

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial**

**TEMA:**

“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE HARINA Y  
ALMIDÓN DE MAÍZ NEGRO (*Zea mays L.*)”.

**AUTORA:**

LILIA ERICA GUAMINGA YAUTIBUG

**TUTOR:**

Ing. DIEGO MOPOSITA VÁSQUEZ MgS.

**Riobamba - Ecuador**

2020

## REVISIÓN DEL TRIBUNAL

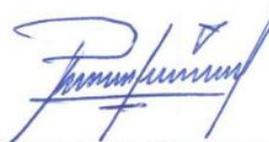
Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título “Obtención y caracterización funcional de harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*), presentado por: Guaminga Yautibug Lilia Erica y dirigida por el Ing. Diego Moposita Vásquez MgS.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de los expuesto firman:

Ing. Paul Ricaurte Ortiz MgS.

**Presidente del tribunal**



**FIRMA**

Ing. Diego Moposita Vásquez MgS.

**Director del proyecto de investigación**



**FIRMA**

Ing. Darío Baño Ayala PhD.

**Miembro del tribunal**



**FIRMA**

Ing. Patricio Carrillo Flor MsC.

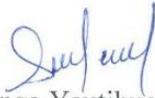
**Miembro del tribunal**



**FIRMA**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación nos corresponde exclusivamente a: Guaminga Yautibug Lilia Erica como autora y Ing. Diego Moposita Vásquez MgS, como Director del Proyecto: incluyendo tablas y figuras que se encuentran en este trabajo excepto las que contiene su propia fuente y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Guaminga Yautibug Lilia Erica

C.I. 060495515-3

Autora del proyecto de investigación



Ing. Diego Moposita Vásquez MgS.

C.I. 020197259-3

Director del proyecto de investigación

## **DEDICATORIA**

### ***A DIOS***

Por darme la oportunidad de culminar mis estudios, por ser el inspirador, la fuerza para continuar con este proceso de obtener unos de los anhelos más deseados.

### ***A MIS PADRES***

Segundo Javier Guaminga y Rosa Yautibug quienes, con su amor, paciencia, esfuerzo me han permitido cumplir uno de los sueños más anhelados, por inculcarme en mi el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades.

### ***A MIS HERMANOS***

Carlos, Marcos y Fabricio por su cariño y apoyo incondicional que durante todo este proceso estuvieron conmigo en todo momento.

### ***A MI HERMANA***

Ruth, porque te amo infinitamente hermanita.

*Guaminga Yautibug Lilia Erica*

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien siempre llena mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

A mis padres, que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por ser la sede del conocimiento adquirido en todos estos años, a mis docentes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial que, con sabiduría día a día me impartieron todos sus conocimientos para prepararme profesionalmente.

Al Ing. Diego Moposita Vásquez MgS e Ing. Alexandra Marcatoma MsC por guiar esta investigación y formar parte de otro objetivo alcanzado.

Para finalizar quiero agradecer a mis compañeros y docentes del grupo de investigación INVAGRO (Investigación vegetal Agroindustrial), quienes han sido parte fundamental en la realización de este trabajo de investigación.

*Guaminga Yautibug Lilia Erica*

## ÍNDICE GENERAL

REVISIÓN DEL TRIBUNAL .....	i
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
CAPÍTULO II .....	4
ESTADO DE ARTE Y MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Estado del arte .....	4
2.1.1. Estudios en el maíz .....	4
2.1.2. Estudios en el almidón.....	5
2.2. Marco teórico .....	5
2.2.1. Origen .....	5
2.2.2. Taxonomía.....	6
2.2.3. Características botánicas.....	6
2.2.4. Composición físico-química.....	6
2.2.5. Propiedades del maíz negro .....	6
2.2.6. Molturación o molienda.....	7
2.2.7. Molienda seca .....	7

2.2.8.	Harina .....	7
2.2.9.	Harina de maíz negro.....	7
2.2.10.	Propiedades de la harina de maíz negro.....	7
2.2.11.	Almidón de maíz.....	8
2.2.12.	Composición química de los almidones .....	8
2.2.13.	Propiedades del almidón .....	8
2.2.14.	Usos del almidón.....	8
CAPÍTULO III .....		10
METODOLOGÍA .....		10
3.1.	Tipo de investigación .....	10
3.2.	Diseño de la investigación.....	10
3.2.1.	Descripción del proceso de obtención de harina de maíz negro.....	12
3.2.2.	Descripción del proceso de extracción de almidón de maíz negro.....	14
3.3.	Técnicas de recolección de datos .....	15
3.4.	Población en estudio y tamaño de la muestra .....	15
3.5.	Método de análisis.....	15
3.6.	Procesamiento de datos .....	18
CAPÍTULO IV .....		19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		19
4.1.	Resultados .....	19
4.1.1.	Elaboración de harina .....	19
4.1.2.	Extracción de almidón .....	19
4.1.3.	Análisis en la materia prima .....	20
4.1.4.	Contraste de normalidad.....	22
4.1.5.	Intervalos de confianza para la media con varianza desconocida .....	29
4.2.	Discusión de resultados .....	34

4.2.1. Análisis físico-químico (macro-microcomponentes) y microbiológicos de la harina de maíz negro. ....	34
4.2.2. Análisis físico-químico (macro-microcomponentes) y microbiológicos de almidón de maíz negro. ....	35
CAPÍTULO V .....	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	38
5.1. Conclusiones .....	38
5.2. Recomendaciones.....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
ANEXOS.....	43
Anexo 1: Obtención de la harina de maíz negro ( <i>Zea mays L.</i> ).....	43
Anexo 2: Obtención de almidón de harina de maíz negro ( <i>Zea mays L.</i> ).....	44
Anexo 3: Análisis físico-químicos de la harina y almidón de maíz negro ( <i>Zea mays L.</i> )...	45
Anexo 4: Análisis microbiológicos de la harina y almidón de maíz negro ( <i>Zea mays L.</i> ) .	46
Anexo 5: Análisis macro-microcomponentes de harina .....	47
Anexo 6: Análisis macro-micronutrientes de almidón.....	49
Anexo 7: NTE-INEN 2051:1998 .....	51
Anexo 8: NTE-INEN 616:2006 .....	52

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Botánica sistema (Maíz negro) .....	6
Tabla 2: Composición química de los almidones base seca.....	8
Tabla 3: Métodos de análisis .....	15
Tabla 4: Análisis físico-químico de la harina de maíz negro .....	20
Tabla 5: Análisis físico-químico de almidón de maíz negro.....	20
Tabla 6: Análisis de granulometría en harina de maíz negro .....	21
Tabla 7: Análisis de granulometría de almidón de maíz negro.....	21
Tabla 8: Análisis microbiológico de harina de maíz negro.....	22
Tabla 9: Análisis microbiológico de almidón de maíz negro.....	22
Tabla 10: Análisis de normalidad para harina de maíz negro .....	23
Tabla 11: Análisis de normalidad de almidón de maíz negro .....	26
Tabla 12: Intervalos de confianza de análisis físico-químicos en harina .....	29
Tabla 13: Intervalos de confianza para el tamaño de partículas en harina de maíz negro ..	30
Tabla 14: Intervalos de confianza en análisis microbiológicos en harina.....	31
Tabla 15: Análisis macro-microcomponentes en harina .....	31
Tabla 16: Intervalos de confianza de análisis físico-químicos en almidón.....	31
Tabla 17: Intervalos de confianza para el tamaño de partículas en almidón.....	32
Tabla 18: Intervalos de confianza de análisis microbiológicos en almidón.....	33
Tabla 19: Análisis macro-microcomponentes de almidón.....	33

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Obtención de harina de maíz negro por el método de molturación seca. ....	11
Figura 2: Extracción de almidón de maíz negro por método húmedo. ....	13
Figura 3: Harina de maíz negro ( <i>Zea mays</i> L.) .....	19
Figura 4: Almidón de maíz negro ( <i>Zea mays</i> L.) .....	19
Figura 5: Gráficos de probabilidad de la harina de maíz negro .....	24
Figura 6: Gráficos de probabilidad de almidón de maíz negro .....	27

## RESUMEN

La harina de maíz se obtiene moliendo el cereal mediante distintos métodos, en tanto que el almidón de maíz es muy importante en la industria de alimentos, como productos edulcorantes líquidos. El maíz negro es una mazorca conformado en un 85% de grano y 15% por coronta, esta gramínea contiene el pigmento denominado antocianina, que es un agente beneficioso para el sistema inmune, por ello la obtención de harina y almidón a base de la misma puede ser beneficioso para el ser humano.

Este estudio da respuesta a la necesidad de conocer a profundidad las características tanto físico-químicas (macro-microcomponentes) y microbiológicas, su objetivo fue caracterizar funcionalmente la harina y almidón de maíz negro, donde se obtuvo cantidades significativas para la harina en los análisis de calcio 19,63 mg/100g, fósforo 189 mg/100g, potasio 3114,27 mg/kg y en el almidón fósforo 55,63 mg/100g, potasio 394,97 mg/kg.

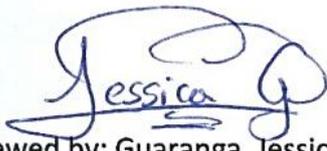
Para el análisis estadístico se aplicó el programa R-Rstudio 1.2.509, SPSS y hoja de cálculo excel 2013, en el cual se determinó el promedio, desviación estándar, coeficiente de variación menor al 5%, valor de probabilidad e intervalos de confianza lo cual nos indica que los datos obtenidos en la investigación son aceptables. Se concluye que cada uno de los resultados obtenidos cumplen con los parámetros establecidos por la norma (NTE-INEN 2051 , 1998), para harina de maíz blanco y (NTE-INEN 616, 2006), harina para todo uso.

**Palabras claves:** Físico-químicas, caracterizar, funcionalmente, maíz.

## ABSTRACT

Cornmeal is obtained by grinding the cereal by different methods. Corn starch is essential in the food industry, like liquid sweeteners. Black corn is an ear made up of 85% grain and 15% per crown. This grass contains the pigment called anthocyanin, which is a beneficial agent for the immune system. Therefore, obtaining flour and starch-based on it can be helpful for the human being. This study responds to the necessity to know in depth the physical-chemical (macro-microcomponent) and microbiological characteristics. The objective was to characterize black corn flour functionally and starch, where it obtained significant quantities for the meal in the analysis of Calcium 19.63 mg / 100g, phosphorus 189 mg / 100g, potassium 3114.27 mg/kg and in phosphorus starch 55.63 mg / 100g, potassium 394.97 mg/kg. For the statistical analysis, it applied the R and Rstudio 1.2.509 program, SPSS, and excel 2013 spreadsheet. It determined the average, standard deviation, coefficient of variation less than 5%, probability value. And confidence intervals were determined. It indicates that the data obtained in the investigation are acceptable. To sum up, each of the results achieved to meet the parameters established by the standard (NTE-INEN 2051, 1998), for white corn flour and (NTE-INEN 616, 2006), all-purpose flour.

**KEYWORDS:** Physicochemical, characterize, functionally, corn.



Reviewed by: Guaranga, Jessica



LINGUISTIC COMPETENCES TEACHER

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1.Introducción

A nivel mundial existen distintas variedades de maíz que se caracterizan por presentar varios colores como: blanco, amarillo, rojo, morado, marrón, verde y azul, todas estas variedades se cree que son originarios de México (Quispe, 2011). El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como el alimento para el ganado y como materia prima en la producción de almidón industrial y alimenticio (Grande, 2012).

El maíz negro (*Zea mays L.*), es un cereal oriundo de Perú y México, cuyas culturas precolombinas lo consideraron sagrado debido a que creían que era un Dios que les ayudaba a atraer lluvia y ahuyentaban las plagas (Guillen, 2014).

El Ecuador no es el centro del origen de maíz, pero es un centro de diversidad de este cultivo, se ha encontrado fitolitos de maíz con una antigüedad de más de seis mil años en los sitios Las Vegas y Real Alto, en la Provincia de Santa Elena, acompañados con piedra de molienda de concha e instrumentos para sembrar y procesar el maíz (Bravo, 2013).

La producción del maíz negro (*Zea mays L.*) en la Provincia de Chimborazo Según (INIAP, 2017), en el año 2016 de las (68.314 ha) de maíz suave el 5% se encuentra cultivado con maíz negro (3.415 ha). Este tipo de maíz lo cultivan los socios de la Asociación Sariv quienes se propusieron potenciar estas cualidades nutricionales del maíz para iniciar un emprendimiento (Márquez, 2016).

El maíz negro (*Zea mays L.*), es una mazorca (coronta y grano) constituido en un 85% por grano y 15% por coronta, este fruto contiene el pigmento denominado antocianina, que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano (Guillen, 2014).

