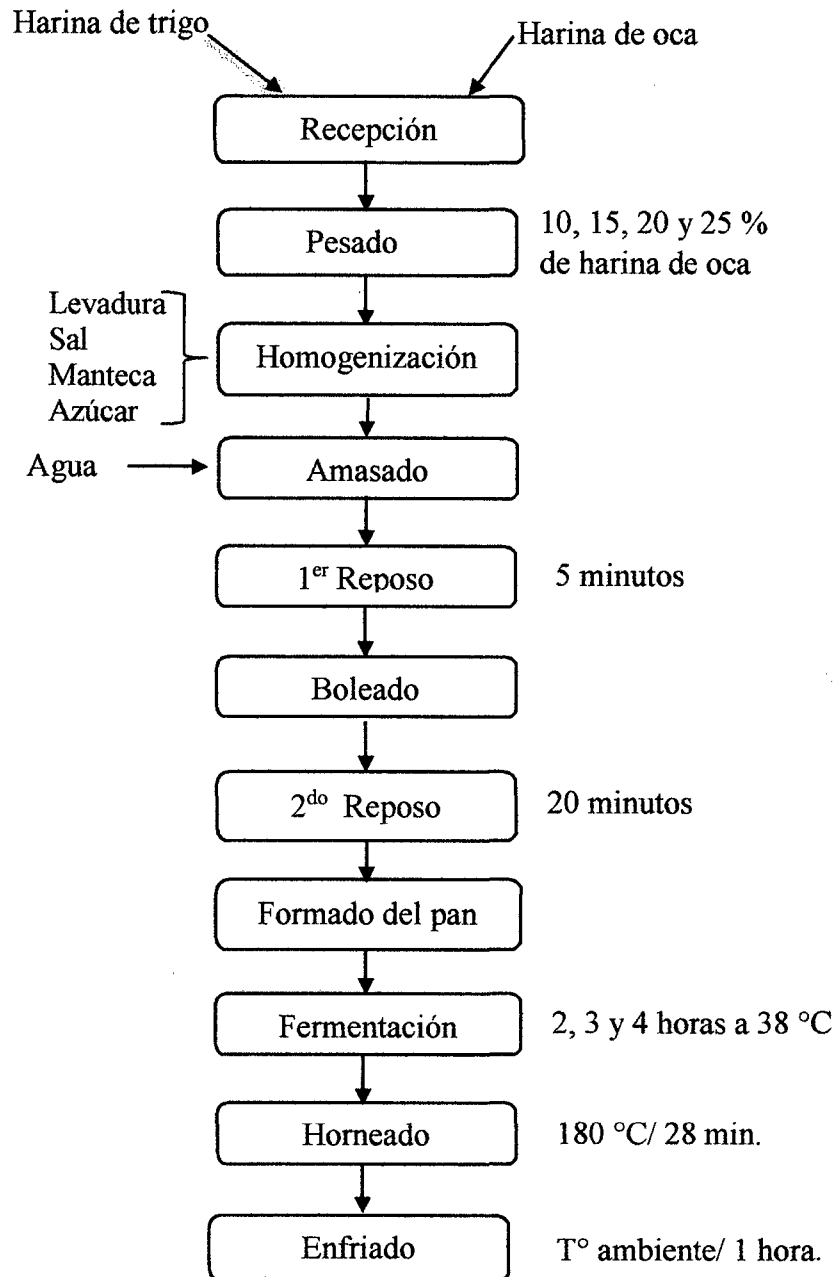


Figura 02: Diagrama de flujo para la elaboración de pan de “Oca” *Oxalis tuberosa*.

Fuente : Elaboración Propia

2.3.3. Análisis del producto obtenido

2.3.3.1. Evaluación de las características organolépticas.

Obtenida las diferentes muestras de pan de oca se realizó la evaluación organoléptica, para determinar la aceptabilidad del mejor tratamiento en sabor, olor, color y textura.

Método de análisis sensorial

- Las características organolépticas del producto (sabor, color, olor y textura) se evaluó mediante la escala hedónica.
- Las muestras de pan de oca (T1al T12) se proporcionó a 15 estudiantes del IX, X ciclo y egresados de la escuela de ingeniería agroindustrial de la UNTRM.
- Los resultados de la entrevista a los catadores, se registró en un formato de resultados que incluye la escala hedónica con su respectiva equivalencia en puntajes numéricos:

Puntajes numéricos de la Escala Hedónica

Excelente	7
Muy bueno	6
Bueno	5
Aceptable	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

2.3.3.2. Evaluación fisicoquímica para la oca fresca, harina de oca y para el mejor tratamiento del pan de oca.

• Determinación de proteína total

(Método 2.057.A.O.A.C., 1984. Adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP)

1. Digestión:

- a) Se colocó dentro de los tubos del equipo de digestión: 1g de muestra (W) + 5g de catalizador + 15 ml de ácido sulfúrico al 92 % (grado técnico o concentrado), se colocó los tubos en el digestor kjeldhal. (De ser posible se debe utilizar los 6 tubos con diferentes muestras).
- b) Posteriormente se encendió el equipo compacto de digestión y se esperó que este llegue a 420 °C.

- c) Se esperó que termine la digestión, el material contenido en el tubo se tornó a un color verde esmeralda traslucido, lo cual indicó el final de la digestión o que ya se había eliminado toda la materia orgánica.
- d) Luego se esperó que la temperatura baje a 70 °C y se apagó el equipo.
- e) Posteriormente se retiró los tubos del digestor, se agregó inmediatamente 75 ml de agua destilada.
- f) Se dejó enfriar los tubos que fueron sometido a digestión hasta temperatura ambiente.

2. Destilación:

- a) Se colocó el tubo de la muestra obtenida de la digestión, en el soporte del destilador de nitrógeno.
- b) En un matraz de 250 ml se agregó 25 ml de solución (ácido Bórico + indicador mixto) donde se sumergió el tubo de salida del destilador.
- c) Luego se programó en 2 minutos el reloj controlador de NaOH (Hidróxido de Sodio) y se presionó el botón START del equipo, automáticamente se agregó 80 ml de NaOH al tubo de muestra, pasado este tiempo regresé el reloj a cero.
- d) Posteriormente se programó en 6 minutos el reloj del controlador de DESTILACIÓN se presionó el botón START del equipo, automáticamente empezó la destilación de la muestra durante el tiempo programado, pasado este tiempo se regresó el reloj a cero.
- e) El producto de la destilación se recogió en un matraz cuando estuvo en 150 ml de volumen, tomando una coloración morado.
- f) Después se programó en 4 minutos el reloj controlador de SUCCIÓN y se presionó el botón START del equipo, automáticamente empezó la succión del residuo contenido en el tubo de la muestra durante el tiempo programado, pasado este tiempo se regresó el reloj a cero.
- g) Se llenó un tubo con agua destilada y luego se realizó una succión para limpiarlo el equipo y se repitió nuevamente la operación con otro tubo con muestra.
- h) Luego se retiró el matraz y se realizó la titulación.

3. Titulación:

- a) Se llenó la bureta con HCL al 0.25 N, se realizó la titulación y se obtuvo un viraje de color lila claro luego se tomó nota del ácido clorhídrico gastado.

CÁLCULOS:

$$\%P = ((Ma - Mb) * N * 0.014 * 6.25 / Pm) * 100$$

Donde:

- % P = Porcentaje de proteína
- N = Normalidad del ácido titulante
- Ma = Mililitros de ácido gastado en la muestra
- Mb = Mililitros de ácido gastado en el blanco
- Pm = Peso de la muestra en gramos
- 6.25 = Factor proteico del nitrógeno

- **Determinación de Azúcares totales**

Los azúcares totales son los °Brix, lo cual representan los sólidos totales presentes en el fruto y para su determinación se utilizó el método 932. 12 AOAC (2000), el cual tiene como principio usar el refractómetro.

- a) Se calibró el refractómetro con agua destilada.
- b) Luego se trituro la muestra (para el caso de la oca fresca), se realizó un pesado de 5 g de muestra (en el caso de harina de oca y pan), y se homogenizó con 5 ml de agua destilada.
- c) Después se colocó 2 gotas de la muestra en el prisma.
- d) Posteriormente se llevó el refractómetro a una fuente de luz.
- e) Se graduó la entrada de luz, mediante el regulador del ocular.
- f) Por último se anotó el resultado que me dio en la escala graduada que se encuentra entre el área clara y oscura.

- **Determinación de pH**

- a) Se realizó la calibración del pH – metro.

- b) Posteriormente se extrajo 20 ml de muestra líquida (oca fresca), y se disolvió 10 g de muestra (harina de oca y de pan) triturado en 100 ml de agua destilada en un vaso de precipitación.
 - c) Después se filtró la solución.
 - d) Luego se colocó el censor del pH – metro dentro de la solución en el vaso de precipitación.
 - e) Se dejó estabilizarse el valor del pH, y luego se tomó nota.
- **Determinación de acidez titulable**
 - a) Se pesó aproximadamente 2 g de muestra (harina de oca y pan) y 20 mL (zumo de oca fresca), se homogenizó con 100 ml de agua destilada en un vaso de precipitación.
 - b) Posteriormente se añadió 3 gotas de fenolftaleína.
 - c) Después se realizó una titulación rápida con NaOH 0.1 N.
 - d) Al obtener un tinte rosado, se anotó el volumen gastado de NaOH.
 - e) Al final se calculó el porcentaje de acidez según la formula.

$$\%ácidoX = 100 \left[\frac{N \cdot V \cdot peX}{W} \right]$$

Donde:

- N = normalidad de la solución de NaOH
- V = ml de NaOH gastados en la titulación
- peX⁹ = peso mini equivalente del ácido orgánico X
- W = peso de la muestra con 4 cifras decimales

- **Determinación de humedad**

La humedad de una muestra es el peso de la cantidad de agua que contiene en función a su peso seco. Para determinar el contenido de humedad se utilizó el método 394.06 A.O.A.C. (2000).

- a) Se encendió la balanza de humedad.
- b) Luego se colocó papel aluminio en la balanza de humedad.
- c) Se taró el papel y se agregó 1 g de muestra.
- d) Posteriormente se presionó 2 veces START.

e) Después se esperó el resultado de % de humedad y luego se tomó nota.

- **Determinación de Cenizas**

Las cenizas en un alimento es equivalente al residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. Para determinar el contenido de cenizas se utilizó el método de calcinación.

- a) Se pesó el crisol (W1).
- a) En el crisol se pesó 1 g de muestra (W2).
- b) Después se colocó el crisol conteniendo la muestra en una cocina eléctrica para que se quemara la muestra hasta eliminar todo el humo.
- c) Luego se introdujo la muestra a calcinar en una mufla, y se cerró la puerta.
- d) Se encendió la mufla, se programó la temperatura a 700 °C.
- e) Luego que llegó a esta temperatura se dejó por 3 horas.
- f) Posteriormente se apagó la mufla manualmente con la llave de contacto.
- g) Después se dejó enfriar entre 10 a 12 horas.
- h) Se realizó una tercera pesada del crisol y la ceniza obtenida (W3).
- i) Finalmente se calculó el porcentaje de cenizas con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Ceniza} = 100 \left(\frac{W3 - W1}{W2 - W1} \right)$$

- **Determinación de fibra**

Para determinar la fibra en la muestra se utilizó el método Weende.

- a) Se taró los crisoles, se pesó una cantidad exacta de muestra dentro de los crisoles (1 g = W1) y se depositó en la gradilla.
- b) Luego se trasladó la gradilla hasta la unidad Fibertest y se fijó al ángulo de la parte frontal de la unidad.
- c) Posteriormente se insertó las pinzas del manipulador en los crisoles y se trasladó encima de los soportes.
- d) Después se bajó la palanca de cierre hasta su tope. Una vez fijos los crisoles en la unidad Fibertest, se extrajo el manipulador.
- e) Luego se colocó las válvulas de 3 vías en la posición de cerrado.

- f) Se introdujo por la parte superior del refrigerante 150 mL de H₂SO₄ 0.128 M, precalentado a 90 – 100 °C.
- g) Cuando empezó a hervir los crisoles, se ajustó el mango de calefacción en un punto que mantenga una ebullición suave (punto 3 ó 4). Se dejó en ebullición durante 30 minutos para luego filtrar.
- h) Después se lavó con agua caliente destilada introduciéndola por la parte superior del refrigerante y succionándola, se repitió la operación por tres veces utilizando 30 mL de agua cada vez.
- i) Luego se introdujo por la parte superior del refrigerante 150 mL de hidróxido de potasio precalentado de 90 – 100 °C.
- j) Se llevó a una ebullición manteniéndolo por otro periodo de 30 minutos.
- k) Después se filtró y se lavó tres veces con agua destilada caliente.
- l) Posteriormente se sacó los crisoles de la unidad, se insertó las pinzas del manipulador en los crisoles y se tiró de la palanca de cierre hasta arriba, desbloqueándola previamente.
- m) Luego se colocó los crisoles en la gradilla y se llevó hacia la estufa.
- n) Se introdujo los crisoles en una estufa de secado a 130 °C durante 2 horas.
- o) Después se dejó enfriar los crisoles en la misma estufa, luego un enfriamiento final a temperatura ambiente por unos minutos.
- p) Posteriormente se pesó los crisoles más la muestra (W2).
- q) En una mufla se incineró las muestras de los crisoles a 500 °C, llegado a esta temperatura se dejó durante 3 horas.
- r) Se apagó la mufla, se dejó enfriar los crisoles entre 7 a 10 horas.
- s) Luego se realizó un nuevo pesado de los crisoles (W3).
- t) Finalmente se calculó la fibra obtenida con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra cruda} = 100 \cdot \left[\frac{W2 - W3}{W1} \right]$$

- **Determinación de grasa**

Se utilizó el método AOAC 920.85.

- a) Se pesó el balón frío (P1).
- b) Posteriormente se pesó 5 g. de muestra (P2).

- c) Después se empaquetó la muestra en papel filtro.
- d) Se colocó el paquete en el cuerpo del soxhlet, previamente montado.
- e) Luego se añadió disolvente (éter de petróleo) hasta una altura adecuada para luego poder ser sifoneado hacia el balón.
- f) Después se conectó la fuente de calor (cocina eléctrica) y se esperó que de 10 sifoneadas que duro un aproximado de 3 horas y 20 minutos.
- g) Posteriormente se sacó el balón cuando tenía poco disolvente, momentos antes de ser sifoneado.
- h) Se colocó el balón en la fuente de calor para evaporar el sobrante de disolvente, teniendo cuidado ante la combustión violenta del disolvente.
- i) Finalmente se enfrió el balón a temperatura ambiente, luego se realizó el pesado del balón más la grasa obtenida. (P3).
- j) Se expresó el porcentaje de grasa del balón según la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Grasa} = 100 \cdot \left[\frac{P3 - P1}{P2} \right]$$

Donde:

P1 = Peso del balón vacío, g

P2 = Peso de la muestra, g

P3 = Peso del balón con la grasa extraída, g

- **Determinación de carbohidratos.**

Se determinó por diferencia recomendado por A.O.A.C. (1990), con la siguiente fórmula.

$$\% \text{Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{proteínas} + \% \text{cenizas} + \% \text{grasas})$$

- **Determinación del volumen del pan de oca.**

Se obtuvo a través del método de “Desplazamiento de harina de trigo”, el mismo que consistió en colocar en un recipiente (vaso de precipitado) harina de trigo, se anotó el nivel que ocupó este, posteriormente se procedió a retirar la harina de trigo, se colocó dentro del recipiente el pan de oca cuyo volumen debía determinarse, se recubrió con la harina de trigo hasta volver al nivel que ocupó anteriormente sin el pan, luego se midió el

volumen de la harina de trigo no utilizada por medio de una probeta, siendo ése el volumen del pan.