El almidón es un polímero cuya estructura molecular se basa en la unión de moléculas de glucosa que están unidas entre ellas mediante enlaces  $\alpha$ -D-(1-4) y/o  $\alpha$ -D-(1-6) que forman sus dos macromoléculas principales: la amilosa y la amilopectina (Gómez, 2010). Además, el almidón es una materia prima con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura, consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables (Hernández, 2008).

(AOAC, 1977), manifiesta que para poder determinar proteína en harinas se utiliza el método Kjeldahl, humedad por pérdida de peso, grasa por shoxlet, fibra por el método gravimétrico mientras que, para la determinación de hierro, fósforo, calcio, se utiliza el método gravimétrico-colorimétrico y potasio por el método de electrodo selectivo.

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo obtener harina y almidón a partir de maíz negro (*Zea mays L.*), mediante la técnica de molturación seca y método húmedo, al cual se pretende identificar sus propiedades físico-químicas (macro-microcomponentes) y microbiológicos. Siendo el maíz un recurso con muchas propiedades nutricionales convirtiéndolo en una alternativa más para ser usado en la Agroindustria, logrando una fuente de ingresos adicional a los productores que se dedica al cultivo de esta gramínea.

## **1.2.Problema**

La producción de maíz a nivel nacional es de (68.314 ha), mientras que (3.415 ha) se encuentra cultivado con maíz negro, mismo al que no se ha realizado estudios sobre caracterización funcional de la harina y almidón a nivel macro-microcomponentes (Hierro, calcio, fósforo, potasio) y microbiológicos, es por ello que en la presente investigación se pretende caracterizar de manera funcional.

¿Será posible la obtención y caracterización funcional de harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*)?

## **1.3.Justificación**

El Ecuador es una de las regiones andinas con una producción eminente de maíz, el maíz negro es uno de los cereales que se produce en la región Interandina de la serranía ecuatoriana como es el caso de la Provincia de Chimborazo, mismo que no se conoce a profundidad las características tanto físicas-químicas (macro-microcomponentes).

Es por ello que este producto ha sido poco explotado por el desconocimiento de sus propiedades nutricionales, uno de los principales componentes que contiene en gran cantidad es el almidón que se encuentra situado en el endospermo de la semilla, por ello es necesario analizar las características físico-químicas (macro-microcomponentes) y microbiológicos de la harina y almidón de maíz negro y poder determinar la aplicabilidad de los mismos en diferentes productos alimenticios y no alimenticios.

## **1.4.Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Obtener y caracterizar funcionalmente la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*).

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Desarrollar harina a partir de maíz negro (*Zea mays L.*), mediante la técnica de molturación seca.
- Extraer almidón de la harina de maíz negro (*Zea mays L.*), mediante el método húmedo.
- Realizar análisis físico-químicos (macro-microcomponentes) y microbiológicos en la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*).
- Comparar los resultados obtenidos de la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*), con investigaciones relevantes.

## CAPÍTULO II

### ESTADO DE ARTE Y MARCO TEÓRICO

#### 2.1.Estado del arte

##### 2.1.1. Estudios en el maíz

Se han realizado investigaciones como: Análisis proximal y fitoquímico de cinco variedades de maíz del Estado de Campeche (México), en la cual demostró que la variedad de maíz morado tuvo el mayor porcentaje de humedad (10.43%) y el menor contenido de grasa (4.07%) y las variedades de maíz blanco, tanto el criollo como el híbrido, tuvieron el mayor porcentaje de proteína (9.54 y 9.93%) y el menor porcentaje de fibra cruda (2.97 y 2.58%); el maíz amarillo tuvo el mayor porcentaje de carbohidratos (75.07%) y de fibra cruda (7.79%) (Garma, 2016).

Según (Guillen, 2014), realizó su investigación sobre: Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. Subnigroviolaceo, en la cual demostró que el maíz morado aporta cantidades importantes de almidón cerca del 80%, 10% de azúcares los cuales le confieren un sabor dulce, 11% de proteínas, 2% de minerales y vitaminas (complejo B y ácido ascórbico) concentrados en el endospermo y que además del valor nutricional, el maíz morado tiene una composición rica en fitoquímicos, que tienen efectos benéficos en nuestro cuerpo, tales como neutralizar los radicales libres y actuar como antimutagénico.

Mientras que (Méndez, 2005), desarrolló su investigación sobre: Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México, reportó que los granos de maíz semicristalinos y cristalinos tuvieron menor contenido de humedad que aquellos del tipo semidentado y dentado los cuales, a su vez, tuvieron los valores más altos de proteína. Las variedades de maíz de calidad proteínica (QPM) no tuvieron el mayor contenido de proteína. La temperatura de gelatinización (determinada por calorimetría diferencial de barrido) estuvo entre 73.4-77.1 °C y la entalpía entre 1.9-4.7 J g<sup>-1</sup>.

En tanto que (Moreno, 2013), en su estudio sobre sustitución parcial de la harina de coronta de maíz morado (*Zea mays L.*) por harina de trigo en las características tecnofuncionales del pan artesanal, mostró que la harina de coronta de maíz morado posee una humedad de 9.59%, ceniza 1.56%, proteína 9.35%, grasa 8.36%, CHOs 69.11%, fibra 2.03%, acidez 0.56% y pH 5.0.

### **2.1.2. Estudios en el almidón**

En el almidón de maíz se han realizado investigaciones sobre: Estudio comparativo de los Métodos Fenol- Ácido Sulfúrico y Antrona para determinar la pureza de dos almidones; usando muestras de almidón de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*), donde determino que la cuantificación de la pureza de almidón de maíz con antrona (0,2%) fue de 91.21 y con el método fenol-ácido sulfúrico de 89.51, humedad 11,50, carbohidratos 87,39%, proteínas 0,32%, lípidos 0,69% y cenizas 0,10% (Yugsi, 2017).

(Arzapalo, 2015), en su estudio sobre: Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca Junín, reportó que el porcentaje de humedad para la quinua debe ser como un máximo 12%, por lo tanto, las tres variedades se encuentran dentro del parámetro establecido. Para los carbohidratos, el mayor porcentaje lo obtuvo la variedad negra collana con un 71,30%, seguido de la variedad roja pasankalla con 68,79%, con respecto al análisis de pH de las tres variedades de quinua los valores fueron (6,70; 6,20 y 6,45).

Mientras que (Salcedo, 2013), realizó su investigación sobre: Caracterización funcional de almidón catiónico de yuca (*Manihot esculenta*), donde obtuvo los siguientes resultados en la variedad, C. Verónica una humedad de 9,35%, pH 9,33, C. Tai humedad 7,48%, pH 6,41 y C.Gines humedad 7,56 y pH 7,56.

## **2.2.Marco teórico**

### **2.2.1. Origen**

Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace 7000 y 100000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos de México, donde se encontraron en cuevas de los habitantes primitivos pequeñas mazorcas de maíz estimadas de 5000 años de antigüedad (FAO, 2014).

En la sierra del Ecuador, el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), es uno de los más importantes, debido a la amplia área dedicada a su producción y por ser un componente básico en la dieta de la población, además preservarla representará el recurso natural renovable más importante para la supervivencia, sostenibilidad rural y seguridad alimentaria (Yáñez, 2013).

## 2.2.2. Taxonomía

**Tabla 1: Botánica sistema (Maíz negro)**

<b>Botánica sistemática</b>	
Reino	Plantae
Familia	Poaceae
Género	<i>Zea.L</i>
Nombre científico	<i>Zea Mays L.</i>

(Leiva, 2016).

## 2.2.3. Características botánicas

La planta de maíz es anual, con hojas que nacen en los nudos, los envuelven y se abren, con un limbo amplio y con nervaduras paralelas. En las axilas de las hojas se encuentran las yemas; sólo de algunas de ellas nace la inflorescencia femenina o espiga, conocida como mazorca, que incluye el eje central o coronta, donde se insertan las flores que darán origen a los granos. Estos son de formas y colores muy variables, entre blanco, amarillo, rojo, gris y negro (Tapia, 2007).

## 2.2.4. Composición físico-química

El maíz negro en grano está constituido de proteína 7,3%, grasa 3,4%, carbohidratos 76,2%, fibra 1,8%, ceniza 1,7%, calcio 12 mg, fósforo 328 mg, hierro 0,2 mg, en tanto que la mazorca (tusa y grano) está constituida en un 85% por grano y 15% por coronta (tusa). Este fruto contiene el pigmento denominado antocianina, que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción, en el pericarpio (cáscara) del grano (Indecopi, 2016).

## 2.2.5. Propiedades del maíz negro

Las antocianinas presentes en este alimento poseen efectos potenciadores sobre la expresión de ARNm y la actividad de superóxido dismutasa (SOD), que es una enzima antioxidante importante en los organismos vivos, el maíz negro es un antioxidante natural que retarda el envejecimiento celular, principalmente por los mecanismos de acción de la cianidina-3- $\beta$ -glucósido, pelargonidina-3- $\beta$ -glucósido, peonidina-3- $\beta$ -glucósido, ácidos fenólicos, quercetina y hesperidina ya que contrarrestan los efectos nocivos de los radicales libres, estrés oxidativo y la carcinogénesis (Sánchez, 2014).

### **2.2.6. Molturación o molienda**

La molienda se realiza en los cereales, vegetales e incluso en otras materias primas esta actividad es primordial para la subsistencia de la humanidad (Martínez, 2014). Se conoce como la reducción de tamaño de partículas sólidas a partir de la aplicación de fuerzas mecánicas (compresión, impacto o cizallamiento), las cuales provocan la fracturación o quebramiento de las partículas (Gutiérrez, 2016).

### **2.2.7. Molienda seca**

La molienda seca es un proceso de trituración donde las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto y abrasión ya sea en seco o en suspensión en agua, que se realiza con la rotación de recipientes cilíndricos de acero que contienen una carga de cuerpos sueltos de trituración, el medio de molienda puede ser en barras de acero, bolas o la roca misma, logrando una harina libre de salvado con lo que se mejora la palatabilidad, digestibilidad y conservación durante el alimento, asegurando que el deterioro causado a los gránulos de almidón no exceda el óptimo (Navas, 2017).

### **2.2.8. Harina**

Se define como harina, al producto finalmente triturado, obtenido del grano o de la mezcla de granos como (cebada, trigo, centeno, maíz) y de otros alimentos ricos en almidón como arroz, tubérculos y legumbres, con un tamaño de partículas máximo de 0,84 mm (Requena, 2013).

### **2.2.9. Harina de maíz negro**

La harina de maíz negro es un superalimento por su alto contenido en fenólicos y antocianinas, utilizado como colorante natural para la preparación de mazamorra morada y chicha morada (Cedeño, 2013).

### **2.2.10. Propiedades de la harina de maíz negro**

- Contiene una cantidad elevada de antocianinas, sustancias químicas responsables de su coloración y de sus propiedades como antioxidantes naturales con beneficios para la salud humana.
- En la industria de alimentos ya sea para utilizarlo como colorante o para darle un valor agregado al producto alimenticio (Díaz, 2016).

- La utilización de la harina de maíz negro autóctona permite la obtención de un alimento rico en antioxidantes aptos para celíacos.
- También es una fuente natural de fibra dietética (Gracia, 2016).

### 2.2.11. Almidón de maíz

El almidón es el principal constituyente del maíz (*Zea mays L.*) y las propiedades físico-químicas y funcionales de este polisacárido están estrechamente relacionados con su estructura. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina, estas moléculas se organizan en anillos concéntricos para originar la estructura granular (Acevedo, 2013).

Los almidones se emplean como: agentes espesantes para incrementar la viscosidad de salsas, como agentes estabilizantes de geles o emulsificantes, como elementos ligantes y agentes de relleno (Arzapalo, 2015).

### 2.2.12. Composición química de los almidones

**Tabla 2: Composición química de los almidones base seca**

<b>Almidón</b>	<b>% Humedad 20°C</b>	<b>% Lípidos (bs)</b>	<b>% Proteína (bs)</b>	<b>% Fósforo (bs)</b>	<b>Sabor y olor</b>
Yuca	13	0,1	0,1	0,01	Neutro
Papa	19	0,1	0,1	0,08	Bajo
Trigo	13	0,9	0,4	0,06	Alto
Maíz	13	0,8	0,3	0,02	Alto

(Sucre, 2016).

### 2.2.13. Propiedades del almidón

El almidón destaca por sus propiedades relacionadas con la salud humana ya que una parte es digerible, constituyendo lo que se conoce como almidón resistente, el cual es aprovechado por el microbiota intestinal desempeñando un papel importante en varios efectos sobre la salud humana. En los alimentos regulan y estabilizan la textura, así como propiedades espesantes y gelificantes (Contreras, 2018).