2.3.3.3. Análisis Estadístico

Se aplicó el modelo aditivo lineal y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey y Duncan al 95% de confianza.

Variable Estadística : Influencia de la cantidad de harina de “Oca” *Oxalis tuberosa* y tiempo de fermentación en el valor nutritivo y la aceptación del pan.

Modelo Aditivo Lineal.

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

Donde:

- i = 1, 2, 3,4 (Niveles del factor A).
- j = 1, 2, 3 (Niveles del factor B).
- a_1, a_2, a_3, a_4 = Cantidad de harina de oca.
- b_1, b_2, b_3 = Tiempo de fermentación.

Además:

Y_{ij} = valor nutricional y aceptabilidad en la i -ésima cantidad de harina de oca, en el j -ésimo tiempo de fermentación, en la elaboración de pan de “Oca” *Oxalis tuberosa*.

- μ = Efecto de la media general.
- α_i = Efecto de la i -ésima cantidad de harina de oca.
- β_j = Efecto del j -ésimo tiempo de fermentación.
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la i -ésima cantidad de harina de oca y el j -ésimo tiempo de fermentación.
- ϵ_{ij} = Error experimental.

III. RESULTADOS

Tabla 01. Valores de las características fisicoquímicas de la Oca fresca.

Características fisicoquímicas de la Oca	Valor
pH	5.32
Acidez total (%)	0.33
Sólidos Solubles (° Brix)	8
Índice de madurez	0.04
Humedad (%)	66.9
Fibras (%)	1
Cenizas (%)	1
Grasa (%)	0.8
Proteínas (%)	3.06
Carbohidratos (%)	75.23

Fuente: Elaborado por el tesista.

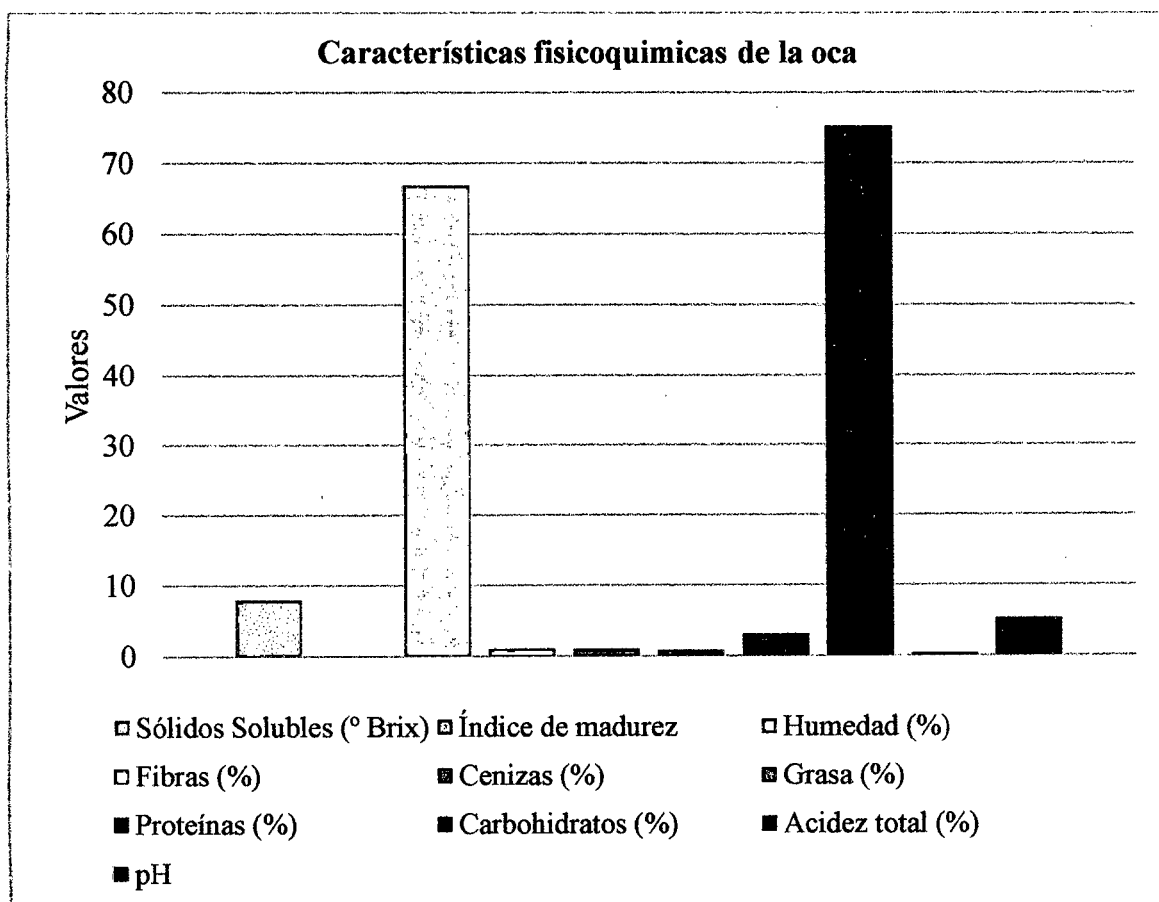


Figura 03: Valores obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la oca fresca.

Tabla 02. Valores de la características fisicoquímicas de la Harina de Oca.

Características Fisicoquímicas de la Harina de Oca	Valor
pH	5.89
Acidez total (%)	2.68
Sólidos Solubles (° Brix)	14.1
Humedad (%)	8.70
Fibras (%)	2
Cenizas (%)	3
Grasa (%)	1,6
Proteínas (%)	27.56
Carbohidratos (%)	59.14

Fuente: Elaborado por el tesista.

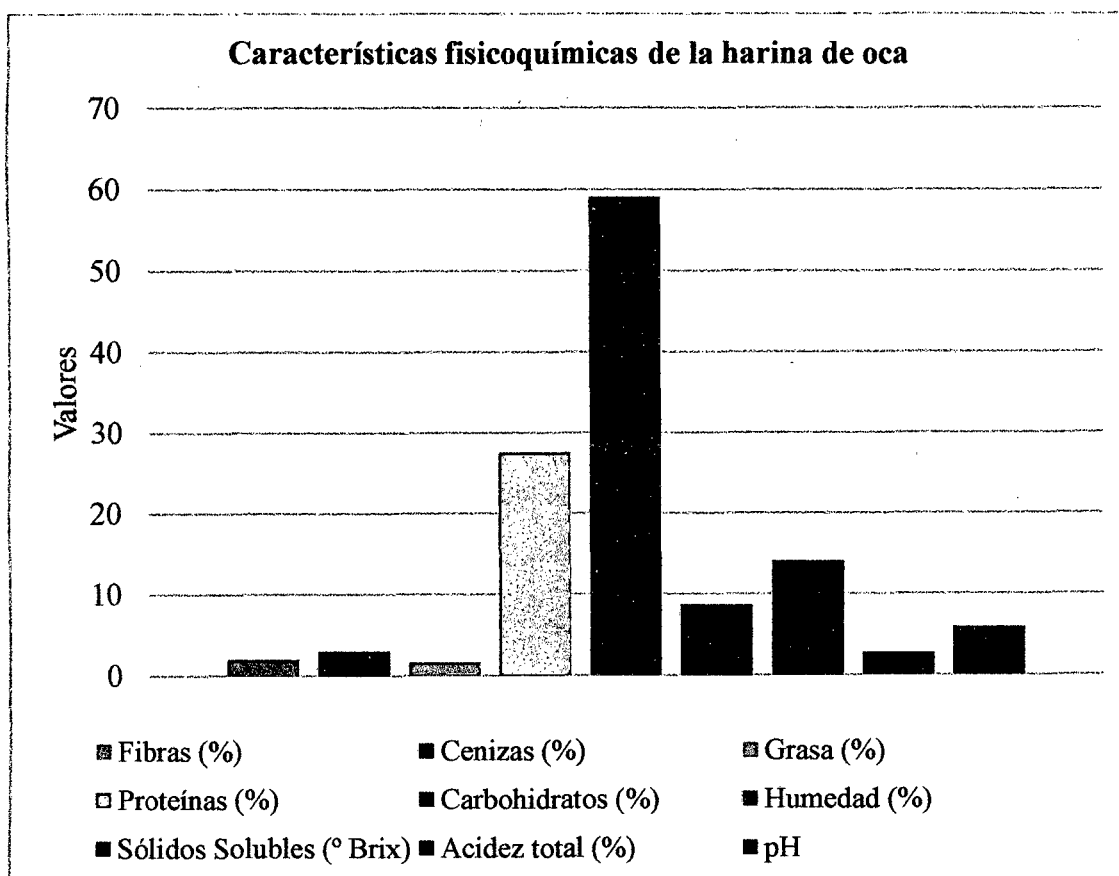


Figura 04: Valores obtenidos de las características fisicoquímicas de la harina de oca.

Tabla 03. Valor acumulado en los parámetros (sabor, color, aroma, textura), de las características organolépticas de pan de oca, para doce tratamientos.

Tratamiento	Características organolépticas				TOTAL
	Sabor	Color	Aroma	Textura	
T1	61	75	68	66	270
T2	66	73	72	67	278
T3	71	75	72	69	287
T4	68	69	69	72	278
T5	68	69	68	63	268
T6	69	69	66	60	264
T7	68	72	64	72	276
T8	74	65	68	60	267
T9	65	62	68	65	260
T10	70	61	65	68	264
T11	59	57	66	58	240
T12	54	58	59	55	226

Fuente: Elaborado por el tesista.

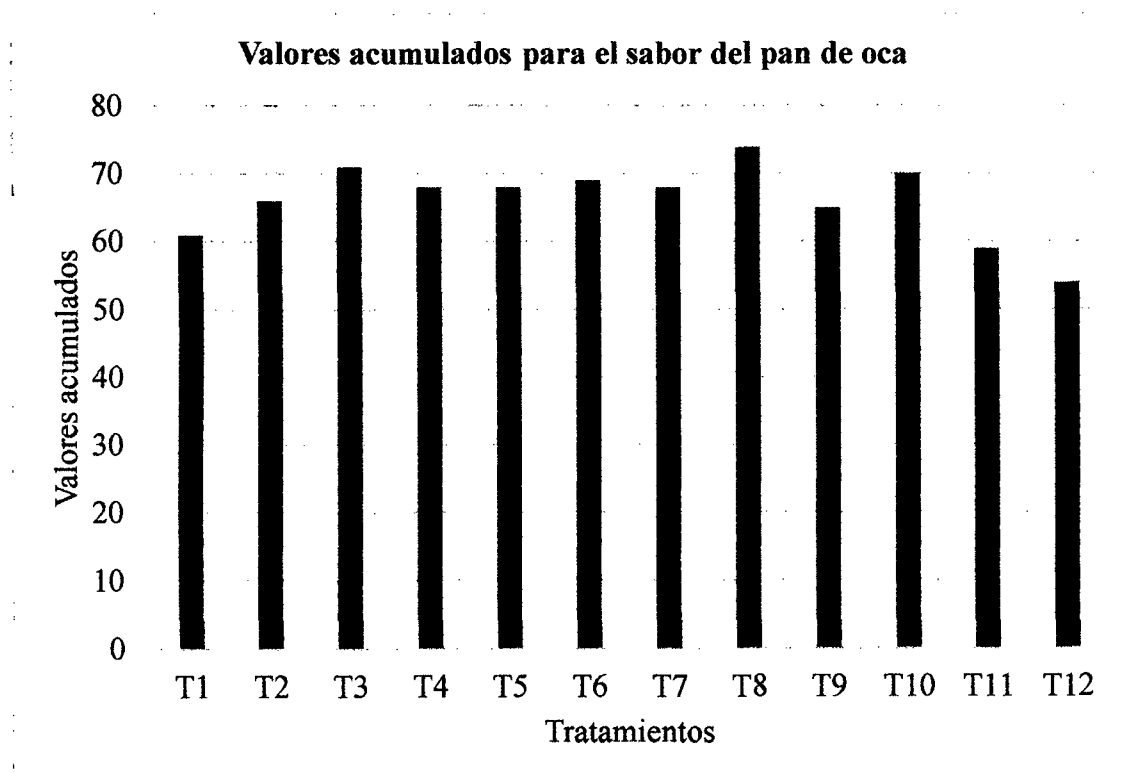


Figura 05: Valores obtenidos del pan de oca en el parámetro sabor de las características organolépticas, para los doce tratamientos.