### 2.2.14. Usos del almidón

- Industria de adhesivos: Se usan para la elaboración de adhesivos para diversas aplicaciones en la industria de papel y cartón, ya sea para adhesivos de alta fuerza adhesiva o para colas de menor precio.

- Industria farmacéutica y cosmética: Usados en la fabricación de píldoras o tabletas, en las cuales cumplen dos funciones: como agente de dispersión de polvo y como ligante del ingrediente activo de la tableta.
- En la industria textil los almidones: Usados en las operaciones como encolado de la urdimbre, aprestado y estampado de tejidos
- En la industria del alimento: Usados como adhesivo, ligante, enturbiante, formador de películas comestibles y no comestibles, estabilizante de espumas, conservante para el pan, gelificante y aglutinante (Aristizábal, 2007).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de investigación**

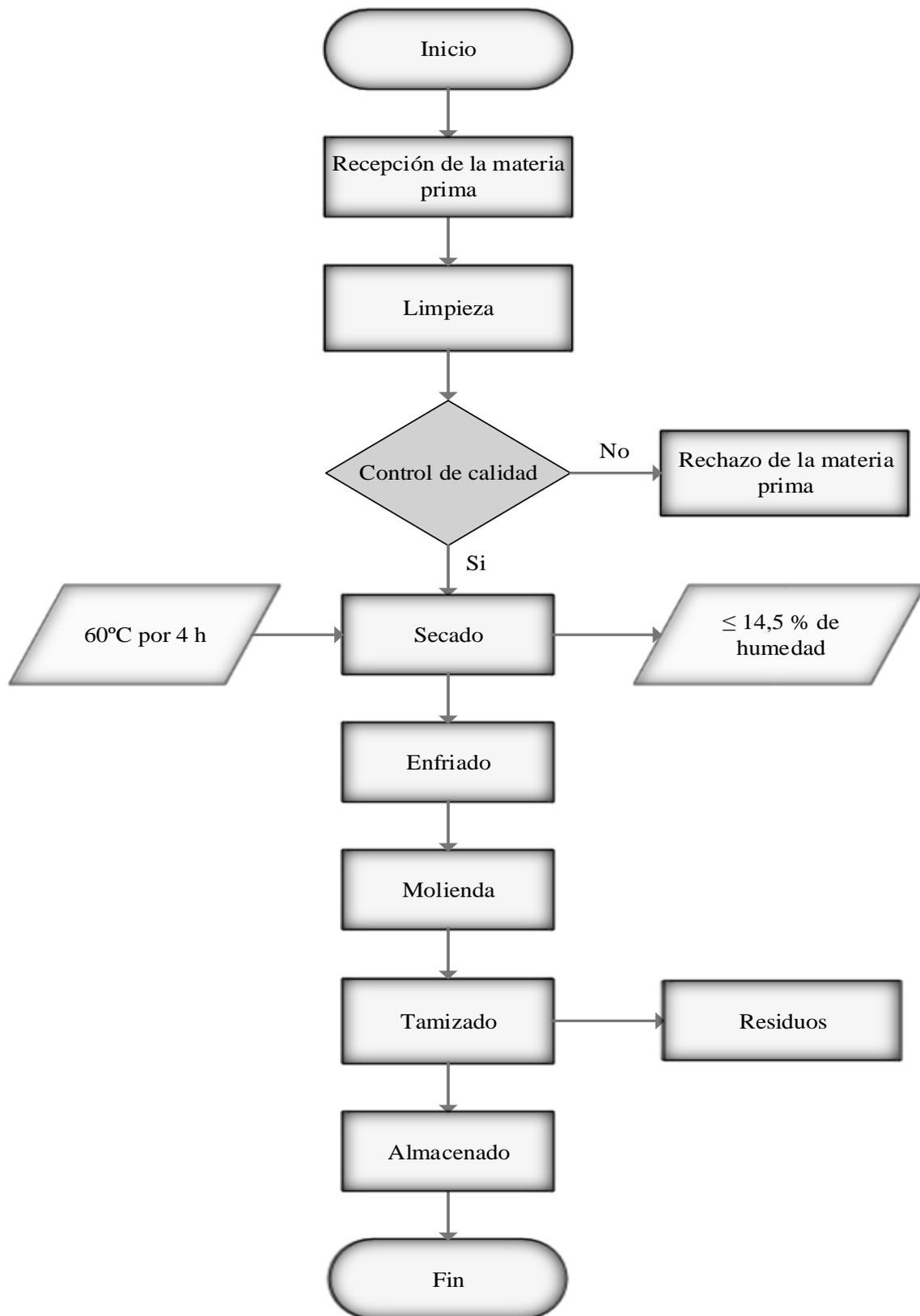
El proyecto de investigación se encuentra dentro de la modalidad de investigación cuantitativa y experimental, ya que se realizó una caracterización (físico-químico, macro-microcomponentes y microbiológicos) de la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*), para lograr obtener resultados medibles mediante un análisis estadístico.

Además, es bibliográfica ya que con los datos obtenidos se realizó una comparación de resultados con información de revistas, artículos científicos y diferentes investigaciones referentes a la harina y almidón.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

Una vez adquirida la materia prima, se realizó los siguientes pasos para la obtención de la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*).

**Diagrama de flujo para la obtención de harina de maíz negro (*Zea mays L.*).**



**Figura 1:** Obtención de harina de maíz negro por el método de molturación seca.

(Guaminga, 2020)

### **3.2.1. Descripción del proceso de obtención de harina de maíz negro**

**Recepción:** Se recibió (6 lb) de maíz negro, tomando en cuenta que no presente impurezas como piedras, astillas y restos de tierra.

**Limpieza y control de calidad:** Se procedió a realizar la limpieza del maíz negro, con la ayuda de un papel de cocina con la finalidad de eliminar las impurezas como tierra, pajas o semillas de otros cereales.

**Secado:** El maíz se colocó en bandejas de acero inoxidable para optimizar el secado, mismo que se realizó en un desecador industrial modelo-ST-02 de 220-240V-50HZ-1500W, a una temperatura de 60 °C por 4 horas hasta alcanzar una humedad de  $\leq 14,5\%$ .

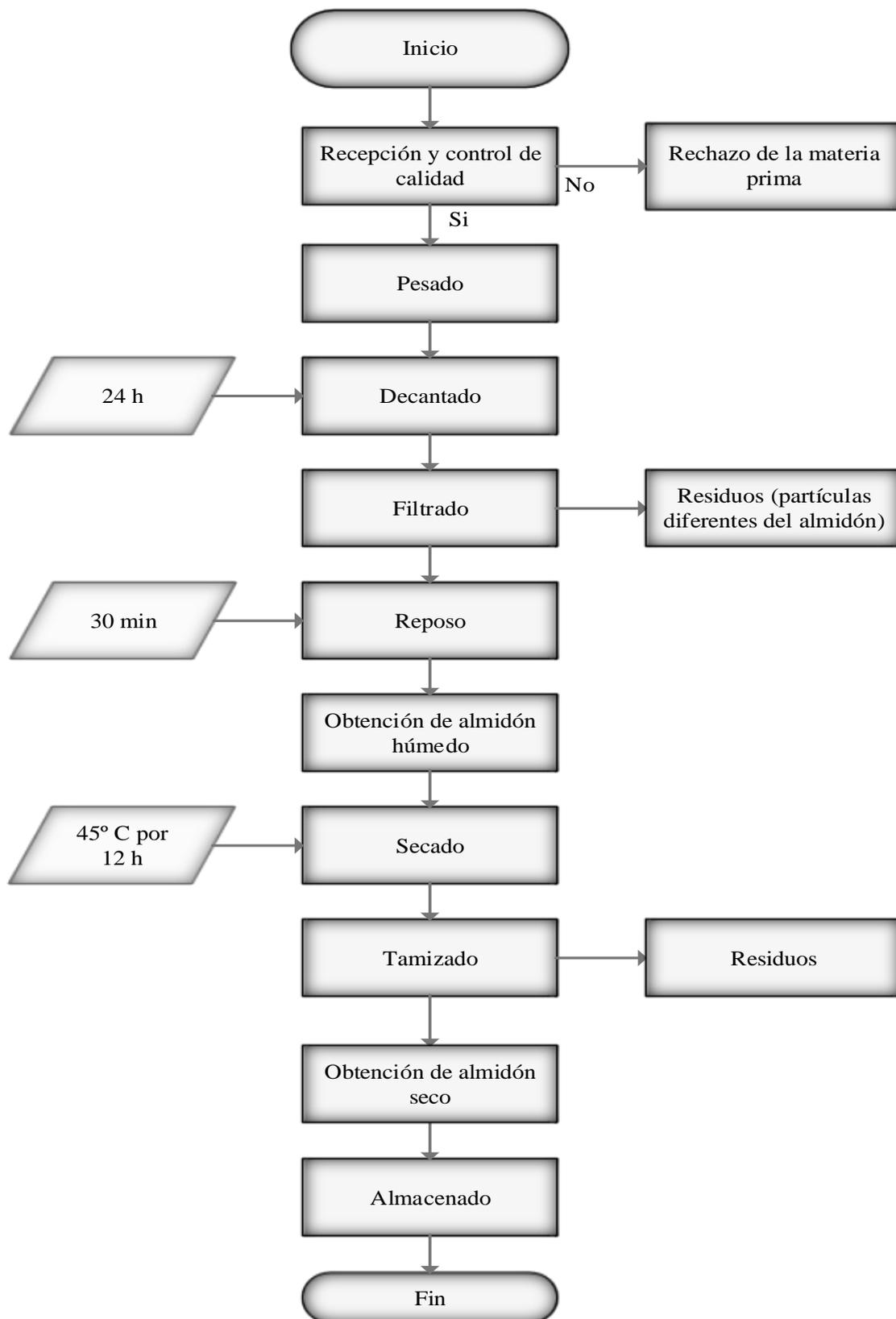
**Enfriado:** Se procedió a enfriar el maíz negro a una temperatura ambiente (14 °C) en un lugar seco y fresco.

**Molienda:** Una vez enfriado el maíz negro se realizó la molienda en un molino manual marca corona-tolva alta, con la finalidad de reducir el tamaño de partículas hasta obtener la harina.

**Tamizado:** Se procedió a tamizar la harina en los tamices # 10, #20, #40, #60, #80, #100, con una apertura en micras de 2000  $\mu\text{m}$ , 850  $\mu\text{m}$ , 425  $\mu\text{m}$ , 250 $\mu\text{m}$ , 180  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , para obtener finalmente la harina.

**Almacenado:** Posteriormente se almacenó en una funda hermética a una temperatura ambiente (14°C) en un lugar fresco y seco, hasta realizar los análisis físico-químicos (macro - microcomponentes) y microbiológicos correspondientes.

**Diagrama de flujo para la extracción de almidón de maíz negro (*Zea mays L.*).**



**Figura 2:** Extracción de almidón de maíz negro por método húmedo.

(Guaminga, 2020).

### 3.2.2. Descripción del proceso de extracción de almidón de maíz negro

**Recepción y control de calidad:** Para la obtención de almidón, se recibió la materia prima, procurando que no contenga restos de tierra y otros residuos.

**Pesado:** Se pesó con la ayuda de una balanza analítica marca OAUS, (588 g) de harina y se sumergió en agua destilada.

**Decantado:** Se dejó reposar durante 24 horas con la finalidad de que se sedimente.

**Filtrado:** Transcurrido las 24 horas se realizó el filtrado, con la ayuda de un lienzo de algodón.

**Reposo:** Se dejó reposar en un recipiente, durante 30 minutos, con la finalidad de que se sedimente.

**Obtención de almidón húmedo:** Transcurrido los 30 minutos, se procedió a eliminar la parte líquida con la finalidad de retirar las partículas en suspensión y con la ayuda de una espátula se procedió a extraer el almidón que se encontraba en el recipiente.

**Secado:** Finalmente el almidón extraído se secó en una estufa modelo–ST-02 de 220-240V-50Hz-1500W a 45°C por 12 horas, permitiendo eliminar el exceso de agua.

**Pesado:** Una vez secado se transfirió la muestra a un desecador durante 30 minutos con la finalidad de que alcance el peso constante y posteriormente se pesó el almidón en una balanza analítica marca OAUS, donde se obtuvo 168,40 g.

**Tamizado:** Se tamizó el almidón en un tamiz # 80, con una apertura en micras de 180 µm.

**Obtención de almidón seco:** Una vez tamizado el almidón se procedió a almacenar.

**Almacenado:** Se almacenó en una funda hermética en un lugar oscuro donde se evitó el contacto con agua y rayos solares, hasta realizar los análisis físico-químicos (macro-microcomponentes) y microbiológicos correspondientes.