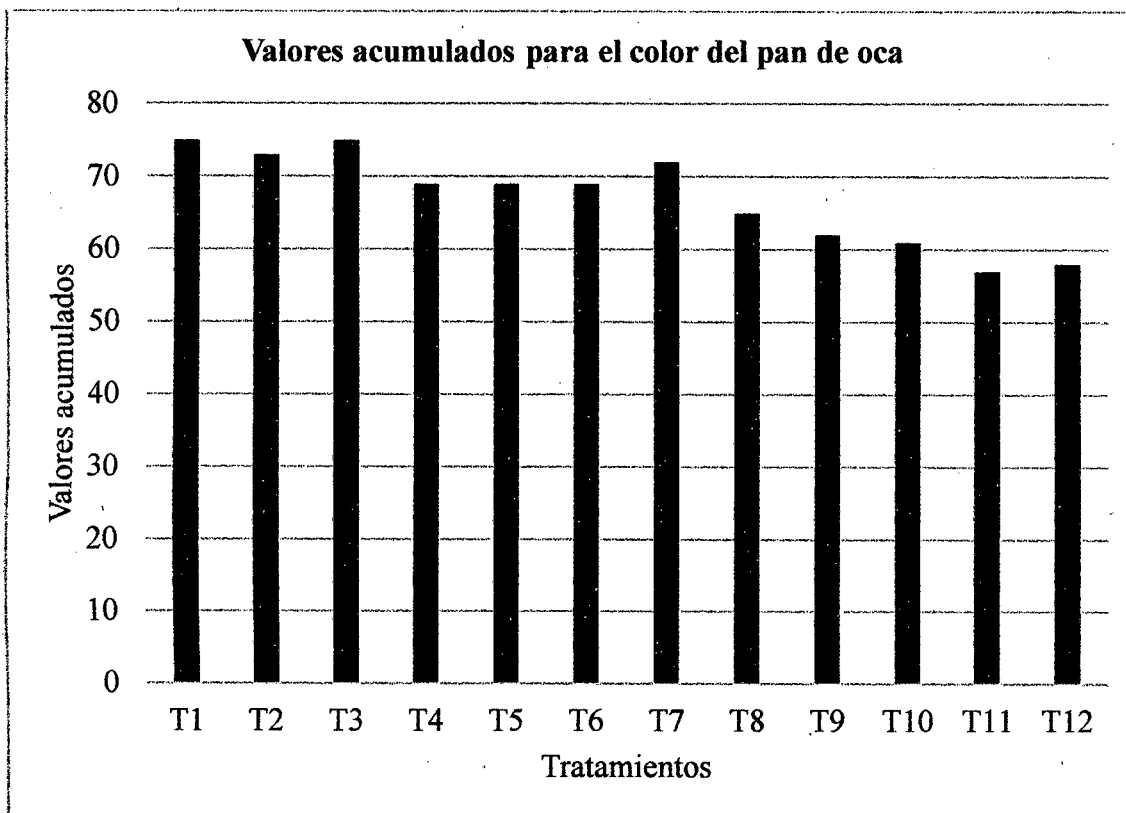


Figura 06: Valores obtenidos del pan de oca en el parámetro color de las características organolépticas, para los doce tratamientos.

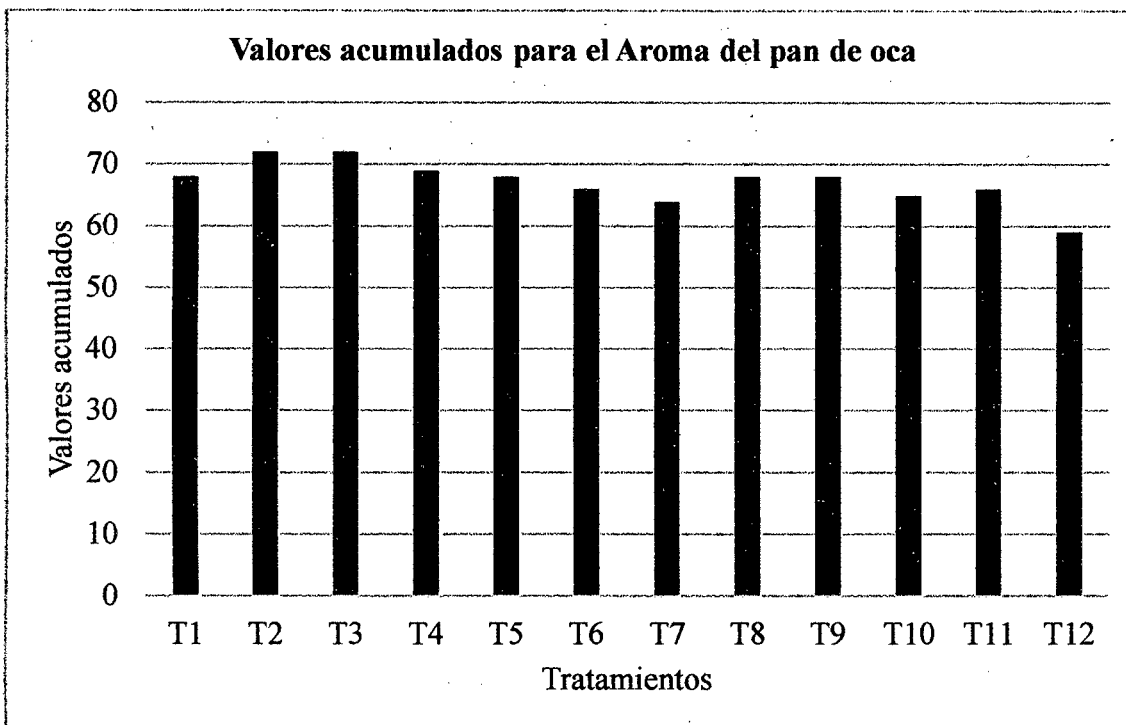


Figura 07: Valores obtenidos del pan de oca en el parámetro aroma de las características organolépticas, para los doce tratamientos.

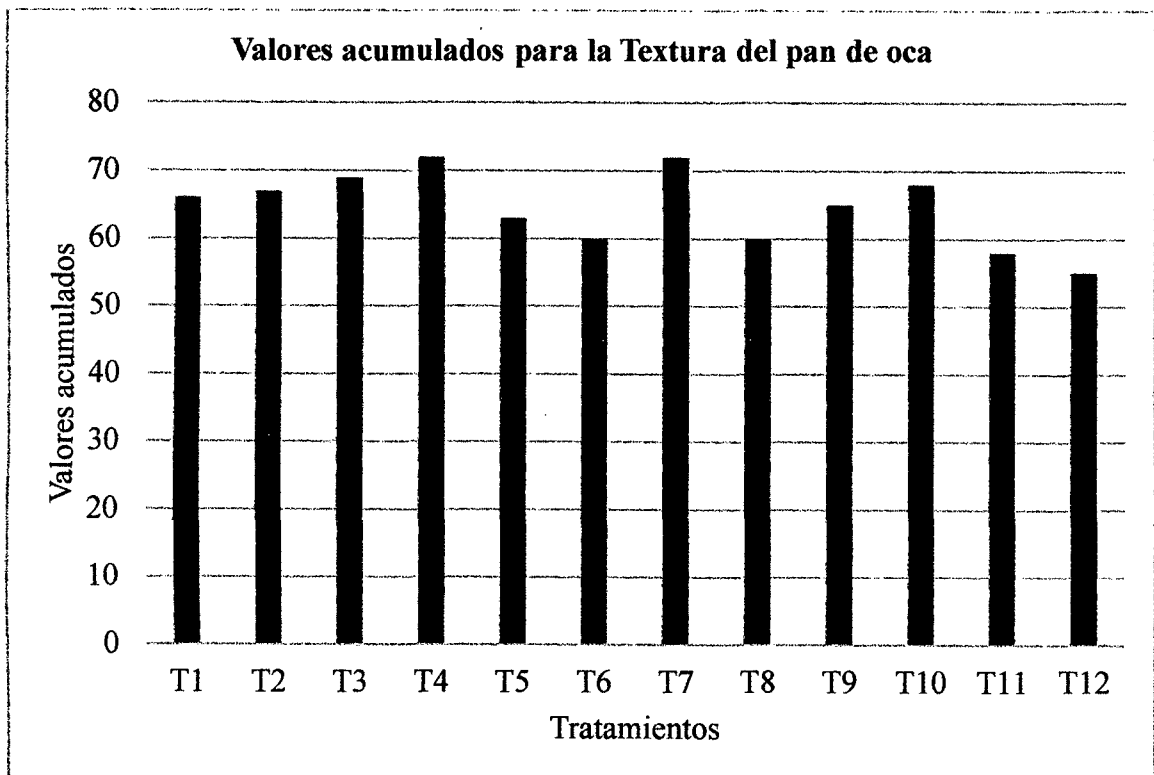


Figura 08: Valores obtenidos del pan de oca en el parámetro textura de las características organolépticas, para los doce tratamientos.

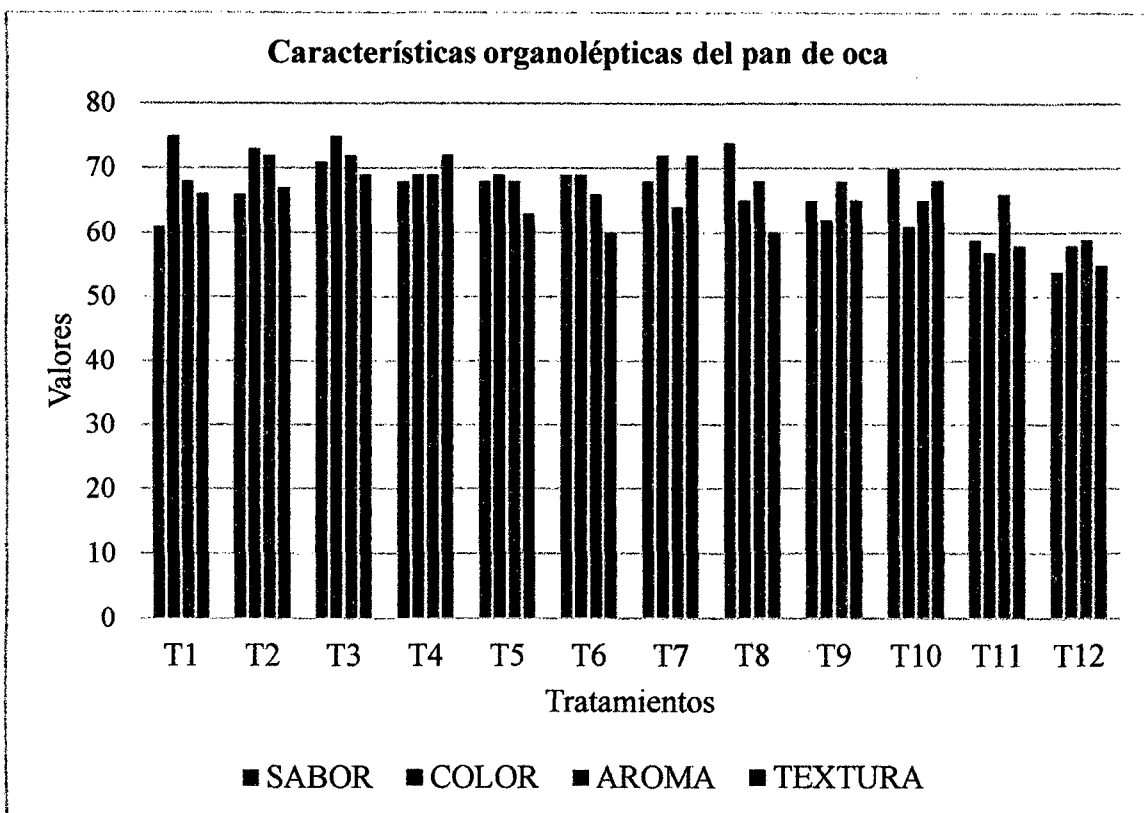


Figura 09: Valores obtenidos del pan de oca en los parámetros (sabor, color, aroma, textura), de las características organolépticas de pan de oca, para doce tratamientos.

Tabla 04. Caracterización fisicoquímica del tratamiento testigo.

Caracterización Fisicoquímica del Tratamiento Testigo	Valor
pH	5.92
Acidez total (%)	0.40
Sólidos Solubles (° Brix)	11.1
Humedad (%)	12.73
Fibras (%)	1
Cenizas (%)	1
Grasa (%)	17.4
Proteínas (%)	18.81
Carbohidratos (%)	50.06

Fuente: Elaborado por el tesista.

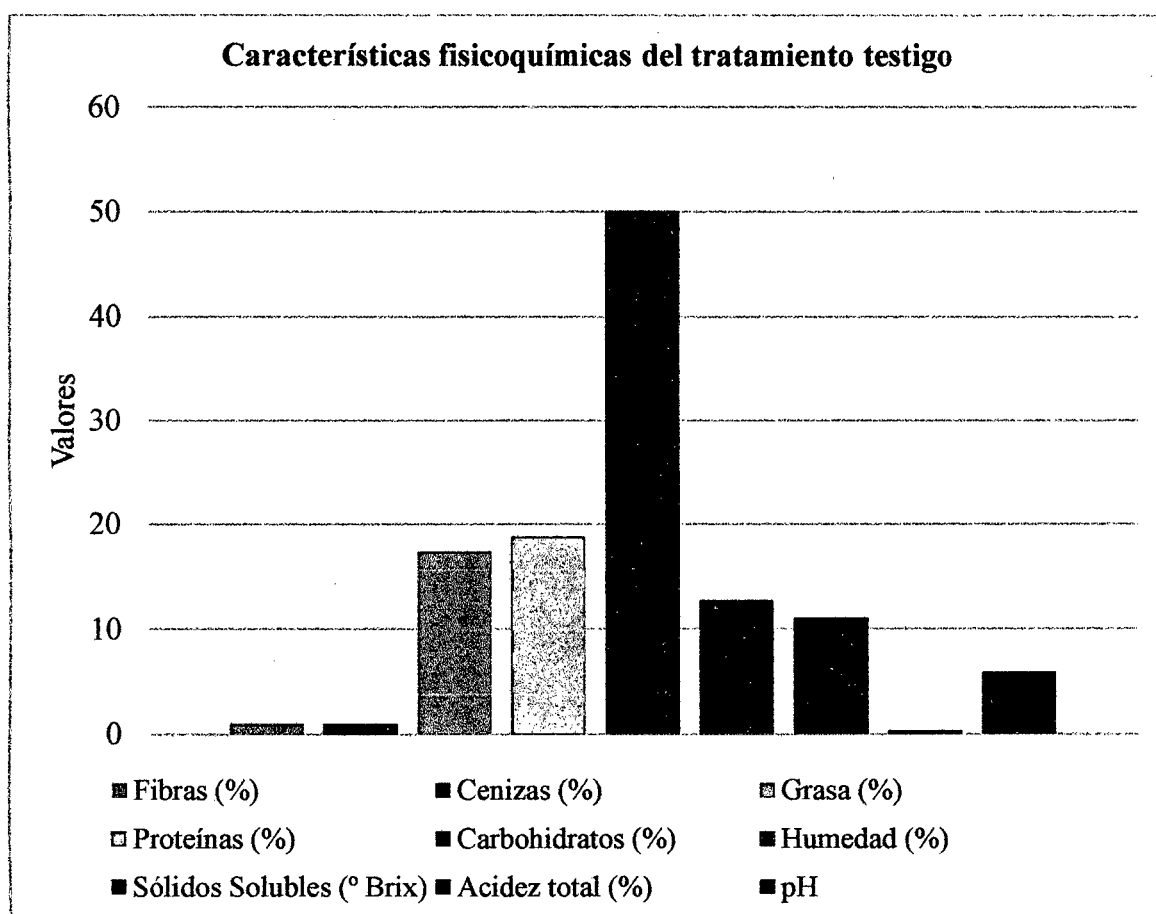


Figura 10: Valores obtenidos de las características fisicoquímicas del tratamiento testigo.



18 MAR 2016

Tabla 05. Caracterización fisicoquímica del mejor tratamiento.