### 3.3. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos, de las determinaciones como análisis físico-químicos (macro-microcomponentes) y microbiológicos (*E-coli*, *mohos-levaduras* y *mesófilos aerobios*), de la harina y almidón de maíz negro, se realizó bitácoras para registrar los valores finales.

### 3.4. Población en estudio y tamaño de la muestra

Se comenzó con la recepción de la materia prima, el maíz negro se adquirió en la Asociación Comunitaria Sariv, que se encuentra ubicada en la Parroquia de Licán, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, se empezó realizando un secado de la materia prima para luego continuar con la obtención de la harina y almidón de maíz negro por la técnica de molturación seca y método húmedo. Se realizó el análisis físico-químico (macro-microcomponentes) y microbiológicos. Los procesos realizados en la presente investigación se llevaron a cabo en las instalaciones de los laboratorios de procesos agroindustriales y control de calidad de Ingeniería Agroindustrial y el laboratorio de Ingeniería Industrial, (Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador).

### 3.5. Método de análisis

**Tabla 3:** Métodos de análisis

DETERMINACIONES	CÓDIGO DE LA NTE-INEN	FUNDAMENTO
<b>pH</b>	NTE INEN-0526	Consiste en identificar si la muestra es ácida o alcalina, se realiza en sustancias líquidas utilizando un pH metro.
<b>Acidez</b>	NTE INEN-0521	Consiste en titular una pequeña alícuota de la muestra con una solución de hidróxido de sodio, usando como indicador fenolftaleína.
<b>Humedad</b>	NTE INEN-0518	Se determina la pérdida de peso de la muestra al someterla a calentamiento en

---

		estufa en condiciones determinadas (AOAC, 1977).
<b>Cenizas</b>	NTE INEN-0520	Residuo obtenido por incineración a una temperatura de $550 \pm 10^{\circ}\text{C}$ hasta combustión completa de la materia orgánica y obtención de un peso constante (AOAC, 1977).
<b>Proteína</b>	NTE INEN-0519	Determinación del nitrógeno, convirtiendo el nitrógeno orgánico presente en amonio sulfato con ácido sulfúrico. Después de alcalinizar con hidróxido de sodio, destilar recogiendo el destilado sobre ácido bórico, titulando el amoníaco recogido con ácido N/10 (AOAC, 1977).
<b>Grasa</b>	NTE INEN-0523	Las materias grasas son extraídas con éter, el solvente evaporado y el residuo pesado (AOAC, 1977).
<b>Fibra bruta</b>	NTE INEN-0522	Tratar la muestra, desengrasada, con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio con concentraciones conocidas. Separar el residuo por filtración, lavar, desecar y pesar el residuo insoluble, determinando posteriormente su pérdida de masa por calcinación a $550^{\circ}\text{C}$ (AOAC, 1977).
<b>Tamaño de partículas</b>	NTE INEN-0517	Se basa en pasar la materia prima por los tamices y calcular el peso retenido en cada uno de ellos.

---

---

**Mohos-levaduras**

NTE INEN-1529-10

Se basa en que el cultivo se encuentre a una temperatura de entre 22°C y 25°C de las unidades propagadoras de mohos y levaduras, utilizando la técnica de recuento en placa por siembra en profundidad y un medio que contenga extracto de levadura, glucosa y sales minerales (NTE-INEN 1529-10 , 1998).

**Mesófilos aerobios**

NTE INEN-1529-5

Este tipo de microorganismos se desarrollan en presencia de oxígeno libre y a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C con una zona optima entre 30°C y 40°C (NTE-INEN 1529-5 , 1998).

**E-coli**

NTE INEN-1529-8

Este método se basa en realizar una siembra de tipo superficial utilizando el agar (MacConkey) y manteniendo a una temperatura de 35°C por un periodo de 24 horas (NTE-INEN 1529-8, 1998).

**Calcio**

Gravimétrico-  
Colorimétrico

Consiste en la determinación de los quelatos que se forma cuando el EDTA y sus sales de sodio forman quelatos solubles, cuando vienen agregados a una solución que contiene cationes polivalentes mediante complejación.

**Fósforo**

Gravimétrico-  
Colorimétrico

El método utilizado es el colorimétrico del azul de molibdeno en solución diluida de las cenizas del alimento; es un método altamente sensible que determina hasta concentraciones inferiores de 0.1 mg/L.

---

---

<b>Hierro</b>	Gravimétrico- Colorimétrico	El hierro se disuelve y se reduce al estado ferroso por ebullición con ácido e hidroxilamina, haciéndose reaccionar posteriormente con 1,10 - Fenantrolina, a valores de pH de 3.2-3.3. Tres moléculas de Fenantrolina forman un quelato con cada átomo de hierro ferroso para dar lugar a un complejo rojo - anaranjado. La solución colorida obedece a la ley de Beer; la intensidad de color es independiente del pH en el ámbito de 3 a 9, y estable cuando menos por seis meses. Se logra un rápido desarrollo del color, en presencia de un exceso de Fenantrolina, a un pH entre 2.9 y 3.5.
<b>Potasio</b>	Electrodo selectivo	Este método consiste en medir concentraciones de ion potasio en medios acuosos, aguas potables, superficiales y residuales, fertilizantes, carnes, vegetales, etc.

---

### 3.6. Procesamiento de datos

Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico R-Rstudio 1.2.509, SPSS y hoja de cálculo excel. Se realizó un análisis exploratorio de datos, contraste de normalidad e intervalos de confianza para la media con varianza desconocida.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1.Resultados

##### 4.1.1. Elaboración de harina

Para la elaboración de harina a partir de maíz negro (*Zea mays L.*), se utilizó la técnica de molturación seca, consistió en realizar un secado, molienda, tamizado y almacenado en una funda hermética.

**Figura 3: Harina de maíz negro (*Zea mays L.*)**



(Guaminga, 2020)

##### 4.1.2. Extracción de almidón

En cuanto a la extracción de almidón de harina de maíz negro (*Zea mays L.*), se aplicó el método húmedo, consistió en dejar en decantación durante 24 horas, mismo que se filtró, seco, tamizo y se almacenó en una funda hermética.

**Figura 4: Almidón de maíz negro (*Zea mays L.*)**



(Guaminga, 2020)

### 4.1.3. Análisis en la materia prima

Para el análisis físico-químico (macro-microcomponentes), microbiológicos (*E-coli*, *mesófilos*, *mohos* y *levaduras*) en la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*) se aplicó un análisis exploratorio de datos el cual se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 4: Análisis físico-químico de la harina de maíz negro**

Harina de maíz negro							
Variable	pH	Acidez (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)
$\bar{x}$	6,2366	0,0643	7,4178	0,9522	8,0804	1,7634	3,6374
$\sigma$	0,00816	0,00147	0,01325	0,0098	0,0167	0,0120	0,0091
<i>c. v.</i>	0,1309	2,2927	0,5397	1,0352	0,2068	0,6847	0,2510

$\bar{x}$  Promedio;  $\sigma$  desviación estándar; *c. v.* coeficiente de variación.

(Guaminga, 2020).

Según la tabla 4 los datos analizados presentó los siguientes valores promedios en el análisis físico-químico de la harina de maíz negro fue de: pH 6,23, acidez 0,064%, humedad 7,41%, cenizas 0,95%, proteína 8,08% , grasa 1,76% y fibra 3,63%, con una desviación estándar de: pH 0,00816, acidez 0,00147, humedad 0,01325, cenizas 0,0098, proteína 0,0167, grasa 0,0120 y fibra 0,0091 en cuanto al coeficiente de variación se observó que los valores fueron homogéneos ya que son menores al 5% y mantuvieron características de similitud.

**Tabla 5: Análisis físico-químico de almidón de maíz negro**

Almidón de maíz negro							
Variable	pH	Acidez (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)
$\bar{x}$	6,6283	0,0215	6,4798	0,3769	0,3726	0,3804	0,7734
$\sigma$	0,00816	0,000876	0,0124	0,0138	0,0112	0,0102	0,0128
<i>c. v.</i>	0,1309	0,0406	0,1925	3,6842	3,0154	2,6915	1,6585

$\bar{x}$  Promedio;  $\sigma$  desviación estándar; *c. v.* coeficiente de variación.

(Guaminga, 2020)

En relación a la tabla 5 el valor asociado mostró que el promedio en almidón de maíz negro fue de: pH 6,62, acidez 0,0215%, humedad 6,47%, cenizas 0,37%, proteína 0,37%, grasa 0,38% y fibra 0,77 % , con una desviación estándar de pH 0,00816, acidez 0,000876, humedad 0,0124, cenizas 0,0138, proteína 0,0112, grasa 0,0102 y fibra 0,0128, en cuanto al coeficiente de variación se observó que los datos fueron homogéneos ya que son menores al 5% y conservaron características de proximidad.

**Tabla 6: Análisis de granulometría en harina de maíz negro**

<b>Harina de maíz negro</b>				
<b>Tamiz #</b>	<b>Apertura (µm)</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b><i>c. v.</i></b>
10	2.00	0,4147 %	0,00246	0,5947
20	850	0,4266 %	0,00241	0,5657
40	0,425	26,5601 %	0,0322	1,2129
60	0,250	12,6092 %	0,1802	1,4292
80	0,180	26,5413 %	0,2508	0,9449
100	0,150	32,7049 %	0,2539	0,7763

$\bar{x}$  Promedio;  $\sigma$  desviación estándar; *c. v.* coeficiente de variación.

(Guaminga, 2020)

En relación a la tabla 6 se observó que en el análisis granulométrico de la harina de maíz negro los valores promedios en el tamiz # 10 (2000 µm) fue de 0,4147 %, tamiz # 20 (850 µm) 0,4266%, tamiz # 40 (425 µm) 26,5601%, tamiz # 60 (250 µm) 12,6092%, tamiz # 80 (180 µm) 26,5413% y en el tamiz # 100 (150 µm) 32,7049%, con una desviación estándar en el tamiz # 10 (2000 µm) de 0,00246%, tamiz # 20 (850 µm) 0,00241, tamiz # 40 (425 µm) 0,0322, tamiz # 60 (250 µm) 0,1802, tamiz # 80 (180 µm) 0,2508 y en el tamiz # 100 (150 µm) 0,2539, en cuanto al coeficiente de variación se observó que los valores fueron homogéneos ya que son menores al 5% y mantuvieron características de proximidad.

**Tabla 7: Análisis de granulometría de almidón de maíz negro**

<b>Almidón de maíz negro</b>				
<b>Tamiz #</b>	<b>Apertura (µm)</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b><i>c. v.</i></b>
10	2000	0,4852 %	0,0029	0,6044
20	850	0,5479 %	0,0163	2,9793
40	425	11,399 %	0,2739	2,4033
60	250	8,6434 %	0,156	1,8052
80	180	48,399 %	0,2618	0,5409
100	150	29,676 %	0,3481	1,1731

$\bar{x}$  Promedio;  $\sigma$  desviación estándar; *c. v.* coeficiente de variación.

(Guaminga, 2020)

De acuerdo a la tabla 7 se observó que en el análisis granulométrico de almidón de maíz negro los valores promedios fueron de: tamiz # 10 (2000 µm) 0,4852%, tamiz # 20 (850 µm) 0,5479%, tamiz # 40 (425 µm) 11,399%, tamiz # 60 (250 µm) 8,6434%, tamiz # 80 (180 µm) 48,399 % y en el tamiz # 100 (150 µm) 29,676%, con una desviación estándar en el tamiz # 10 (2000 µm) de 0,0029, tamiz # 20 (850 µm) 0,0163, tamiz # 40 (425 µm) 0,2739, tamiz # 60 (250 µm) 0,156, tamiz # 80 (180 µm) 0,2618 y en el tamiz # 100 (150

$\mu\text{m}$ ) 0,3481, en cuanto al coeficiente de variación se observó que los datos fueron homogéneos ya que son menores al 5% y conservaron características de proximidad.

**Tabla 8: Análisis microbiológico de harina de maíz negro**

Harina de maíz negro			
VARIABLES	<i>Mohos-levaduras</i> (UFC/g)	<i>Aerobios mesófilos</i> (UFC/g)	<i>E-coli</i> (UFC/g)
$\bar{x}$	0,00	7733,33	0,00
$\sigma$	0,00	490,25	0,00
<i>c. v.</i>	0,00	6,2339	0,00

$\bar{x}$  Promedio;  $\sigma$  desviación estándar; *c. v.* coeficiente de variación.

(Guaminga, 2020)

Conforme la tabla 8 el valor analizado mostró que los promedios expresados en UFC/g (Unidades formadoras de colonias /gramo), en el análisis de cantidad de *mohos-levaduras* 0,00, *aerobios mesófilos* 7733,33 y *e-coli* 0,00, con una desviación estándar de *mohos-levaduras* 0,00, *aerobios mesófilos* 490,25 y *e-coli* 0,00, en cuanto al coeficiente de variación se obtuvo en *mohos-levaduras* 0,00, *aerobios mesófilos* 6,23 y *e-coli* 0,00.