Caracterización Fisicoquímica del mejor tratamiento	Valores			
	R1	R2	R3	Promedio
pH	5.32	5.35	5.28	5,32
Acidez total (%)	0.53	0.62	0.53	0,56
Sólidos Solubles (° Brix)	11.3	11.4	11.2	11,30
Humedad (%)	13.11	15.53	17.15	15,26
Fibras (%)	1	1	2	1,33
Cenizas (%)	1	1	2	1,33
Grasa (%)	17.6	18.2	18.4	18,07
Proteínas (%)	31.28	30.19	31.06	30,84
Carbohidratos (%)	37.01	35.11	31.39	34,50

Fuente: Elaborado por el tesista.

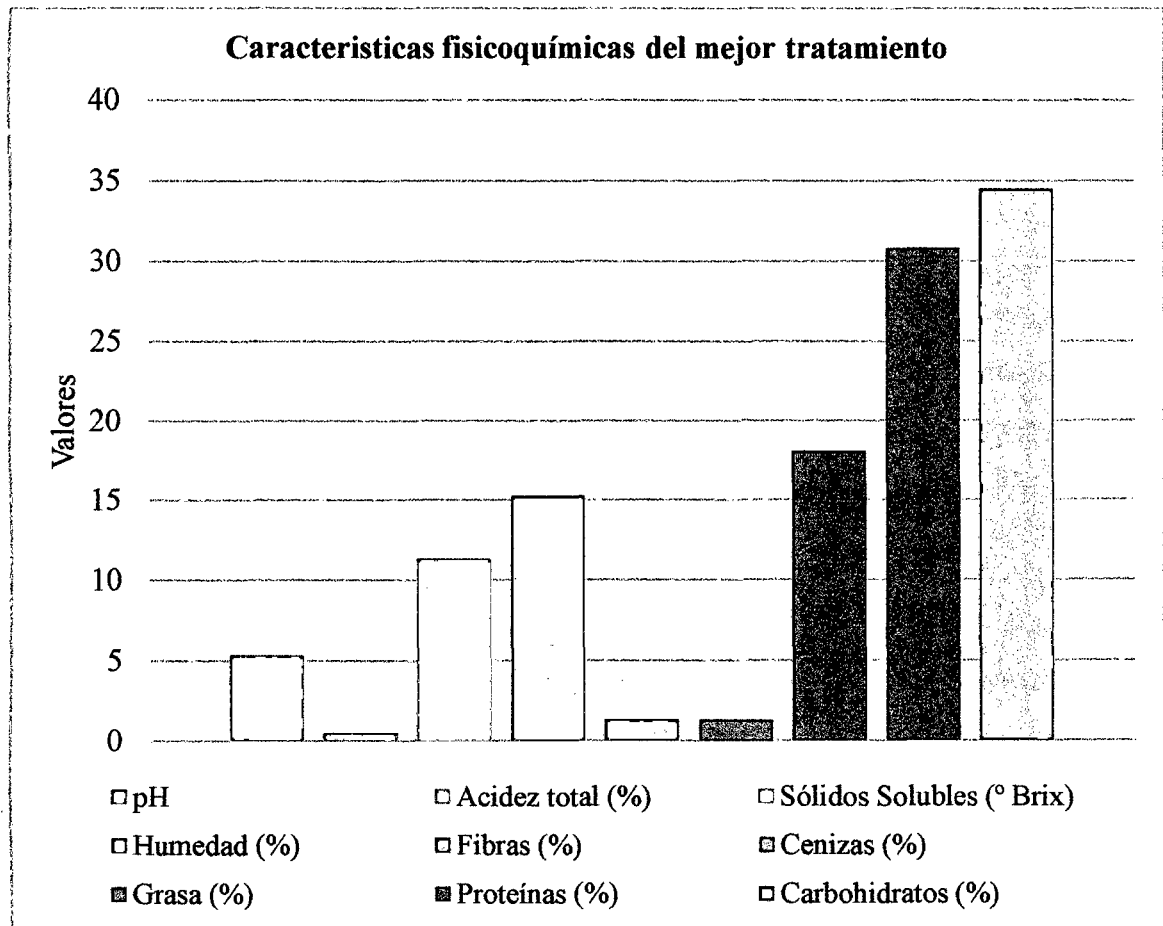


Figura 11: Valores obtenidos de las características fisicoquímicas del mejor tratamiento.

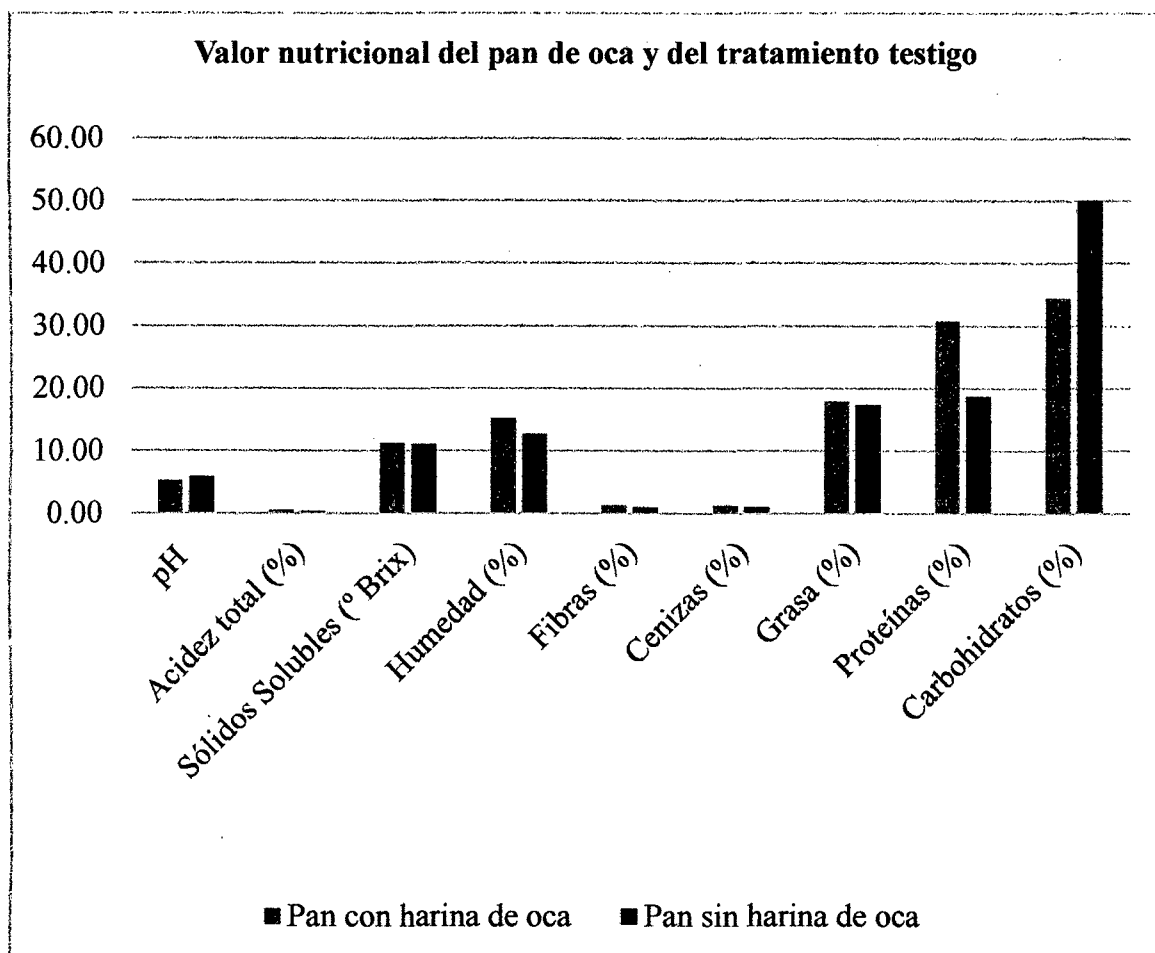


Figura 12: Valor nutricional del pan sin harina de oca (Testigo) y con harina de oca (Tratamiento óptimo)

Tabla 06. Descripción de las características sensoriales del pan con harina de oca.

Características	Descripción
Forma	Circular
Color	Característico al pan tipo francés (caramelo)
Olor	Semejante a la harina de oca
Textura	Suave.
Volumen	138.94 ml

Fuente: Elaborado por el tesista.

IV. DISCUSIONES

La humedad de la oca fresca utilizada en la presente investigación fue de 66.9 % y según María Elena *et al* (2011) la oca fresca tiene un porcentaje de humedad de 86.79 %, esto demuestra que la oca que utilicé ha sido cosechada varios días antes, ya que la oca sigue perdiendo humedad después de cosecharla y más si ésta ha sido expuesta al sol.

Los carbohidratos obtenidos de la oca fresca fue de 75.23 % lo que demuestra que la oca posiblemente ha sido sometida al soleado, por eso ha perdido humedad y se ha concentrado más los carbohidratos, que es mucho mayor comparado con los resultados obtenidos por María Elena *et al* (2011) que fue de 10.41 %.

La capacidad del gluten para formar la red esponjosa está influida por el pH de la masa, una harina fresca tiene un pH de 6 – 6,2, el pH óptimo para la panificación es de 6, a medida que aumenta el tiempo de fermentación va tomando valores de pH más bajos (Calvel R, 1994); sin embargo tal como se muestra en la tabla 02 el pH de la harina de oca es de 5,89, a diferencia del pan de oca que presenta un nivel más bajo de pH como se muestra en la tabla 05 el pan llega a un pH de 5,32, esto es porque de acuerdo con Calvel R, 1994 el pH durante la panificación va tomando niveles más bajos esto se debe al tiempo de fermentación durante el proceso.

Para la producción de harina de oca, se siguió los siguientes pasos: selección, pesado, lavado, cortado, secado artificial, molido, tamizado, sin embargo Pazmiño, (2007) sugiere también que se realice luego del cortado un sulfatado que consiste en la inmersión de las rodajas en una solución de Bisulfito de Sodio al 1 %, para evitar los cambios enzimáticos que se produzcan cuando se lleve al secado.

Quaglia, G. (1991) dice: “las proteínas que componen al gluten son: gliadina y glutenina. Las proteínas de la gliadina que se encuentran en la harina son responsables del volumen potencial del pan y en cambio las de la glutenina regulan el tiempo de amasado de la harina por lo que una justa proporción de ambas, nos dan las condiciones ideales para la harina dedicada a la panificación”. Esta característica no presenta la harina de oca por lo que se tenía que usar harina de trigo para la formación del gluten.

Según Austin G. (1989), las levaduras, bacterias y mohos utilizados para la fermentación requieren medio ambiente específico y alimentos especiales para asegurar su actividad, la temperatura más favorable varía de 5 a 40 °C. Por ese motivo la temperatura de fermentación en la presente investigación fue de 38 °C para que la levadura tenga un óptimo crecimiento y esto se notó en la aceptabilidad de la textura del pan de oca por parte de los panelistas.

Respecto a la humedad de la harina de oca se obtuvo un valor de 8.70 %, el cual no es aceptable comparado con harina de trigo que reportó Delgado N., (2012) ($12,90 \pm 0,29\%$) en su investigación titulada microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua potenciales extensores cárnicos. Esto debido a que se secó por mayor tiempo la oca para poder molerlo posteriormente.

En cuanto a los resultados de la harina de oca se observó que el valor de la ceniza fue de 3 % esto está dentro de los establecidos por Espín S., (2012) (3 – 4 %) en su investigación Composición química valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos.

Tejero, (2002) y Cortés (2002), coinciden en afirmar que cuando hay deficiencias en el contenido de proteínas, se desmejoran los atributos del pan, lo mismo sucede si es que se agrega mucha proteína. Esto se muestra en la Figura 09, cuando se sustituye con mayores porcentajes de harina de oca afecta el sabor, color y textura según los resultados obtenidos de la evaluación organoléptica.

La importancia del color de un alimento es muy grande, ya que se le considera no solo como índice de calidad sino también concede carácter distintivo a los alimentos a los cuales está habituado el consumidor, haciendo decoro a la frase “cada día se come más con los ojos” (Saltos H. A., 1993). Por ese motivo según la figura 06 el color del pan de oca que les agradó más a los panelistas fue el tratamiento 3, el cual resultó ser el mejor entre los demás tratamientos.

Los porcentajes de sustitución de la harina de trigo por harina de oca, dieron mejores resultados en la producción de pan en un 10% y en la producción de galletas y biscochos en un 15%, según los estudios realizados por Reinoso (1994). Sin embargo los

ensayos realizados en Ecuador, permiten estimar que la harina de oca podría reemplazar a la de trigo hasta en un 20% (Mag. 1986), pero para la elaboración de pan de oca, los mejores resultados que se obtuvieron en la presente investigación están en un nivel de 10% de harina de oca, los cuales coinciden con los resultados obtenidos de Reinoso (1994).

El porcentaje de acidez del mejor tratamiento (T3) fue de 0.56 % y del tratamiento testigo fue de 0.40 %. Estos valores nos indican que el pan de oca tiene un alto porcentaje de acidez con respecto al pan sin harina de oca debido a que la concentración de acidez está altamente relacionada con el grado de madurez del tubérculo y con el contenido de azúcares totales. (Soto, L. 2000). La reducción de ácido oxálico da lugar a una oca de sabor dulce. (Cajamarca E. 2010).

El porcentaje de humedad del mejor tratamiento (T3) fue de 15,26; y del tratamiento testigo fue de 12,73, lo cual se cumple con lo que afirma Potter (1968), referente al rango de humedad que debe tener una harina de trigo que debe estar comprendida entre 10 y 14%, con esto podemos afirmar que la harina de oca retiene mayor contenido de humedad ya que el porcentaje de humedad del mejor tratamiento fue mayor al del tratamiento testigo.

El contenido proteico de la harina es un parámetro muy importante, tanto para la valoración de la calidad panificable, como para conocer el valor nutritivo de la harina (Quaglia, 1991), el contenido de proteína de la harina de oca fue de 27,56%, lo cual está muy lejos del rango reportado por Potter (1968) que dice que una harina para panificación debe tener entre 8 – 13% de proteína, de esta manera se puede explicar la aceptación de los panelistas por la sustitución del 10% ya que los cambios de sabor, aroma y textura que presentan los tratamientos con sustitución de harina de trigo por harina de oca mayores o iguales a 15% no son aceptables.

En cuanto al contenido de grasa en el pan, el testigo arrojó un valor de 17,4% y el mejor tratamiento (T3) presentó un valor de 18,07%, el cual es mucho mayor con respecto a la harina de oca que contuvo 1,6% de grasa, en el pan aumenta debido al ingrediente (manteca) que es agregado durante en proceso según Ciarfella (2009).

La oca es un alimento que proporciona un alto nivel de calorías al organismo, por su elevada cuantía de carbohidratos que proviene del azúcar. Es un alimento energético según Estrella Aguirre, (1986). El porcentaje de carbohidratos del mejor tratamiento (T3) tubo 34.50 % y del tratamiento testigo fue de 50.06 % esto debido a que a este tratamiento como se muestra en la tabla 08 se le disminuyo la cantidad de azúcar que se le iba agregar porque la harina de oca es dulce y el pan nos hubiese resultado muy dulce para los panelistas, ya que a ellos les agradó el pan que contenía menor cantidad de harina de oca porque era menos dulce que los demás tratamientos.