**Tabla 9: Análisis microbiológico de almidón de maíz negro**

Almidón de maíz negro			
VARIABLES	<i>Mohos-levaduras</i> (UFC/g)	<i>Aerobios mesófilos</i> (UFC/g)	<i>E-coli</i> (UFC/g)
$\bar{x}$	0,00	7700	0,00
$\sigma$	0,00	900	0,00
<i>c. v.</i>	0,00	0,1168	0,00

$\bar{x}$  Promedio;  $\sigma$  desviación estándar; *c. v.* coeficiente de variación.

(Guaminga, 2020)

De acuerdo con la tabla 9 el valor asociado mostró los siguientes promedios expresados en UFC/g (Unidades formadoras de colonias /gramo), en el análisis de cantidad de *mohos-levaduras* fue de 0,00, *aerobios mesófilos* 7700 y *e-coli* 0,00, con una desviación estándar de cantidad de *mohos-levaduras* 0,00, *aerobios mesófilos* 900 y *e-coli* 0,00, en cuanto al coeficiente de variación se observó que los datos fueron homogéneos ya que son menores al 5% y conservaron características de similitud.

#### 4.1.4. Contraste de normalidad

En la misma línea de explorar los datos se ejecutó contrastes de normalidad, mismos que refirieron la siguiente información para cada componente:

## 1. Hipotesis

$H_0$ : Las variables siguen una ley normal

$H_1$ : Las variables no siguen una ley normal

## 2. Nivel de significancia

$$\alpha = 5\%$$

## 3. Cálculo del Estadístico

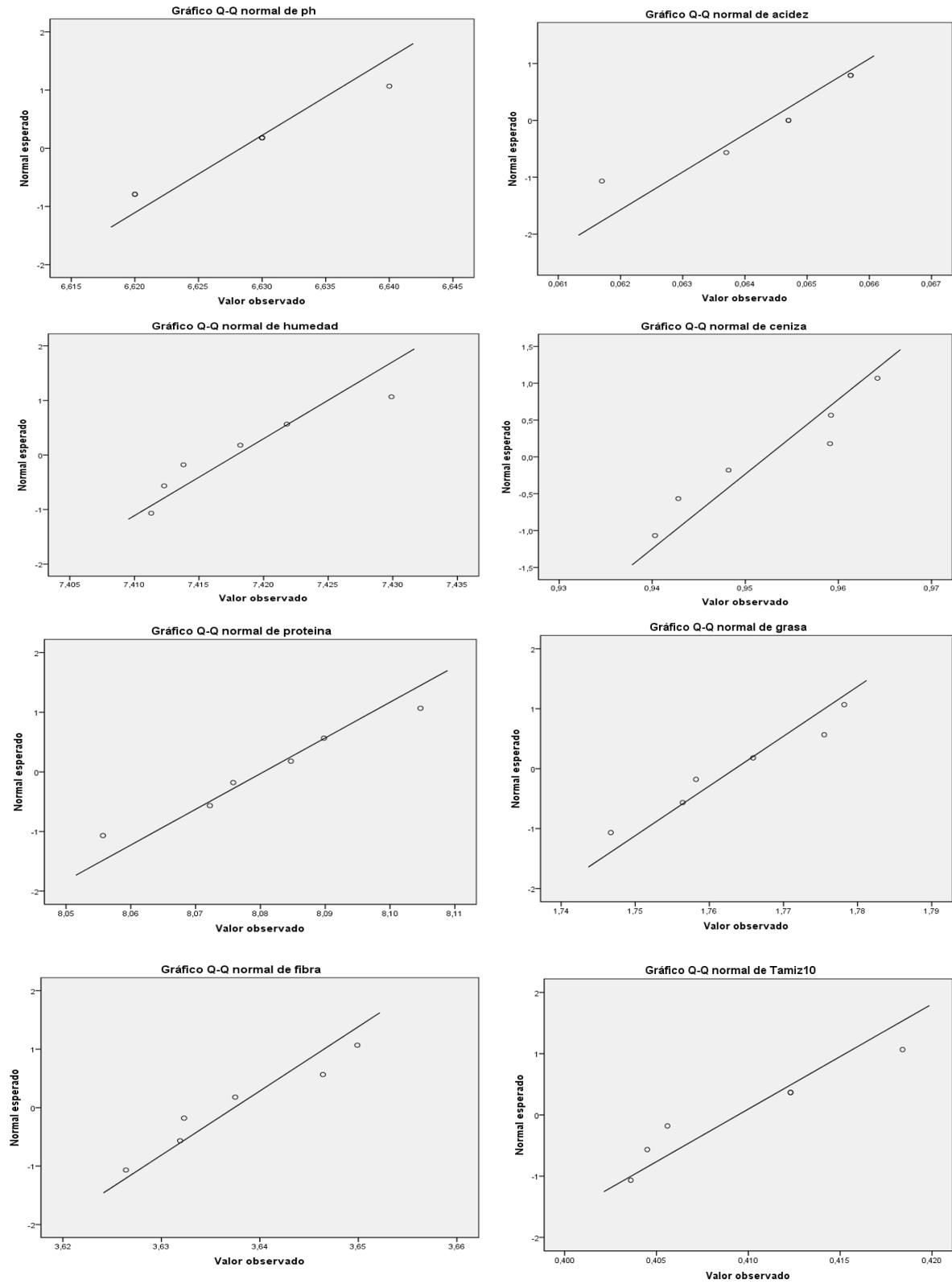
**Tabla 10: Análisis de normalidad para harina de maíz negro**

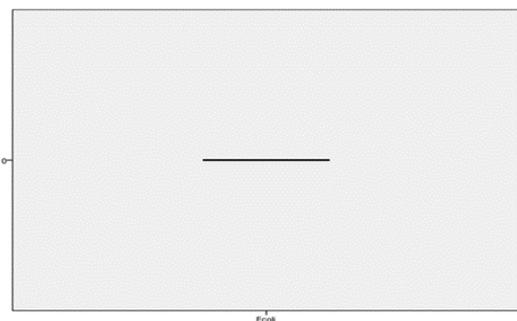
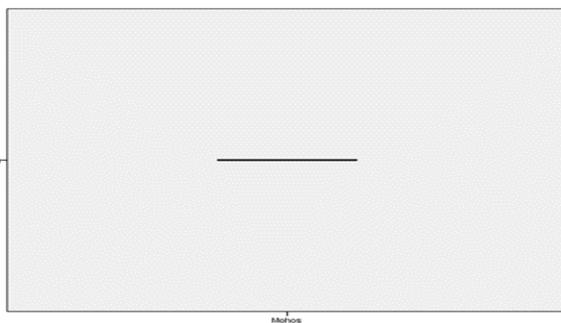
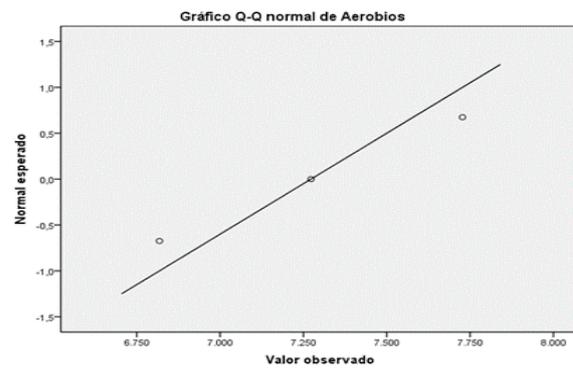
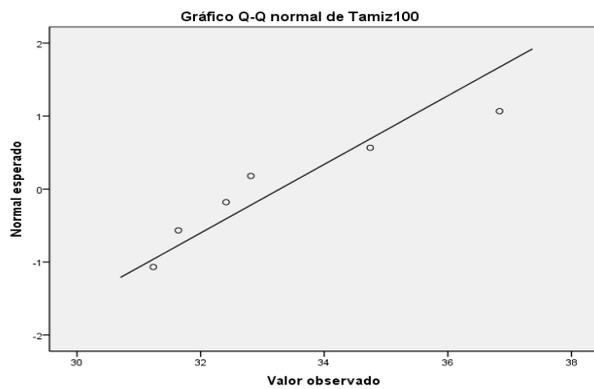
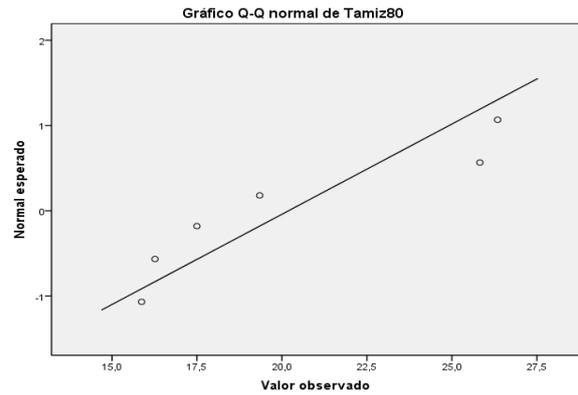
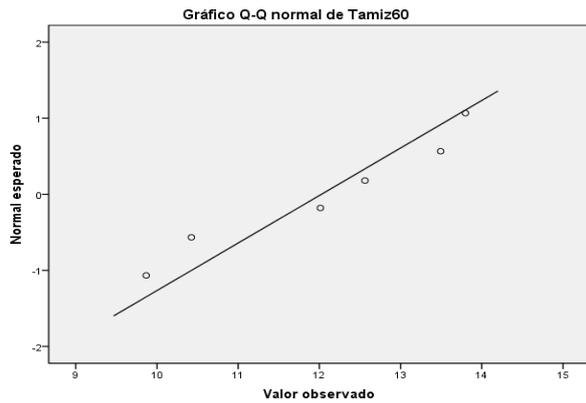
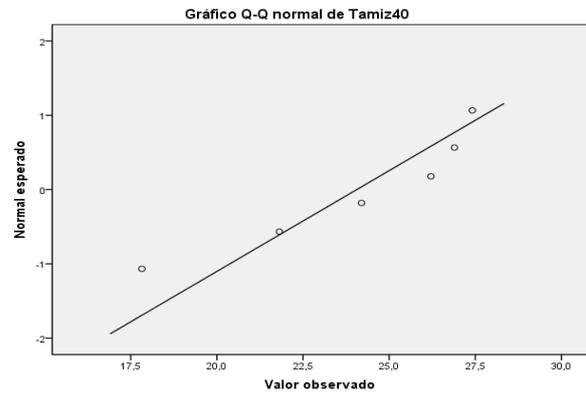
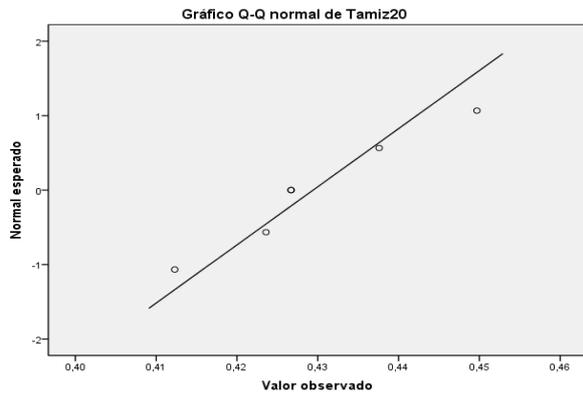
<b>Análisis físico- químico</b>		
<b>Variable</b>	<b>Valor de probabilidad</b>	<b>Decisión</b>
Acidez	0,2117	Normal
pH	0,0911	Normal
Humedad	0,8901	Normal
Ceniza	0,3774	Normal
Proteína	0,9952	Normal
Grasa	0,7504	Normal
Fibra	0,5907	Normal
<b>Determinación de tamaño de partículas</b>		
<b># tamiz y apertura</b>	<b>Valor de probabilidad</b>	<b>Decisión</b>
10 (2000 $\mu\text{m}$ )	0,4727	Normal
20 (850 $\mu\text{m}$ )	0,2337	Normal
40(425 $\mu\text{m}$ )	0,8901	Normal
60 (250 $\mu\text{m}$ )	0,2228	Normal
80 (180 $\mu\text{m}$ )	0,3119	Normal
100 (150 $\mu\text{m}$ )	0,9781	Normal
<b>Análisis microbiológicos</b>		
<b>Cantidad de</b>	<b>Valor de probabilidad</b>	<b>Decisión</b>
<i>Mohos-levaduras</i>	0,00	No cumple con la ley
<i>Aerobios mesófilos</i>	0,8777	Normal
<i>E-coli</i>	0,00	No cumple con la ley

(Guaminga, 2020)

Conforme la tabla 10 se evidenció 16 variables de los cuales 14 de ellas cumplen con una ley normal, esto debido a que el valor de probabilidad es mayor a 0,05% de significancia y en el caso de cantidad de *mohos-levaduras* y *e-coli* no cumplen con una ley normal. Por tanto, se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$ .