V. CONCLUSIONES

- Se obtuvo pan tipo francés mediante la sustitución parcial de harina de oca en un 10 % y con un tiempo de fermentación de 4 horas.
- La calificación sensorial promedio de los panelistas, en el tratamiento 3, para el sabor fue de 4,7; para el color de 5, para el aroma de 4,8 y para la textura 4,6; lo que significa en escala hedónica que el pan está entre aceptable y bueno.
- Los resultados de la aceptabilidad del producto obtenidos mediante paneles de degustación demuestran que sus características sensoriales son adecuadas para constituir un alimento alternativo.
- Los valores del análisis fisicoquímico del mejor tratamiento de pan de oca son: pH 5,32, humedad 15,26%, cenizas 1,33%, grasa 18,07%, proteínas 30,84% y carbohidratos 34,50%.
- El volumen obtenido del mejor tratamiento fue 138.94 ml.
- El análisis de varianza para el sabor del pan de oca, mostró diferencia significativa para los 12 tratamientos, y según la prueba Tuckey que son las comparaciones múltiples la diferencia significativa está en los tratamientos T12 - T3 y T12 - T8.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de mercado para posicionar productos elaborados a base de harina de oca debido a que tiene un alto contenido proteico.
- Difundir el consumo del producto debido a que es un alimento cuyas características físico químicas y sensoriales son adecuadas para incluirlo como alternativa en la alimentación en general.
- Evaluar los costos de producción para la instalación de una panificadora de elaboración de pan de oca empleando los valores óptimos de mezcla obtenidos en la presente investigación
- Para la extracción de harina de oca se recomendaría realizar otra investigación donde se utilice otros equipos más sofisticados y de mayor tamaño que un secador de bandejas en el secado de hojuelas de oca fresca, así como también un equipo que evite pérdidas de materia prima en el cortado de hojuelas a comparación del cortado manual con una chiflera, para que la extracción de harina de oca sea más rentable en la panificación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abascal de la Vega, Luisa Fernanda. 2005. Propuesta de elaboración de pan blanco fortificado con zinc para el consumo de pacientes en el Hospital Roosevelt. Tesis. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2338.pdf
- Alfaro, Gonzalo; Illanes Walker, Vera, Blasco; Tórrez Edwin y Larondelle, Yván. 1999. Obtención de harinas de raíces y tubérculos andinos. En Raíces y tubérculos andinos. Avances de investigación (Tomo I). (pp. 223-241). Centro Internacional de la Papa (CIP) – Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). Lima, Perú: Epígrafe Editores, S. A.
- Austin, G. 1989. “Manual de Procesos Químicos en la Industria”, México, D.F. Quinta edición.
- Ayala, Guido. 2004. Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana (7). En Raíces andinas: contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Serie: conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993- 2003). (pp. 101-112). Nº 6. Universidad Nacional de Cajamarca – Centro Internacional de la Papa - Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú.
- Beizadea, Elena. 2009. Fortification of wheat flour. Romanian Biotechnological Letters. 14(2):4300-4306.
- Calvel, R. 1994. El sabor del pan. Ed. Montagud, Barcelona.
- Cajamarca, E. 2010. “Evaluación nutricional de la Oca (*Oxalis Tuberosa*) fresca; Endulzada y Deshidratada en secador de Bandejas”. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Químico Farmacia, Escuela Politécnica Chimborazo. Pág.120-130, 150-162.
- Ciarfella, A. 2009. Evaluación de las raíces comestibles de cuatro variedades promisorias de yuca, caracterización del almidón y elaboración de casabe fortificado. Tesis doctoral. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela.
- Cortés, M. 2002. La harina de trigo. Disponible en: <http://www.molineraypanaderia.com/técnica/harina/hariENG.html>.

- Delgado C., N., & Albarracín H., W. (2012). Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa w*) y chachafruto (*Erythrina edulis*): potenciales extensores cárnicos. redalyc.org.
- Espín, S. E. (2012). Caracterización Físico - Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. Raíces y tubérculos andinos.
- Espinosa, P, Vaca, R, Abad, J, Crissman, CH. 1996. "Raíces y Tubérculos Andinos", Quito-Ecuador, ABYA-YALA Ediciones.
- Estrella Aguirre, E. (1986). El Pan de America. Quito: II. Edición. Quito: Ed. Abya-Yala, 1988; III Edición. Quito: Ed. Abya-Yala, 1990.
- García, Auris y Pacheco, Emperatriz. 2009. Hidrólisis enzimática *in vitro* y microscopía electrónica de la harina horneada y extrudida de arracacha. *Agronomía Tropical*. 59(3):297-308.
- Imhoff-Kunsch, Beth; Flores, Rafael; Dary, Omar and Martorel, Reynaldo. 2007. Wheat flour fortification is unlikely to benefit the neediest in Guatemala. *The Journal of Nutrition*. 137:1017-1022.
- INIAP. 2000. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Aplicaciones agroindustriales de raíces y tubérculos andinos. Informe técnico de avances. Línea de acción 34. Período septiembre 1999 a septiembre 2000. 8-45.
- MAG; 1986. Revisión Técnica sobre cultivos de raíces y tubérculos Andinos. Ecuador.
- Matos-Chamorro, Alfredo y Muñoz-Alegre, Karen Isabel. 2010. Elaboración de pan con sustitución parcial de harina pre cocida de ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis*). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(1):31-35.
- Natri, Anna Mari; Salo, Pirjo; Vikstedt, Tiina; Palssa, Anette; Huttunen, Minna; Kärkkäinen, Merja U.M.; Salovaara, Hannu; Piironen, Vieno; Jakobsen, Jette and Lamberg-Allardt, Christel J. 2006. Bread fortified with cholecalciferol increases the serum 25-hydroxyvitamin D concentration in women as effectively as a cholecalciferol supplement. *The Journal of Nutrition*. 136:123-127.
- Noguera, Yamilet y Pacheco de Delahaye, Emperatriz. 2000. Caracterización física, química y sensorial de hojuelas fritas de arracacha. *Agronomía Tropical*. 50(2):241-252.

- Osuna, Mariana B.; Avallone, Carmen M.; Montenegro, Susana B. y Aztarbe, Marcela. 2006. Elaboración de pan fortificado con ácidos grasos Omegas 3 y 6. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: T-094. <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-094.pdf>
- Pazmiño Vaca, María de Lourdes. 2007. Estudio y análisis de la oca (*Oxalis tuberosa*) y propuesta gastronómica. Tesis. Facultad de turismo y preservación ambiental hotelería y gastronomía. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito. Ecuador.
- Pérez-Azahuanche, Fredy y Caypo-Luna, Carmen. 2007. Raíz de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) una buena fuente de carbohidratos. Ciencia y Salud. 1(1):14- 16.
- Piscocoya-Magallanes, Carol Rocio. 2002. Formulación, elaboración y prueba de aceptabilidad de pan francés fortificado con calcio en 2 concentraciones diferentes. Tesis. Facultad de Medicina Humana, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/salud/piscocoya_m_c/indice.htm
- Potter, N. 1968. Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- PRONAA-UGATSAN. 2008. Programa Nacional de Asistencia Alimentaria- Unidad Gerencial de Articulación Territorial y Seguridad Alimentaria y Nutricional. Papapan fortificado. Especificaciones técnicas. Programa Integral de Nutrición (PIN) Sub-Programa Escolar, Perú.
- Quaglia, Giovanni. 1991 “Ciencia y Tecnología de la Panificación”. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Reinoso, J; 1994. Evaluación, Mejoramiento y difusión de los sistemas de conservación y transformación de las Raíces y Tubérculos Andinos; IAPA (Instituto de Análisis de Política Agraria); Lima.
- Repo-Carrasco, R.; Espinoza, C. and Jacobsen, S.-E. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. 19(1-2):179-189.
- Saltos, H. 1993, “Diseño Experimental”. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos”. UTA. Ambato –Ecuador, Pág. 43-55.

- Soto, L. 2000. “Selección y Optimización de un Método de Secado para Aumentar la Concentración de Azúcares en la oca (*Oxalis tuberosa*)” Tesis Doctor Química. Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencia Químicas-ESPOCH. Riobamba. Pág. 122-130.
- Soto, P. 2000. “Como iniciar tú negocio. Panadería – Pastelería”. Editora y Distribuidora Palomino E.I.R.L. Primera Edición.
- Tejero, F. 2002. Factores que influyen en la fuerza de la masa. Disponible en: <http://www.molineraypanaderia.com/tecnica/Sproduc/factores.html>.
- Winkels, Renate M.; Brouwer, Ingeborg A.; Clarke, Robert; Katan, Martijn B. and Verhoef, Petra. 2008: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 88:348-355.
- Xavier Barriga, 2011, pan hecho en casa y con el sabor de siempre, Disponible en: [http:// books.google.com.pe/books?todosobreelpan](http://books.google.com.pe/books?todosobreelpan).

ANEXOS

Anexo 1. Resultados obtenidos de los análisis realizados para el pan de *Oxalis tuberosa* “oca”.

Tabla 07: Valores de porcentaje de harina de oca y tiempos de fermentación en la elaboración de pan de oca para los trece tratamientos.

Tratamientos		Harina de oca (%)	Tiempo de fermentación (horas)
A1B1	T1	10	2
A1B2	T2	10	3
A1B3	T3	10	4
A2B1	T4	15	2
A2B2	T5	15	3
A2B3	T6	15	4
A3B1	T7	20	2
A3B2	T8	20	3
A3B3	T9	20	4
A4B1	T10	25	2
A4B2	T11	25	3
A4B3	T12	25	4
Testigo	T13	0	3

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla 08. Formulación para la elaboración de pan sustituido con harina de oca (para 300 gr de harina)

INSUMO	CANTIDAD (gr)				
	0 %	10 %	15 %	20 %	25 %
Harina de trigo	300	270	255	240	225
Harina de oca	0	30	45	60	75
Azúcar	37.5	36	33	30	27
Levadura	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
Sal	4.29	4.29	4.29	4.29	4.29
Manteca	63	63	63	63	63
Agua	142.5 ml	142.5ml	142.5ml	142.5ml	142.5ml

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla 09. Datos registrados de la evaluación sensorial en cuanto a sabor de los panes elaborados con sustitución parcial de harina de oca.

Tratamientos Bloques	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	TOTAL
1	4	5	4	6	5	3	4	4	3	4	5	2	49
2	5	6	5	6	6	6	6	5	4	5	5	4	63
3	2	4	3	4	3	5	3	6	2	3	2	3	40
4	3	3	4	3	4	4	3	4	3	4	3	3	41
5	3	5	6	4	5	3	4	6	4	6	5	5	56
6	5	6	7	6	6	7	5	7	6	5	4	4	68
7	6	5	5	5	6	5	6	4	5	6	4	4	61
8	5	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	3	43
9	4	4	5	4	4	5	6	6	6	5	4	5	58
10	2	1	3	5	5	4	5	6	5	5	4	2	47
11	5	7	6	5	7	7	7	7	7	7	7	7	79
12	4	3	3	3	2	2	2	3	3	4	1	2	32
13	6	6	6	7	4	7	6	5	6	6	6	6	71
14	4	4	5	5	4	4	5	4	3	3	3	2	46
15	3	3	5	2	4	3	2	3	5	4	3	2	39
TOTAL	61	66	71	68	68	69	68	74	65	70	59	54	793
PROMEDIO	4,07	4,4	4,73	4,53	4,53	4,6	4,53	4,93	4,33	4,67	3,93	3,6	-

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla 10. Datos registrados de la evaluación sensorial en cuanto a color de los panes elaborados con sustitución parcial de harina de oca.

Tratamientos Bloques	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	TOTAL
1	5	5	4	5	5	4	5	4	4	3	4	2	50
2	7	7	6	7	6	7	7	5	5	5	5	5	72
3	4	4	3	3	4	5	5	5	3	2	3	4	45
4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	39
5	6	5	6	6	5	5	4	6	5	5	6	6	65
6	6	6	6	7	7	7	5	7	5	5	4	4	69
7	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	57

8	4	3	4	3	4	4	3	3	5	4	3	3	43
9	4	5	7	3	5	5	6	5	6	6	6	7	65
10	3	3	3	3	3	3	5	3	2	2	2	2	34
11	5	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6	5	68
12	6	4	4	3	3	3	3	2	3	2	2	2	37
13	5	5	6	6	4	5	5	5	5	5	4	4	59
14	7	7	7	5	5	4	7	3	3	5	3	4	60
15	4	4	5	4	4	3	3	4	3	3	2	3	42
TOTAL	75	73	75	69	69	69	72	65	62	61	57	58	805
PROMEDIO	5,00	4,87	5,00	4,60	4,60	4,60	4,80	4,33	4,13	4,07	3,80	3,87	-

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla 11. Datos registrados de la evaluación sensorial en cuanto al aroma de los panes elaborados con sustitución parcial de harina de oca.

Tratamientos Bloques	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	TOTAL
1	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	36
2	6	7	6	6	6	5	4	5	4	5	6	4	64
3	4	5	3	3	4	3	3	5	3	3	3	3	42
4	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	41
5	4	5	6	4	5	4	3	5	6	4	5	5	56
6	7	6	7	7	6	7	5	7	5	4	4	4	69
7	6	6	5	5	5	5	6	5	6	6	6	5	66
8	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	43
9	5	5	6	6	5	6	7	6	7	6	7	5	71
10	2	5	5	5	5	5	4	3	5	5	5	2	51
11	5	5	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	74
12	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	35
13	6	6	6	6	5	6	6	6	7	6	6	6	72
14	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	38
15	4	4	5	3	5	3	5	3	4	4	4	3	47
TOTAL	68	72	72	69	68	66	64	68	68	65	66	59	805
PROMEDIO	4,53	4,80	4,80	4,60	4,53	4,40	4,27	4,53	4,53	4,33	4,40	3,93	-

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla 12. Datos registrados de la evaluación sensorial en cuanto a textura de los panes elaborados con sustitución parcial de harina de oca.

Tratamientos Bloques	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	TOTAL
1	2	3	4	5	3	3	3	2	2	2	3	1	33
2	7	6	5	6	6	4	5	5	6	6	5	5	66
3	3	4	3	3	4	3	3	5	3	3	3	3	40
4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	38
5	5	4	5	4	5	3	4	6	4	5	5	5	55
6	5	6	6	7	6	7	6	6	5	4	4	4	66
7	5	5	6	6	4	4	6	4	5	6	6	4	61
8	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	2	3	40
9	5	6	4	6	4	4	7	5	6	7	6	6	66
10	2	4	3	5	5	4	6	7	5	4	3	3	51
11	6	6	6	6	6	6	5	6	6	7	7	7	74
12	4	4	3	3	3	2	3	1	3	3	1	1	31
13	5	4	6	6	3	6	6	3	6	6	4	4	59
14	5	4	6	5	4	4	5	2	4	4	3	3	49
15	5	3	5	4	4	3	5	2	4	5	3	3	46
TOTAL	66	67	69	72	63	60	72	60	65	68	58	55	775
PROMEDIO	4,40	4,47	4,60	4,80	4,20	4,00	4,80	4,00	4,33	4,53	3,87	3,67	-

Fuente: Elaborado por el tesista.

Tabla 13. Análisis de varianza para Sabor de pan de oca.

F de V.	SC	GL	CM	Fc	Ft	Sig.
Tratamientos	22,99	11	2,09	2,44	1,85	*
Bloques	214,48	14	15,32	17,88	1,76	*
Error	131,92	154	0,86			
Total	369,39	179				

Donde:

* : Existe diferencia significativa.

n.s : No existe diferencia significativa.

Tabla 14. Promedios ordenados de los tratamientos en sabor de pan de oca, para doce tratamientos.

Interacción	Tratamientos	Promedio
A4B3	T12	3,60
A4B2	T11	3,93
A1B1	T1	4,07
A3B3	T9	4,33
A1B2	T2	4,40
A2B1	T4	4,53
A2B2	T5	4,53
A3B1	T7	4,53
A2B3	T6	4,60
A4B1	T10	4,67
A1B3	T3	4,73
A3B2	T8	4,93

Tabla 15. Aplicación de la prueba Tuckey para los tratamientos, en el sabor de pan de oca.

Comparación	Diferencia	5%	ALS(T)	Sig. (5%)
T12 – T11	0,33	<	1.10	n.s.
T12 – T1	0,47	<	1.10	n.s.
T12 – T9	0,73	<	1.10	n.s.
T12 – T2	0,80	<	1.10	n.s.
T12 – T4	0,93	<	1.10	n.s.
T12 – T5	0,93	<	1.10	n.s.
T12 – T7	0,93	<	1.10	n.s.
T12 – T6	1,00	<	1.10	n.s.
T12 – T10	1,07	<	1.10	n.s.
T12 – T3	1,13	>	1.10	*
T12 – T8	1,33	>	1.10	*
T11 – T1	0,13	<	1.10	n.s.
T11 – T9	0,40	<	1.10	n.s.
T11 – T2	0,47	<	1.10	n.s.

T11 – T4	0,60	<	1.10	n.s.
T11 – T5	0,60	<	1.10	n.s.
T11 – T7	0,60	<	1.10	n.s.
T11 – T6	0,67	<	1.10	n.s.
T11 – T10	0,73	<	1.10	n.s.
T11 – T3	0,80	<	1.10	n.s.
T11 – T8	1,00	<	1.10	n.s.
T1 – T9	0,27	<	1.10	n.s.
T1 – T2	0,33	<	1.10	n.s.
T1 – T4	0,47	<	1.10	n.s.
T1 – T5	0,47	<	1.10	n.s.
T1 – T7	0,47	<	1.10	n.s.
T1 – T6	0,53	<	1.10	n.s.
T1 – T10	0,60	<	1.10	n.s.
T1 – T3	0,67	<	1.10	n.s.
T1 – T8	0,87	<	1.10	n.s.
T9 – T2	0,07	<	1.10	n.s.
T9 – T4	0,20	<	1.10	n.s.
T9 – T5	0,20	<	1.10	n.s.
T9 – T7	0,20	<	1.10	n.s.
T9 – T6	0,27	<	1.10	n.s.
T9 – T10	0,33	<	1.10	n.s.
T9 – T3	0,40	<	1.10	n.s.
T9 – T8	0,60	<	1.10	n.s.
T2 – T4	0,13	<	1.10	n.s.
T2 – T5	0,13	<	1.10	n.s.
T2 – T7	0,13	<	1.10	n.s.
T2 – T6	0,20	<	1.10	n.s.
T2 – T10	0,27	<	1.10	n.s.
T2 – T3	0,33	<	1.10	n.s.
T2 – T8	0,53	<	1.10	n.s.
T4 – T5	0,00	<	1.10	n.s.
T4 – T7	0,00	<	1.10	n.s.
T4 – T6	0,07	<	1.10	n.s.
T4 – T10	0,13	<	1.10	n.s.
T4 – T3	0,20	<	1.10	n.s.
T4 – T8	0,40	<	1.10	n.s.
T5 – T7	0,00	<	1.10	n.s.
T5 – T6	0,07	<	1.10	n.s.
T5 – T10	0,13	<	1.10	n.s.
T5 – T3	0,20	<	1.10	n.s.
T5 – T8	0,40	<	1.10	n.s.

T7 – T6	0,07	<	1.10	n.s.
T7 – T10	0,13	<	1.10	n.s.
T7 – T3	0,20	<	1.10	n.s.
T7 – T8	0,40	<	1.10	n.s.
T6 – T10	0,07	<	1.10	n.s.
T6 – T3	0,13	<	1.10	n.s.
T6 – T8	0,33	<	1.10	n.s.
T10 – T3	0,07	<	1.10	n.s.
T10 – T8	0,27	<	1.10	n.s.
T3 – T8	0,2	<	1.10	n.s.

Donde:

* : Existe diferencia significativa.

n.s : No existe diferencia significativa.

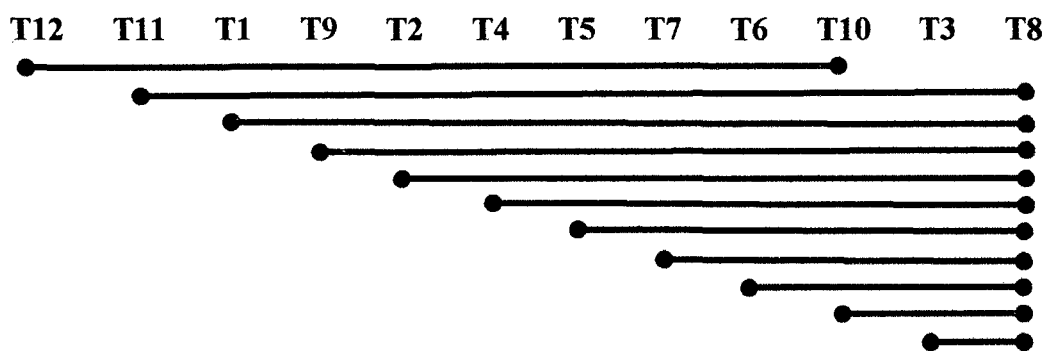


Figura 13. Representación de los grupos homogéneos por segmentos de recta de los tratamientos, en el sabor de pan de oca, para doce tratamientos.

Tabla 16. Análisis de varianza para Color de pan de oca.

F de V.	SC	GL	CM	Fc	Ft	Sig.
Tratamientos	29,79	11	2,71	3,77	1,85	*
Bloques	194,28	14	13,88	19,29	1,76	*
Error	110,79	154	0,72			
Total	334,86	179				

Donde:

* : Existe diferencia significativa.

n.s : No existe diferencia significativa.

Tabla 17. Promedios ordenados de los tratamientos en color de pan de oca, para doce tratamientos.

Interacción	Tratamientos	Promedio
A4B2	T11	3,80
A4B3	T12	3,87
A4B1	T10	4,07
A3B3	T9	4,13
A3B2	T8	4,33
A2B1	T4	4,60
A2B2	T5	4,60
A2B3	T6	4,60
A3B1	T7	4,80
A1B2	T2	4,87
A1B1	T1	5,00
A1B3	T3	5,00

Tabla 18. Aplicación de la prueba Tuckey para los tratamientos, en el color de pan de oca.

Comparación	Diferencia	5%	ALS(T)	Sig. (5%)
T11 – T12	0,07	<	1,01	n.s.
T11 – T10	0,27	<	1,01	n.s.
T11 – T9	0,33	<	1,01	n.s.
T11 – T8	0,53	<	1,01	n.s.
T11 – T4	0,80	<	1,01	n.s.
T11 – T5	0,80	<	1,01	n.s.
T11 – T6	0,80	<	1,01	n.s.
T11 – T7	1,00	<	1,01	n.s.
T11 – T2	1,07	>	1,01	*
T11 – T1	1,20	>	1,01	*
T11 – T3	1,20	>	1,01	*
T12 – T10	0,20	<	1,01	n.s.
T12 – T9	0,27	<	1,01	n.s.

T12 – T8	0,47	<	1,01	n.s
T12 – T4	0,73	<	1,01	n.s.
T12 – T5	0,73	<	1,01	n.s
T12 – T6	0,73	<	1,01	n.s.
T12 – T7	0,93	<	1,01	n.s
T12 – T2	1,00	<	1,01	n.s.
T12 – T1	1,13	>	1,01	*
T12 – T3	1,13	>	1,01	*
T10 – T9	0,07	<	1,01	n.s
T10 – T8	0,27	<	1,01	n.s.
T10 – T4	0,53	<	1,01	n.s
T10 – T5	0,53	<	1,01	n.s.
T10 – T6	0,53	<	1,01	n.s
T10 – T7	0,73	<	1,01	n.s.
T10 – T2	0,80	<	1,01	n.s
T10 – T1	0,93	<	1,01	n.s.
T10 – T3	0,93	<	1,01	n.s.
T9 – T8	0,20	<	1,01	n.s
T9 – T4	0,47	<	1,01	n.s.
T9 – T5	0,47	<	1,01	n.s
T9 – T6	0,47	<	1,01	n.s.
T9 – T7	0,67	<	1,01	n.s
T9 – T2	0,73	<	1,01	n.s.
T9 – T1	0,87	<	1,01	n.s
T9 – T3	0,87	<	1,01	n.s
T8 – T4	0,27	<	1,01	n.s.
T8 – T5	0,27	<	1,01	n.s
T8 – T6	0,27	<	1,01	n.s.
T8 – T7	0,47	<	1,01	n.s
T8 – T2	0,53	<	1,01	n.s.
T8 – T1	0,67	<	1,01	n.s
T8 – T3	0,67	<	1,01	n.s
T4 – T5	0,00	<	1,01	n.s.
T4 – T6	0,00	<	1,01	n.s
T4 – T7	0,20	<	1,01	n.s.
T4 – T2	0,27	<	1,01	n.s
T4 – T1	0,40	<	1,01	n.s.
T4 – T3	0,40	<	1,01	n.s
T5 – T6	0,00	<	1,01	n.s
T5 – T7	0,20	<	1,01	n.s.
T5 – T2	0,27	<	1,01	n.s
T5 – T1	0,40	<	1,01	n.s.

T5 – T3	0,40	<	1,01	n.s
T6 – T7	0,20	<	1,01	n.s.
T6 – T2	0,27	<	1,01	n.s
T6 – T1	0,40	<	1,01	n.s
T6 – T3	0,40	<	1,01	n.s.
T7 – T2	0,07	<	1,01	n.s
T7 – T1	0,20	<	1,01	n.s.
T7 – T3	0,20	<	1,01	n.s
T2 – T1	0,13	<	1,01	n.s.
T2 – T3	0,13	<	1,01	n.s
T1 – T3	0,00	<	1,01	n.s.

Donde:

* : Existe diferencia significativa.

n.s : No existe diferencia significativa.

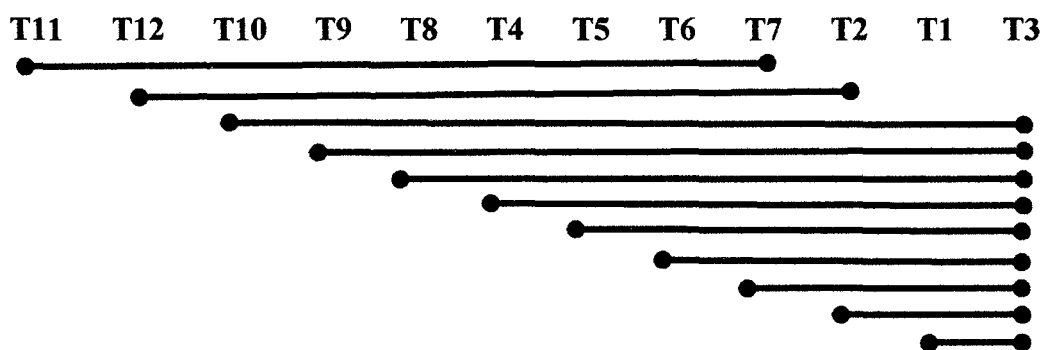


Figura 14. Representación de los grupos homogéneos por segmentos de recta de los tratamientos, en el color de pan de oca, para doce tratamientos.

Tabla 19. Análisis de varianza para Aroma de pan de oca.

F de V.	SC	GL	CM	Fc	Ft	Sig.
Tratamientos	9,13	11	0,83	1,44	1,85	n.s.
Bloques	243,11	14	17,37	30,18	1,76	*
Error	88,62	154	0,58			
Total	340,86	179				

Donde:

* : Existe diferencia significativa.

n.s : No existe diferencia significativa.

Tabla 20. Promedios ordenados de los tratamientos en aroma de pan de oca, para doce tratamientos.

Interacción	Tratamientos	Promedio
A4B3	T12	3,93
A3B1	T7	4,27
A4B1	T10	4,33
A2B3	T6	4,40
A4B2	T11	4,40
A1B1	T1	4,53
A2B2	T5	4,53
A3B2	T8	4,53
A3B3	T9	4,53
A2B1	T4	4,60
A1B2	T2	4,80
A1B3	T3	4,80

Tabla 21. Aplicación de la prueba Tuckey para los tratamientos, en el aroma de pan de oca.

Comparación	Diferencia	5%	ALS(T)	Sig. (5%)
T12 – T7	0,33	<	0,90	n.s.
T12 – T10	0,40	<	0,90	n.s.
T12 – T6	0,47	<	0,90	n.s.
T12 – T11	0,47	<	0,90	n.s.
T12 – T1	0,60	<	0,90	n.s.
T12 – T5	0,60	<	0,90	n.s.
T12 – T8	0,60	<	0,90	n.s.
T12 – T9	0,60	<	0,90	n.s.
T12 – T4	0,67	<	0,90	n.s.
T12 – T2	0,87	<	0,90	n.s.
T12 – T3	0,87	<	0,90	n.s.
T7 – T10	0,07	<	0,90	n.s.
T7 – T6	0,13	<	0,90	n.s.
T7 – T11	0,13	<	0,90	n.s.