**Figura 5: Gráficos de probabilidad de la harina de maíz negro**





(Guaminga, 2020)

**Interpretación:** Las gráficas confirman que, de las 16 variables, 14 de ellas cumplen una ley normal comprobado por Shapiro Wilk como son los análisis de (pH, acidez, humedad, ceniza, proteína, grasa, fibra, determinación de tamaño de partículas y cantidad de mesófilos

aerobios), ya que los puntos están situados sobre la línea de tendencia y en el caso de cantidad de *mohos-levaduras* y *e-coli* no cumplen con una ley normal.

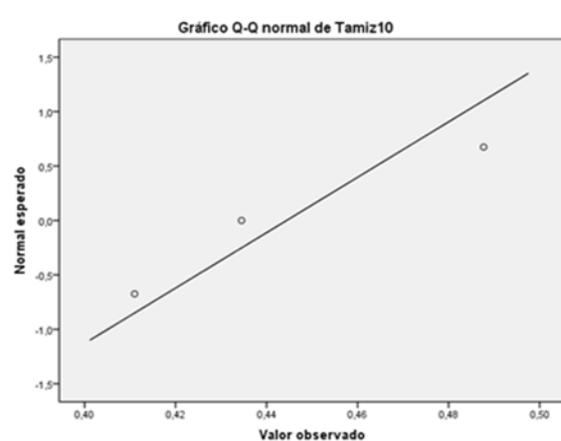
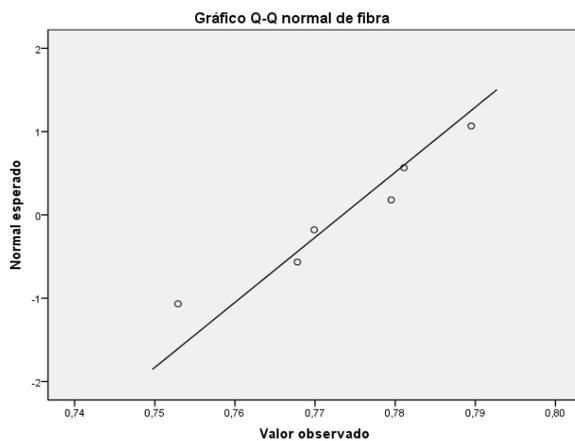
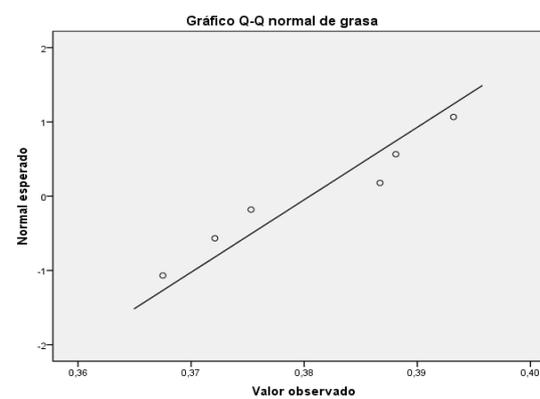
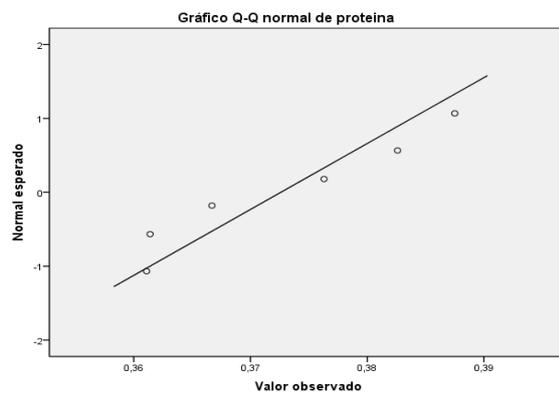
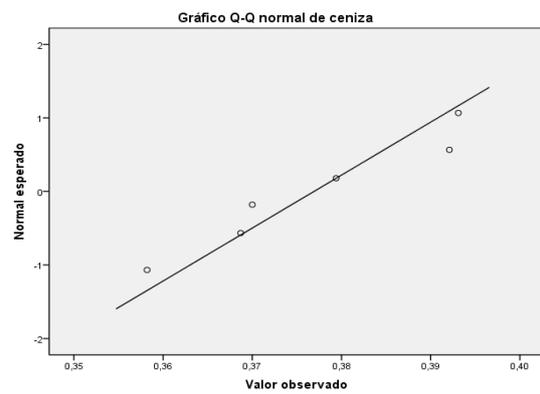
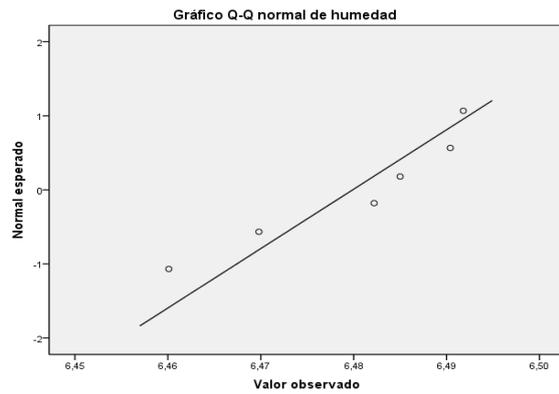
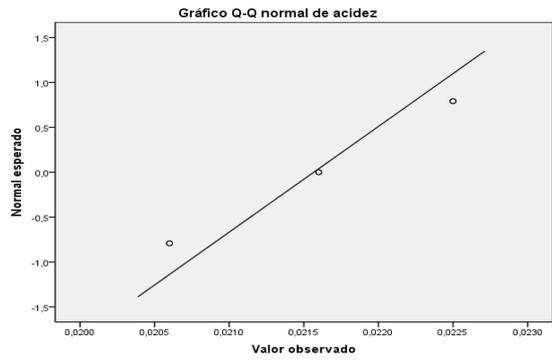
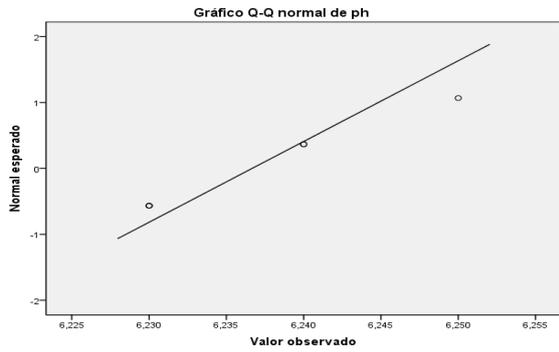
**Tabla 11: Análisis de normalidad de almidón de maíz negro**

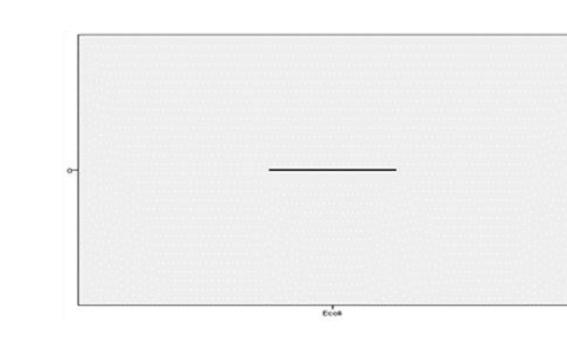
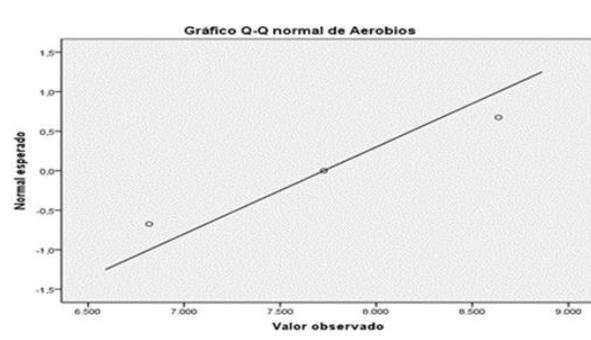
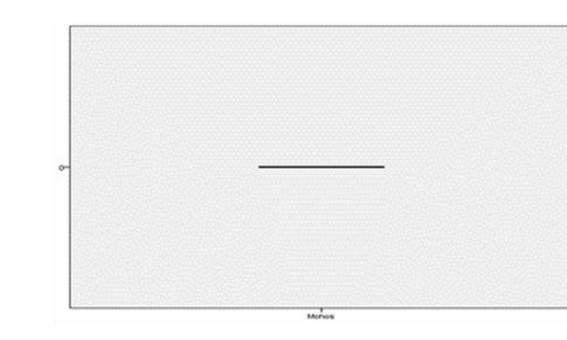
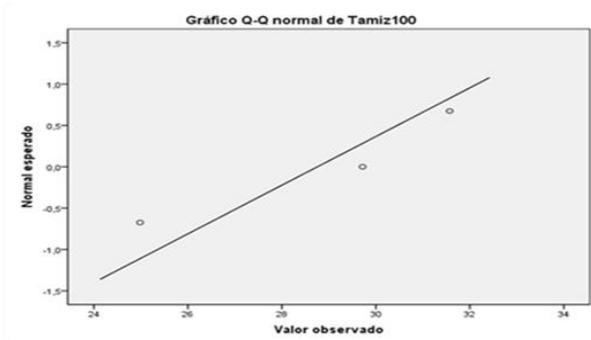
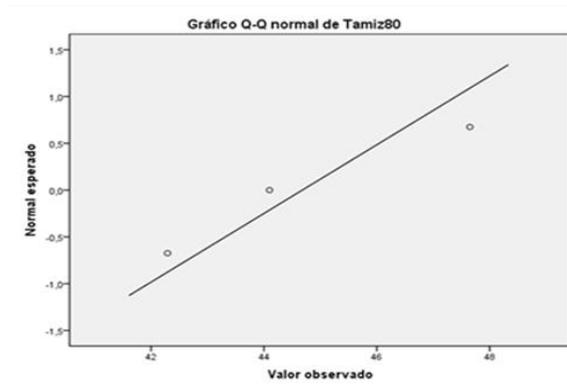
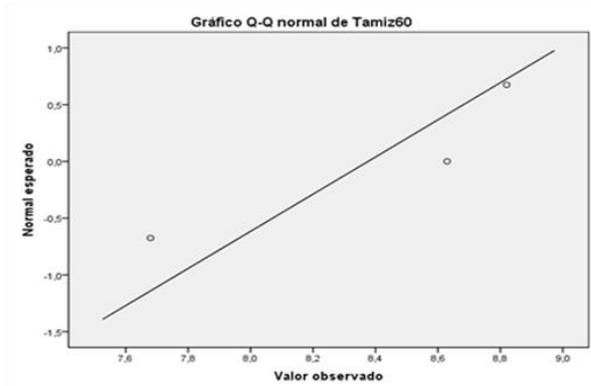
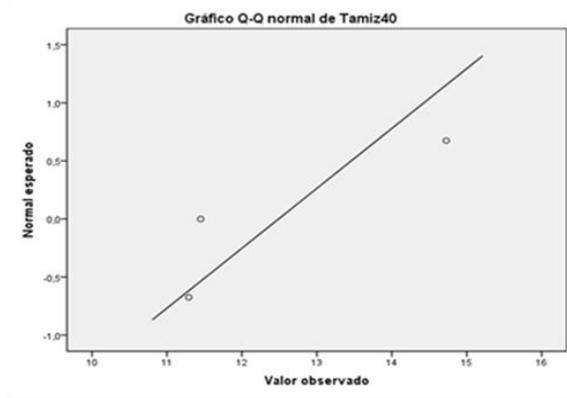
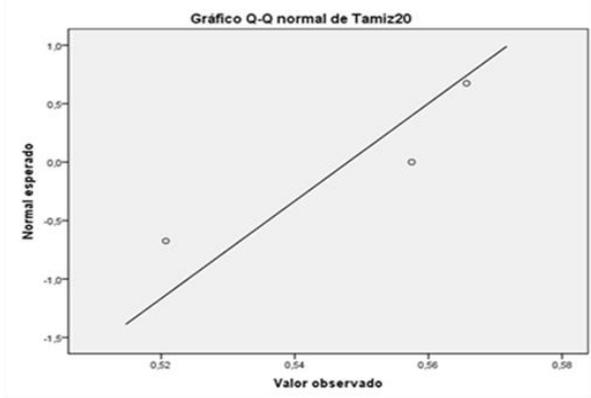
<b>Análisis físico-químico</b>		
<b>Variable</b>	<b>Valor de probabilidad</b>	<b>Decisión</b>
Acidez	0,1670	Normal
pH	0,0910	Normal
Humedad	0,3615	Normal
Ceniza	0,5298	Normal
Proteína	0,3718	Normal
Grasa	0,5466	Normal
Ibra	0,8512	Normal
<b>Determinación de tamaño de partículas</b>		
<b># Tamices y apertura</b>	<b>Valor de probabilidad</b>	<b>Decisión</b>
10 (2000 $\mu\text{m}$ )	0,4727	Normal
20 (850 $\mu\text{m}$ )	0,2337	Normal
40 (425 $\mu\text{m}$ )	0,8901	Normal
60 (250 $\mu\text{m}$ )	0,2228	Normal
80 (180 $\mu\text{m}$ )	0,3119	Normal
100 (150 $\mu\text{m}$ )	0,9781	Normal
<b>Análisis microbiológicos</b>		
<b>Cantidad de</b>	<b>Valor de probabilidad</b>	<b>Decisión</b>
<i>Mohos-levaduras</i>	0,00	No cumple con la ley
<i>Aerobios mesófilos</i>	0,877	Normal
<i>E-coli</i>	0,00	No cumple con la ley

(Guaminga, 2020)

Según la tabla 11 se evidenció 16 variables de los cuales 14 de ellas cumplen con una ley normal, esto debido a que el valor de probabilidad es mayor a 0,05% de significancia y en el caso de cantidad de *mohos-levaduras* y *e-coli* no cumplen con una ley normal. Por tanto, se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$ .