T7 – T1	0,27	<	0,90	n.s.
T7 – T5	0,27	<	0,90	n.s.
T7 – T8	0,27	<	0,90	n.s.
T7 – T9	0,27	<	0,90	n.s.
T7 – T4	0,33	<	0,90	n.s.
T7 – T2	0,53	<	0,90	n.s.
T7 – T3	0,53	<	0,90	n.s.
T10 – T6	0,07	<	0,90	n.s.
T10 – T11	0,07	<	0,90	n.s.
T10 – T1	0,20	<	0,90	n.s.
T10 – T5	0,20	<	0,90	n.s.
T10 – T8	0,20	<	0,90	n.s.
T10 – T9	0,20	<	0,90	n.s.
T10 – T4	0,27	<	0,90	n.s.
T10 – T2	0,47	<	0,90	n.s.
T10 – T3	0,47	<	0,90	n.s.
T6 – T11	0,00	<	0,90	n.s.
T6 – T1	0,13	<	0,90	n.s.
T6 – T5	0,13	<	0,90	n.s.
T6 – T8	0,13	<	0,90	n.s.
T6 – T9	0,13	<	0,90	n.s.
T6 – T4	0,20	<	0,90	n.s.
T6 – T2	0,40	<	0,90	n.s.
T6 – T3	0,40	<	0,90	n.s.
T11 – T1	0,13	<	0,90	n.s.
T11 – T5	0,13	<	0,90	n.s.
T11 – T8	0,13	<	0,90	n.s.
T11 – T9	0,13	<	0,90	n.s.
T11 – T4	0,20	<	0,90	n.s.
T11 – T2	0,40	<	0,90	n.s.
T11 – T3	0,40	<	0,90	n.s.
T1 – T5	0,00	<	0,90	n.s.
T1 – T8	0,00	<	0,90	n.s.
T1 – T9	0,00	<	0,90	n.s.
T1 – T4	0,07	<	0,90	n.s.
T1 – T2	0,27	<	0,90	n.s.
T1 – T3	0,27	<	0,90	n.s.
T5 – T8	0,00	<	0,90	n.s.
T5 – T9	0,00	<	0,90	n.s.
T5 – T4	0,07	<	0,90	n.s.
T5 – T2	0,27	<	0,90	n.s.
T5 – T3	0,27	<	0,90	n.s.

T8 – T9	0,00	<	0,90	n.s.
T8 – T4	0,07	<	0,90	n.s.
T8 – T2	0,27	<	0,90	n.s.
T8 – T3	0,27	<	0,90	n.s.
T9 – T4	0,07	<	0,90	n.s.
T9 – T2	0,27	<	0,90	n.s.
T9 – T3	0,27	<	0,90	n.s.
T4 – T2	0,20	<	0,90	n.s.
T4 – T3	0,20	<	0,90	n.s.
T2 – T3	0,00	<	0,90	n.s.

Donde:

* : Existe diferencia significativa.

n.s : No existe diferencia significativa.

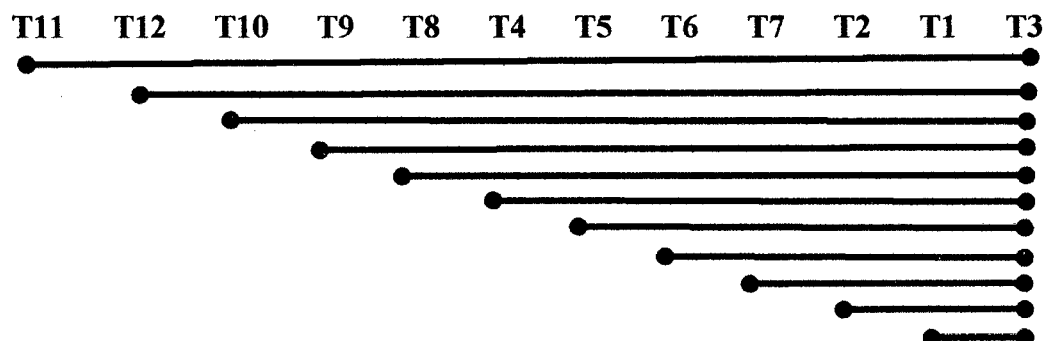


Figura 15. Representación de los grupos homogéneos por segmentos de recta de los tratamientos, en el aroma de pan de oca, para doce tratamientos.

Tabla 22. Análisis de varianza para Textura de pan de oca.

F de V.	SC	GL	CM	Fc	Ft	Sig.
Tratamientos	21,93	11	1,99	2,35	1,85	*
Bloques	211,7777778	14	15,13	17,85	1,76	*
Error	130,49	154	0,85			
Total	364,19	179				

Donde:

* : Existe diferencia significativa.

n.s : No existe diferencia significativa.

Tabla 23. Promedios ordenados de los tratamientos en textura de pan de oca, para doce tratamientos.

Interacción	Tratamientos	Promedio
A4B3	T12	3,67
A4B2	T11	3,87
A2B3	T6	4,00
A3B2	T8	4,00
A2B2	T5	4,20
A3B3	T9	4,33
A1B1	T1	4,40
A1B2	T2	4,47
A4B1	T10	4,53
A1B3	T3	4,60
A2B1	T4	4,80
A3B1	T7	4,80

Tabla 24. Aplicación de la prueba Tuckey para los tratamientos, en la textura de pan de oca.

Comparación	Diferencia	5%	ALS(T)	Sig. (5%)
T12 – T11	0,20	<	1,10	n.s.
T12 – T6	0,33	<	1,10	n.s.
T12 – T8	0,33	<	1,10	n.s.
T12 – T5	0,53	<	1,10	n.s.
T12 – T9	0,67	<	1,10	n.s.
T12 – T1	0,73	<	1,10	n.s.
T12 – T2	0,80	<	1,10	n.s.
T12 – T10	0,87	<	1,10	n.s.
T12 – T3	0,93	<	1,10	n.s.
T12 – T4	1,13	>	1,10	*
T12 – T7	1,13	>	1,10	*
T11 – T6	0,13	<	1,10	n.s.
T11 – T8	0,13	<	1,10	n.s.
T11 – T5	0,33	<	1,10	n.s.

T11 – T9	0,47	<	1,10	n.s.
T11 – T1	0,53	<	1,10	n.s.
T11 – T2	0,60	<	1,10	n.s.
T11 – T10	0,67	<	1,10	n.s.
T11 – T3	0,73	<	1,10	n.s.
T11 – T4	0,93	<	1,10	n.s.
T11 – T7	0,93	<	1,10	n.s.
T6 – T8	0,00	<	1,10	n.s.
T6 – T5	0,20	<	1,10	n.s.
T6 – T9	0,33	<	1,10	n.s.
T6 – T1	0,40	<	1,10	n.s.
T6 – T2	0,47	<	1,10	n.s.
T6 – T10	0,53	<	1,10	n.s.
T6 – T3	0,60	<	1,10	n.s.
T6 – T4	0,80	<	1,10	n.s.
T6 – T7	0,80	<	1,10	n.s.
T8 – T5	0,20	<	1,10	n.s.
T8 – T9	0,33	<	1,10	n.s.
T8 – T1	0,40	<	1,10	n.s.
T8 – T2	0,47	<	1,10	n.s.
T8 – T10	0,53	<	1,10	n.s.
T8 – T3	0,60	<	1,10	n.s.
T8 – T4	0,80	<	1,10	n.s.
T8 – T7	0,80	<	1,10	n.s.
T5 – T9	0,13	<	1,10	n.s.
T5 – T1	0,20	<	1,10	n.s.
T5 – T2	0,27	<	1,10	n.s.
T5 – T10	0,33	<	1,10	n.s.
T5 – T3	0,40	<	1,10	n.s.
T5 – T4	0,60	<	1,10	n.s.
T5 – T7	0,60	<	1,10	n.s.
T9 – T1	0,07	<	1,10	n.s.
T9 – T2	0,13	<	1,10	n.s.
T9 – T10	0,20	<	1,10	n.s.
T9 – T3	0,27	<	1,10	n.s.
T9 – T4	0,47	<	1,10	n.s.
T9 – T7	0,47	<	1,10	n.s.
T1 – T2	0,07	<	1,10	n.s.
T1 – T10	0,13	<	1,10	n.s.
T1 – T3	0,20	<	1,10	n.s.
T1 – T4	0,40	<	1,10	n.s.
T1 – T7	0,40	<	1,10	n.s.

T2 – T10	0,07	<	1,10	n.s.
T2 – T3	0,13	<	1,10	n.s.
T2 – T4	0,33	<	1,10	n.s.
T2 – T7	0,33	<	1,10	n.s.
T10 – T3	0,07	<	1,10	n.s.
T10 – T4	0,27	<	1,10	n.s.
T10 – T7	0,27	<	1,10	n.s.
T3 – T4	0,20	<	1,10	n.s.
T3 – T7	0,20	<	1,10	n.s.
T4 – T7	0,00	<	1,10	n.s.

Donde:

* : Existe diferencia significativa.

n.s : No existe diferencia significativa.

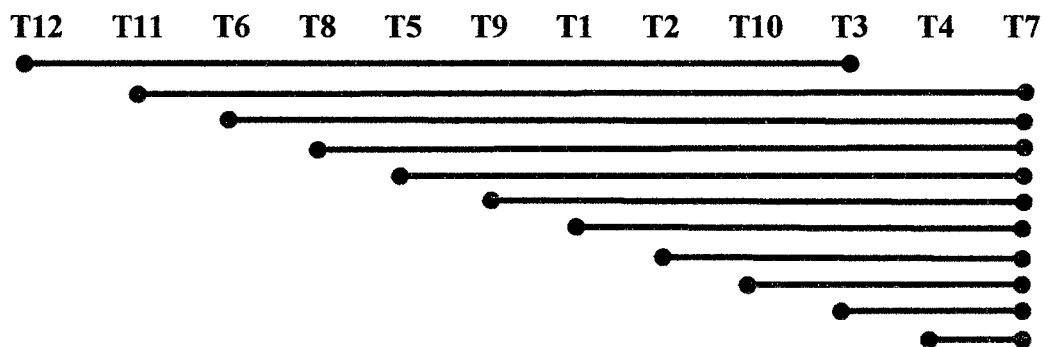


Figura 16. Representación de los grupos homogéneos por segmentos de recta de los tratamientos, en la textura de pan de oca, para doce tratamientos.

Anexo 2. Balance de materia para la elaboración de harina de oca.

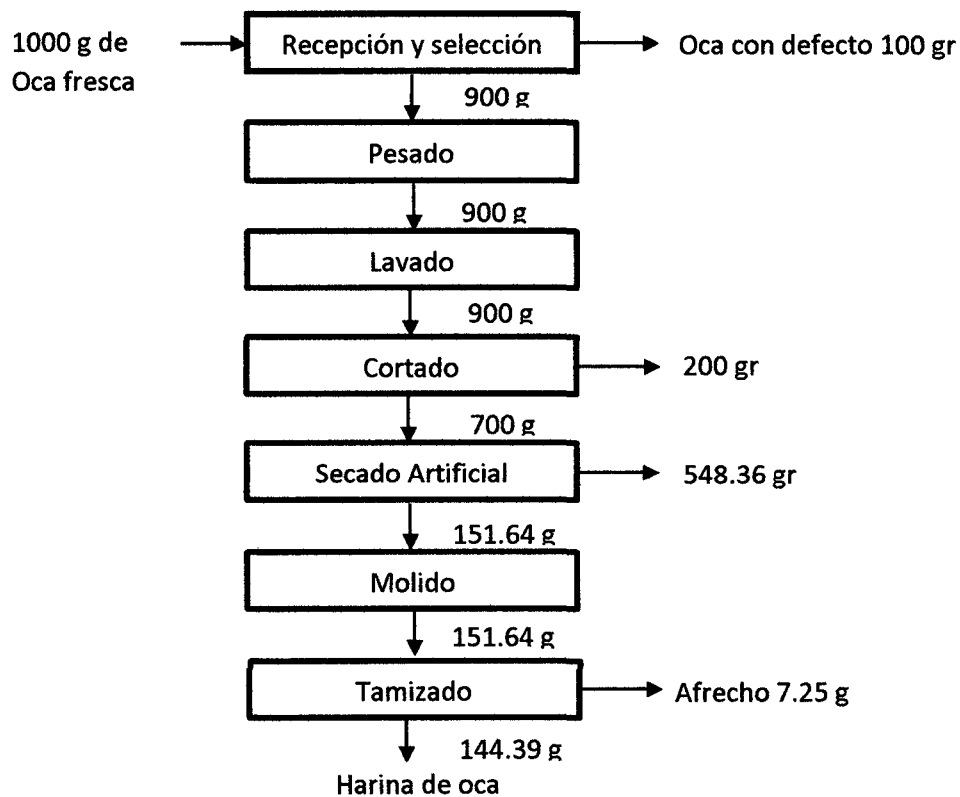


Figura 17. Balance de materia de la elaboración de harina de oca.

Anexo 3. Balance de materia para la elaboración de pan de “Oca” *Oxalis tuberosa*.

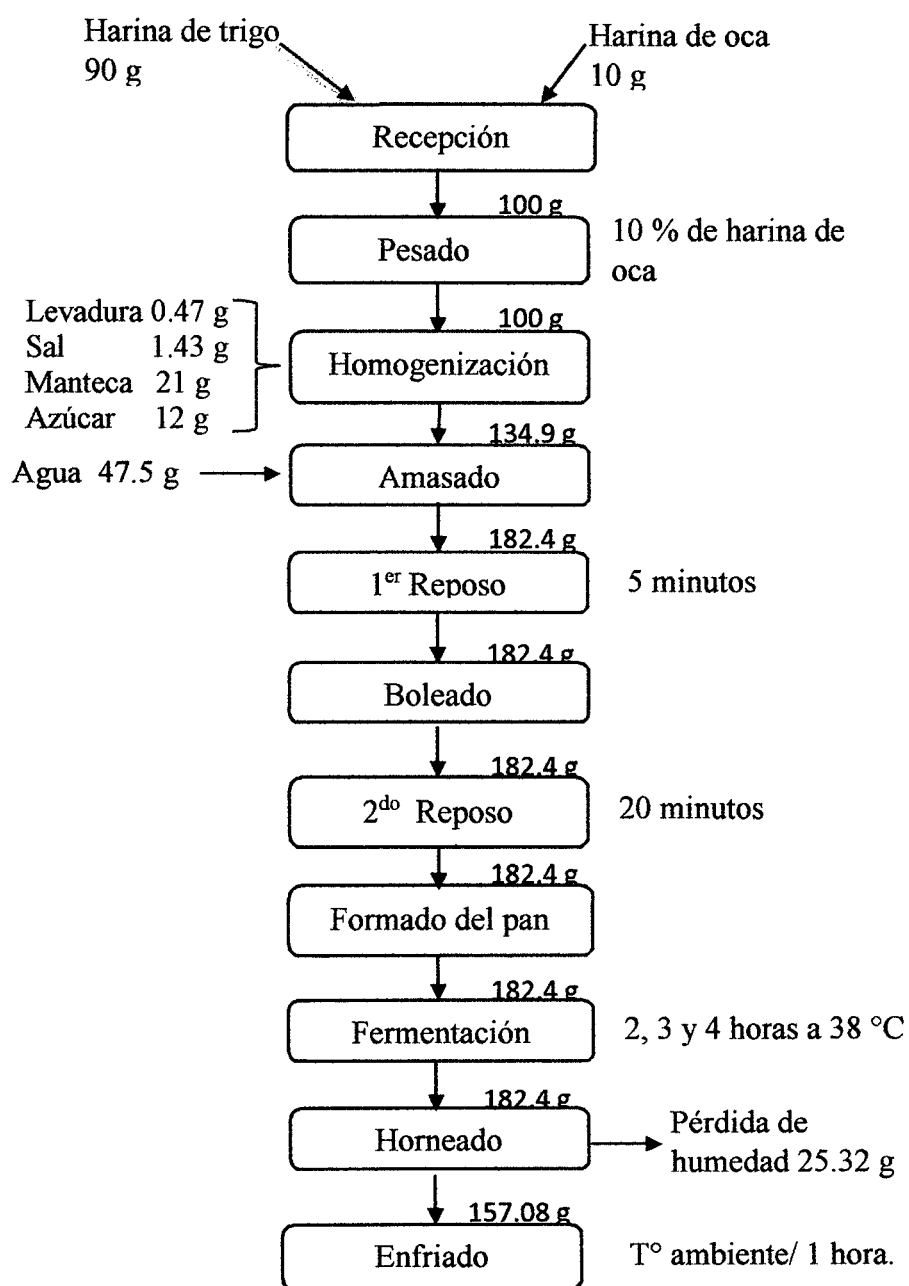


Figura 18: Balance de materia para la elaboración de pan de “Oca” *Oxalis tuberosa*.