**Figura 6: Gráficos de probabilidad de almidón de maíz negro**





(Guaminga, 2020)

**Interpretación:** Las gráficas confirman que, de las 16 variables, 14 de ellas cumplen una ley normal comprobado por Shapiro Wilk como son los análisis de (pH, acidez, humedad, ceniza, proteína, grasa, fibra, determinación de tamaño de partículas y cantidad de mesófilos

aerobios), ya que los puntos están situados sobre la línea de tendencia y en el caso de cantidad de *mohos-levaduras* y *e-coli* no cumplen con una ley normal.

#### 4.1.5. Intervalos de confianza para la media con varianza desconocida

$$\left(\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}, n - 1\right)$$

**Tabla 12: Intervalos de confianza de análisis físico-químicos en harina**

Análisis físico-químico			
Variable	Intervalo		Valor
pH	6,23	6,24	6,50
Acidez	0,06	0,07	0,50
Humedad	7,41	7,42	10,60
Cenizas	0,94	0,96	1,70
Proteína	8,07	8,09	12,30
Grasa	1,75	1,77	7,00
Fibra	3,63	3,64	7,10

(Guaminga, 2020)

En la tabla 12, se observó que en pH la harina se encuentra en un rango de 6,23-6,24 manteniéndose en la escala de medición (ligeramente acida), según (Flores, 2002), reportó un valor de 6,50, la diferencia de resultado se debe a que el pH de la harina nixtamalizada está relacionado con la cantidad de álcali usado durante la nixtamalización y con la intensidad del lavado del nixtamal. En la determinación de acidez (Moreno, 2013), obtuvo un valor de 0,50%, la (NTE-INEN 616, 2006), de harina de todo uso establece como máximo 0,1%, mientras que nuestro resultado está en un rango de 0,06-0,07%, por lo que cumplen con los parámetros establecidos por la norma.

De acuerdo al contenido de humedad de la harina de maíz negro (Flores, 2002), muestra un valor de 10,60 %, en tanto que la (NTE-INEN 2051 , 1998), establece como máximo 13%, mientras que nuestro resultado se encuentra en un rango de 7,41-7,42%, cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma. En la determinación de cenizas (Méndez, 2005), obtuvo un valor de 1,70%, mientras que la (NTE-INEN 2051 , 1998), establece como mínimo 1%, y nuestro resultado se encuentran en un rango de 0,94-0,96%, por lo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma.

Para la harina de maíz negro en contenido de proteína (Mansilla, 2019), obtuvo un valor de 12,30%, en tanto que la (NTE-INEN 2051 , 1998), para harina de maíz blanco establece

como mínimo 8%, mientras que nuestro resultando se encuentra en un rango de 8,07-8,09% cumpliendo con el parámetro establecido por la norma. En la determinación de grasa según (Méndez, 2005), obtuvo un valor de 7%, en tanto que la (NTE-INEN 2051 , 1998), establece como máximo 2%, mientras que nuestro resultado se encuentra en un rango de 1,75-1,77%, cumpliendo con el parámetro establecido por la norma.

Para el análisis de fibra según (Méndez, 2005), obtuvo un valor de 7,10 %, mientras que nuestro resultado se encuentran en un rango de 3,63-3,64%, y de acuerdo a la (NTE-INEN 2051 , 1998), para harina de maíz blanco establece como máximo un 2,5%, misma que no cumplen con los parámetros establecidos por la norma, ni el dato bibliográfico debido a que esta investigación se realizó en maíces híbridos de tipos de granos cristalinos, semicristalinos, dentados y semidentados.

**Tabla 13: Intervalos de confianza para el tamaño de partículas en harina de maíz negro**

Determinación de tamaño de partículas			
# Tamiz	# Apertura (µm)	Intervalo	
10	2000	0,41	0,42
20	850	0,42	0,43
40	425	26,30	26,82
60	250	12,47	12,75
80	180	26,34	26,74
100	150	32,51	32,90

(Guaminga, 2020)

Por un lado en la tabla 13, en la determinación de tamaño de partículas, se observó que el mayor porcentaje de retención correspondió al tamiz # 100 (150 µm), ya que se encuentra en un rango de 32,51-32,90%, mientras que en el tamiz # 10 (2000 µm), se apreció una menor cantidad de masa retenida encontrándose en un rango de 0,41-0,42% correspondientes a las partículas de mayor tamaño, según (Granito, 1995), para la determinación de tamaño de partículas utilizó un vibrador Sieve Shaker, modelo Rx-86 y un conjunto de tamices Tyler N.º 20, 40,60,80 y 100 mesh, con diámetros de abertura 850 µm, 425 µm, 250 µm, 175 µm y 150 µm, utilizó 100 g de muestra y obtuvo un mayor porcentaje de retención en el tamiz 20 mesh (45,40%), también se observó porcentajes importantes para el tamiz 40 mesh (18,30%) y tamiz 60 mesh (17,80%), por lo que se evidenció que nuestro resultado no se asemeja al dato bibliográfico debido a que en nuestra investigación no se utilizó un vibrador y se utilizó tamices a partir del N.º 10.

**Tabla 14: Intervalos de confianza en análisis microbiológicos en harina**

<b>Análisis microbiológicos</b>			
<b>Cantidad de</b>	<b>Intervalo</b>		<b>Valor</b>
<i>Mohos-levaduras</i> (UFC/g)	0,00	0,00	500
<i>Mesófilos aerobios</i> (UFC/g)	6620,66	7846,01	100000
<i>E-coli</i> (UFC/g)	0,00	0,00	0,00

(Guaminga, 2020)

De acuerdo a la tabla 14 se observó que en los análisis microbiológicos de cantidad de (*Mohos-levaduras*, *aerobios mesófilos* y *e-coli*), los resultados obtenidos en la investigación se encuentran dentro de los parámetros establecidos por (NTE-INEN 2051 , 1998), cabe mencionar que en el análisis de cantidad de *E-coli*, *mohos-levaduras* se reportó como ausencia ya que no existía presencia de microorganismos.

**Tabla 15: Análisis macro-microcomponentes en harina**

<b>Análisis macro-microcomponentes en harina</b>		
<b>Determinación</b>	<b>Resultados</b>	<b>Valor</b>
Calcio	19,63 mg/100 g	15 mg/100g
Hierro	3,82 mg/100g	3 mg/100g
Fosforo	189 mg/100g	279,71 mg/500g
Potasio	3114,27 mg/kg	1661,80 mg/kg

(Guaminga, 2020)

En la tabla 15 de análisis de macro-microcomponentes se obtuvo los siguientes resultados en calcio 19,63 mg/100g, hierro 3,82 mg/100g, fósforo 189 mg/100g y potasio de 3114,27 mg/kg, según (FUNIBER, 2005), obtuvo un valor de calcio 15 mg/100g, hierro 3 mg/100g, mientras que (Camari, 1981) reportó un valor de fósforo 279,71 mg/500g y potasio 1661,80 mg/kg, donde se evidenció que el dato bibliográfico en los análisis de calcio y hierro se asemejan a nuestros resultados, mientras que en el análisis de fósforo se evidenció que el dato bibliográfico es superior a nuestro resultado obtenido, en tanto que en el análisis de potasio se observó que nuestro resultado es superior al dato bibliográfico.

**Tabla 16: Intervalos de confianza de análisis físico-químicos en almidón**

<b>Análisis físico químicos</b>			
<b>Variable</b>	<b>Intervalo</b>		<b>Valor</b>
pH	6,62	6,63	6,33
Acidez	0,021	0,022	0,32
Humedad	6,47	6,49	6,77
Cenizas	0,37	0,39	3,47

Proteína	0,36	0,38	13,27
Grasa	0,37	0,39	1,24
Fibra	0,76	0,78	2,63

(Guaminga, 2020)

De acuerdo a la tabla 16 de intervalos de confianza de las distintas determinaciones realizadas en el almidón, según (Espín, 2004), obtuvo un promedio de 6,33, mientras que nuestro resultado se encuentra en un rango de 6,62-6,63, por lo que nuestro resultado se asemeja al dato bibliográfico. En la determinación de acidez según (Oliva, 2018), reportó un valor de 0,054%, mientras que nuestro resultado está en un rango de 0,021-0,022%, por lo que se evidenció que el dato bibliográfico es superior a nuestro resultado obtenido.

En el contenido de humedad (Hernández, 2008), obtuvo un valor de 9,9%, mientras que nuestro resultado se encuentra en un rango de 6,47-6,49%, por lo que el dato bibliográfico es superior que nuestro resultado. En la determinación de cenizas según (Hernández, 2008), obtuvo un resultado de 0,06%, mientras que nuestro resultado se encuentra en un intervalo de 0,37-0,39%, siendo nuestro resultado superior que el dato bibliográfico.

Para el contenido de proteína en almidón de maíz negro según (Hernández, 2008), obtuvo el 0,10%, mientras que nuestro resultado se encuentra en un intervalo de 0,36-0,38%, por lo que se evidenció que nuestro resultado es superior al dato bibliográfico. En la determinación de grasa (Hernández, 2008), obtuvo un resultado de 0,35%, mientras que nuestro resultado se encuentra en un rango de 0,37-0,39%, por lo que se asemeja al dato bibliográfico.

En el contenido de fibra según (Hernández, 2008), obtuvo un valor de 0,62%, mientras que nuestro resultado se encuentra en un intervalo de 0,76-0,78%, por lo que nuestro resultado es superior al dato bibliográfico.

**Tabla 17: Intervalos de confianza para el tamaño de partículas en almidón**

<b>Determinación de tamaño de partículas</b>				
# Tamiz	Apertura (µm)	Intervalo		
10	2000	0,48	0,49	
20	850	0,53	0,53	
40	425	11,18	11,62	
60	250	8,52	8,77	
80	180	48,19	48,61	
100	150	29,40	29,95	

(Guaminga, 2020)

En la tabla 17 de determinación de tamaño de partículas se evidenció que en el tamiz # 80 (180  $\mu\text{m}$ ), se obtuvo una mayor cantidad de masa retenida de 48,19-48,61%, mientras que en el tamiz #10 (2000  $\mu\text{m}$ ), se apreció una menor cantidad de masa retenida encontrándose en un rango de 0,48-0,49%, correspondientes a las partículas de mayor tamaño y según (Munive, 2009), realizó su investigación en tamices # 50,70, 80, 100, 140 y 200, donde determinó que el 97,14% del almidón tiene un tamaño menor a 300  $\mu\text{m}$  y el 2,86% restante, una granulometría mayor a 300  $\mu\text{m}$ , por lo que no se pudo realizar una comparación de resultados debido a que no se utilizó el mismo # de tamices en nuestro estudio.

**Tabla 18: Intervalos de confianza de análisis microbiológicos en almidón**

<b>Análisis microbiológicos</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Intervalo</b>		<b>Valor</b>
<i>Mohos-levaduras</i> (UFC/g)	0,00	0,00	500
<i>Mesófilos aerobios</i> (UFC/g)	7053,99	8279,35	100000
<i>E-coli</i> (UFC/g)	0,00	0,00	0

(Guaminga, 2020)

En relación a la tabla 18 en los análisis microbiológicos de cantidad de (*Mohos-levaduras*, *aerobios mesófilos* y *e-coli*) en almidón de maíz negro, los resultados obtenidos en la investigación se encuentran dentro de los parámetros establecidos por (NTE-INEN 2051 , 1998), cabe mencionar que en el análisis de cantidad de *e-coli*, *mohos-levaduras* se reportó como ausencia ya que no existía presencia de microorganismos.