Anexo 4. Formato de test de escala Hedónica



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

TEST DE ESCALA HEDÓNICA

NOMBRE:.....

FECHA:..... **LUGAR:**.....

PRODUCTO: Pan de oca

INDICACIONES: Por favor pruebe cada de las muestras y califique usted el **sabor, color, aroma y textura** de acuerdo a los siguientes puntajes numéricos de la escala hedónica:

Identificación sensorial	Escala hedónica
Excelente	7
Muy bueno	6
Bueno	5
Aceptable	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

Muestras	Sabor	Color	Aroma	Textura
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				
T6				
T7				
T8				
T9				
T10				
T11				
T12				

Comentarios: _____

Anexo 5. Fotografías:



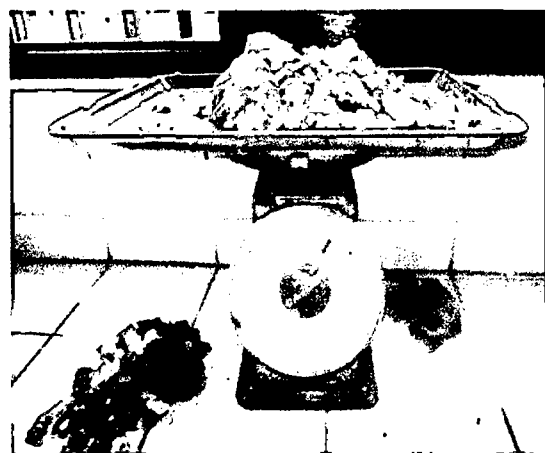
Fotografía 1: Pesado de la oca fresca.



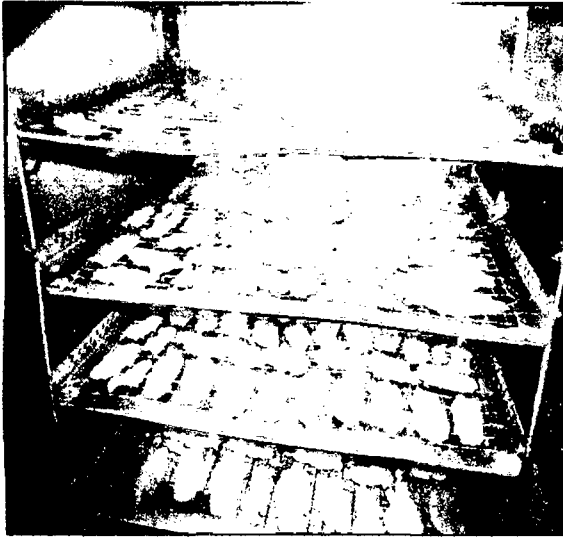
Fotografía 2: Lavado de la oca fresca.



Fotografía 3: Cortado de la oca en Hojuelas.



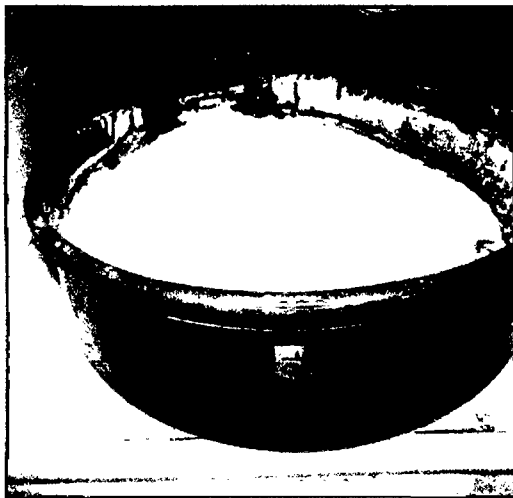
Fotografía 4: Pesado de las hojuelas de oca.



Fotografía 5: Secado de las hojuelas de oca en el secador de bandejas.



Fotografía 6: Tamizado de la harina de oca



Fotografía 7: Harina de oca tamizada.



Fotografía 8: Pesado de los insumos para la elaboración del pan.



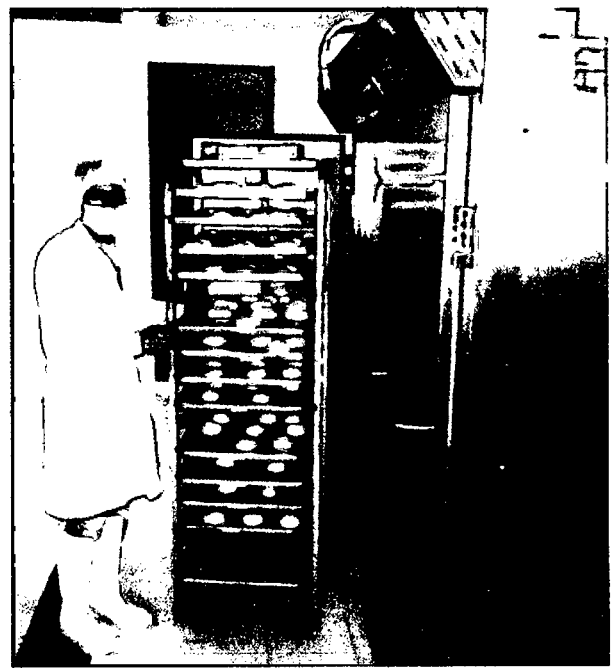
Fotografía 9: Homogenización de los insumos.



Fotografía 10: Amasado.



Fotografía 11: Boleado de la masa



Fotografía 12: Pan llevado a fermentación



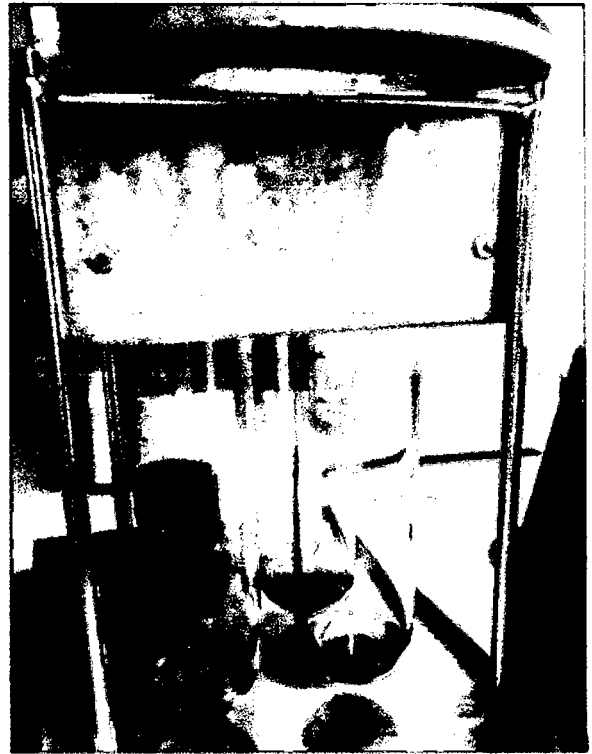
Fotografía 13: horneado



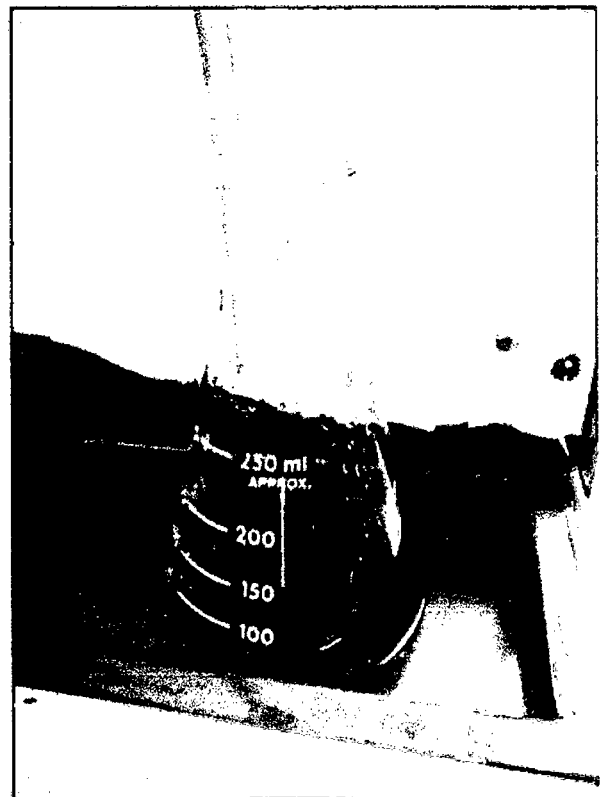
Fotografía 14: enfriado



Fotografías 15: Panelistas



Fotografías 16: Digestión



Fotografías 17: Destilación



Fotografía 18: Titulación



Fotografía 19: Determinación de azúcares Totales



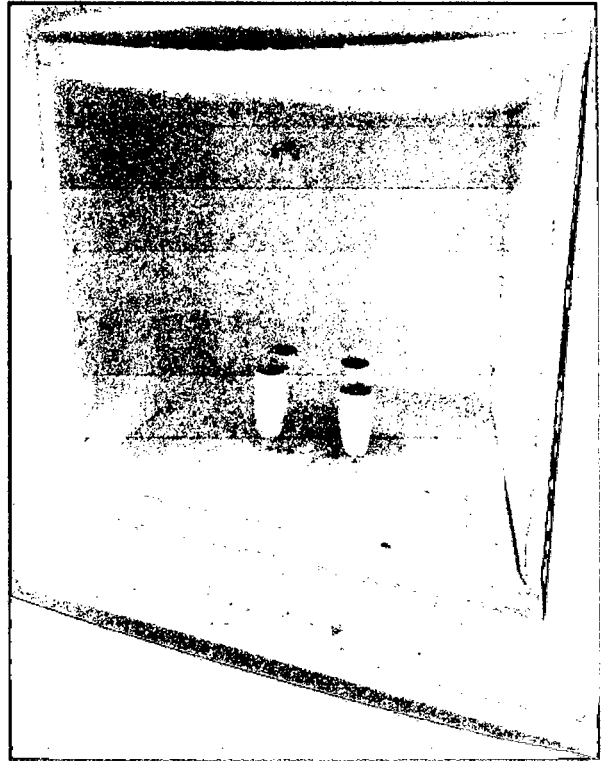
Fotografía 20: Determinación de PH



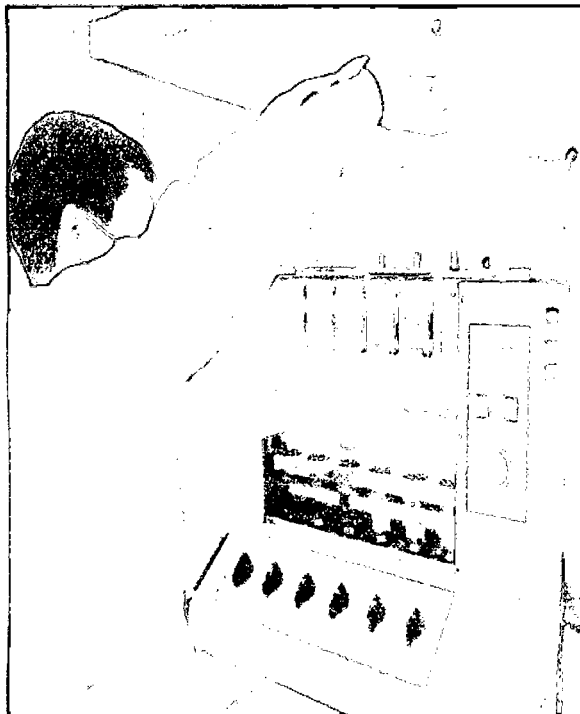
Fotografía 21: Determinación de acidez titulable



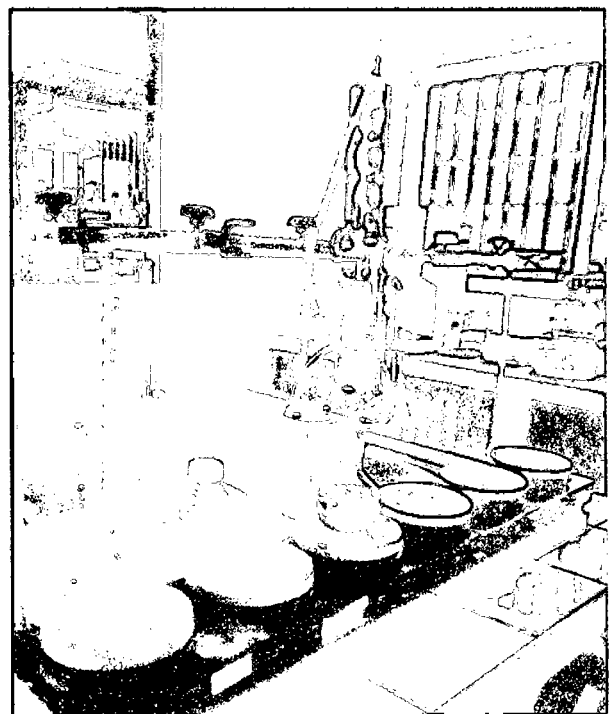
Fotografía 22: Determinación de humedad



Fotografía 23: Determinación de cenizas



Fotografía 24: Determinación de fibra



Fotografía 25: Determinación de grasa