**Tabla 19: Análisis macro-microcomponentes de almidón**

<b>Análisis macro-microcomponentes en almidón</b>		
<b>Determinación</b>	<b>Resultados</b>	<b>Valor</b>
Calcio	2,35 mg/100 g	1,2 mg/100g
Hierro	0,47 mg/100g	0,37 mg/100g
Fosforo	55,63 mg/100g	1,7 mg/100g
Potasio	394,97 mg/kg	169 mg/kg

(Guaminga, 2020)

De acuerdo a la tabla 19, en análisis de macro-microcomponentes se obtuvo un resultado de calcio 2,35 mg/100g, hierro 0,47 mg/100g, fósforo 55,63 mg/100g y potasio 394,97 mg/kg, mientras que (Espín, 2004), obtuvo un resultado de calcio 1,2 mg/100g, hierro 0,37 mg/100g, fósforo 1,7 mg/100g, potasio 169 mg/kg, la diferencia se debe a que el estudio que realizó fue en raíces y tubérculos andinos.

## **4.2. Discusión de resultados**

### **4.2.1. Análisis físico-químico (macro-microcomponentes) y microbiológicos de la harina de maíz negro.**

En la presente investigación se generó los siguientes resultados, en la determinación de pH en harina de maíz negro, que fue realizado según el protocolo establecido por la NORMA INEN-0526 (Determinación de concentración ion hidrógeno, 1980), presentó un promedio de 6,23, en experimentaciones similares (Moreno, 2013), analizando coronta de maíz negro reportó un promedio de 4,77, por otra parte (Flores, 2002) , obtuvo 6,50 en harina de maíz nixtamalizada, donde se apreció se mantiene en la escala de medición ligeramente-acida. En el análisis de acidez se obtuvo un promedio de 0,06%, en comparación con estudios similares (Moreno, 2013), en caracterización de coronta de maíz negro reportó un promedio de 0,5%, donde se evidenció que nuestro resultado cumple con el parámetro establecido por (NTE-INEN 616, 2006) de harina de maíz blanco que establece como mínimo 0,1%.

En el contenido de humedad se obtuvo un promedio de 7,41%, en el caso de (Garma, 2016), analizando cinco variedades de maíz del estado de campeche en México reportó 10,43%; (Flores, 2002), presentó un promedio de 10,60%; por otra parte (Méndez, 2005), obtuvo 11,40%, en caracterización de variedades de maíz en México, la diferencia se debe a que en nuestro estudio se deshidrato el maíz negro para lograr un porcentaje menor de humedad y que este sea propenso a deteriorarse. En el análisis de cenizas presentó un promedio de 0,95%, en el caso de (Nolazco, 2014), analizando el grano de maíz negro reportó un promedio de 1,2%; (Méndez, 2005), en su estudio de caracterización de distintas variedades de maíz cultivadas en México obtuvo 1,70%, la diferencia de resultados se debe a la intensidad con que arde la flama en el momento de quemar la muestra al aire y el cambio gradual en las sales minerales con el calor.

En la determinación de contenido de proteína se obtuvo un promedio de 8,08%, según (Solorio, 2016), analizando el maíz nativo (*Zea mays*) reportó 6,9%; (Méndez, 2005), obtuvo un promedio de 11,4% en caracterización de variedades de maíz en México, por otra parte (Flores, 2002), en su estudio de caracterización de harina de maíz nixtamalizado reportó 10,49%, la diferencia de resultados se debe a la interacción del genotipo, a los factores ambientales presentes durante el desarrollo y la maduración del grano. En la determinación de grasa presentó un promedio de 1,76%, mientras que (Nolazco, 2014), en

su estudio de grano de maíz negro obtuvo 2,2%; misma que se asemeja a los resultados obtenidos en la presente investigación.

En el contenido de fibra se obtuvo un promedio de 3,63%, en el caso de (Solorio, 2016), analizando el maíz nativo (*Zea mays*) reportó 9,4%; (Flores, 2002), en su estudio de caracterización de harina de maíz nixtamalizado obtuvo 1,57%, la diferencia de resultados se deben al suelo donde se produjo el maíz, los fertilizantes que se emplearon y las condiciones ambientales. En la determinación de tamaño de partículas se obtuvo una menor cantidad de masa retenida en el Tamiz #10 siendo de 0,41%, correspondiente a partículas de mayor tamaño, mientras que en Tamiz #100 se obtuvo 32,70%, de masa retenida correspondiente a partículas más finas, en la investigación desarrollada por (Barrios, 2017), obtuvo una mayor parte de partículas entre 60 y 80 partículas por pulgada cuadrada (mesh), misma que se asemeja a los resultados obtenidos en nuestra investigación ya que se obtuvo una mayor cantidad de partículas en el tamiz # 60, 80 y 100.

En los análisis microbiológicos de cantidad de (*Mohos-levaduras, aerobios mesófilos y e-coli*), cuyos resultados obtenidos en la investigación se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la (NTE-INEN 2051 , 1998), lo cual indica que el proceso de obtención fue el adecuado y no existió contaminación. En cuanto a los análisis macro-microcomponentes se obtuvo los siguientes resultados en calcio 19,63 mg/100g, hierro 3,82 mg/100g, fósforo 189 mg/100g y potasio de 3114,27 mg/kg, en su investigación (Yépez, 2012), analizando el maíz de grano amarillo suave reportó en calcio 0,1 mg/100g, hierro 21 mg/100g, fósforo 3,2 mg/100g, potasio 6,6 mg/kg, donde se evidenció que en cantidad de calcio, fósforo y potasio nuestros resultados son superiores a los resultados obtenidos por Yépez, esto se debe a que la cantidad de minerales depende de la variedad de maíz.

#### **4.2.2. Análisis físico-químico (macro-microcomponentes) y microbiológicos de almidón de maíz negro.**

En la determinación de pH en almidón de maíz negro se obtuvo un promedio de 6,62, según (Salcedo, 2013), analizando almidón de yuca reportó un promedio de 6,41; (Espín, 2004), en su estudio de caracterización de almidón de raíces y tubérculos andinos obtuvo un promedio de 6,33%, donde se evidenció que nuestro resultado se mantiene en la escala de medición ligeramente ácida. En el análisis de acidez se obtuvo un promedio de 0,021%, mientras que (Oliva, 2018), obtuvo un promedio de 0,054% misma que es superior a los

resultados obtenidos, la diferencia se debe a que el estudio que desarrolló fue en almidón de quinua.

En el contenido de humedad se obtuvo un promedio de 6,47%, según (Manobanda, 2017), analizando almidón de maíz blanco reportó un promedio de 10,34%; (Hernández, 2008), en su estudio de caracterización de almidón de maíz blanco obtuvo 9,9%, la diferencia se debe a que en nuestro estudio se secó el almidón durante 12 horas a una temperatura de 45°C. En la determinación de cenizas se obtuvo un promedio de 0,37%, según (Yugsi, 2017), analizando almidón de maíz blanco reportó 0,10% de cenizas, la diferencia de resultados se debe al contenido de minerales y sales orgánicas del cultivo.

Para el contenido de proteína en almidón de maíz negro se obtuvo un promedio de 0,37%, en el caso de (Yugsi, 2017), obtuvo un promedio de 0,32%; (FUNIBER, 2005), presenta un valor promedio de 0,26%, la diferencia se debe a que los estudios que realizaron fueron en almidón de maíz blanco. En el análisis de grasa se obtuvo un valor promedio de 0,38%, en el caso de (Hernández, 2008), obtuvo un promedio de 0,35%; (FUNIBER, 2005), presenta un promedio de 0,05% misma que se asemeja a los resultados obtenidos en nuestra investigación, pero cabe recalcar que el estudio que realizaron fueron en almidón de maíz blanco.

En el contenido de fibra se obtuvo un promedio de 0,77%, en estudios similares desarrollado por (Luna, 2009), obtuvo un valor de 0,04%, la diferencia se debe a que el estudio que realizó fue en almidón de yuca. En la determinación de tamaño de partículas de almidón de maíz negro se obtuvo una menor cantidad de masa retenida en el Tamiz #10 de 0,48%, correspondiente a partículas de mayor tamaño, mientras que en el tamiz #80 se obtuvo 48,39%, de masa retenida correspondientes a la partículas más finas, en el caso de (Munive, 2009), quien realizó su investigación en tamices # 50,70, 80, 100, 140 y 200, donde determinó que el 97,14% del almidón tiene un tamaño menor a 300  $\mu\text{m}$  y el 2,86% restante, una granulometría mayor a 300  $\mu\text{m}$ , misma que no se pudo realizar una comparación de resultados debido a que no se utilizó el mismo # de tamices en nuestro estudio.

En los análisis microbiológicos realizados en el almidón de maíz negro, de cantidad de (*Mohos-levaduras, aerobios mesófilos y e-coli*), los resultados obtenidos en la investigación se encuentran dentro de los parámetros establecidos por (NTE-INEN 2051, 1998), lo cual indica que el proceso de obtención fue el adecuado y no existió contaminación. En cuanto al

análisis de macro-microcomponentes se obtuvo un resultado de calcio 2,35 mg/100g, hierro 0,47 mg/100g, fósforo 55,63 mg/100g y potasio 394,97 mg/kg, en su investigación (Espín, 2004), reportó los siguientes resultados calcio 1,2 mg/100g, hierro 0,37 mg/100g, fósforo 1,7 mg/100g, potasio 169 mg/kg, la diferencia se debe a que el estudio que realizó fue en almidón de raíces y tubérculos andinos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se obtuvo harina a partir del maíz negro, mediante la técnica de molturación seca, con una humedad inicial de 7,41%.
- El porcentaje de almidón encontrado en la harina de maíz negro mediante la aplicación del método húmedo fue de 28,63%, con una humedad inicial de 6,47%.
- Se caracterizó la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*), aplicando los análisis físico-químicos, donde presentó en la harina cantidades significativas en los análisis de: calcio, fósforo, potasio y en el almidón en los análisis de fósforo y potasio convirtiéndolo en un alternativa más para ser usado en la Agroindustria, ya que estos minerales ayudan a fortalecer el sistema óseo y beneficia la salud cardiaca y en cuanto a los análisis microbiológicos de cantidad de (*E-coli*, *mohos-levaduras* y *mesófilos aerobios*), realizados en la harina y almidón de maíz negro cumplen con los parámetros establecidos por la norma. Los análisis macro-microcomponentes se realizaron en el laboratorio SAQMIC y laboratorio LABOLAB.
- Los resultados obtenidos en la caracterización funcional de harina y almidón de maíz negro fueron comparados con estudios realizados en la harina de maíz blanco, grano de maíz, coronta de maíz negro, almidón de maíz blanco, almidón de cereales y tubérculos andinos y normas (NTE-INEN 2051, 1998) de harina de maíz blanco, (NTE-INEN 626, 2006) para harinas de todo uso, por lo que no existen estudios específicos referentes a la harina y almidón de maíz negro.

#### 5.2. Recomendaciones

- Aplicar otro método de extracción de almidón de maíz negro (*Zea mays L.*), como extracción con la aplicación de hidróxido al 25% y por centrifugación.
- Elaborar productos alimenticios y no alimenticios a partir de la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*), ya que contienen un alto valor nutricional.
- Realizar estudios de otros compuestos macro-microcomponentes que no se han realizado en la presente investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. E. (2013). Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Revista Scielo*, 47(1), 2.
- AOAC. (1977). *MÉTODOS DE ANÁLISIS (B.O.E. 19-7-1977 y 20-7-1977)*. Obtenido de <http://www.usc.es/caa/MetAnálisisStgo1/derivados%20de%20cereales.pdf>.
- Aristizábal, S. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma.
- Arzapalo, H. Q. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista Scielo*, 81(1).
- Barrios. (2017). *Desarrollo de un prototipo de tortilla funcional de maíz (Zea mays) y harina de grillo (Acheta domesticus), como fuente de proteína para dieta humana*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6205/1/AGI-2017-007.pdf>.
- Bravo, L. (2013). MONITOREO PARTICIPATIVO DEL MAÍZ ECUATORIANO PARA. *Revista Ciencias de la Vida*, 17, 2.
- Camari. (1981). *Sistema de comercialización del FEPP*. Obtenido de <https://www.camari.org/index.php/catalogo/alimentos/harinas/harina-de-maiz-negro-detail#infomacion>.
- Cedeño. (2013). “Evaluación de diferentes combinaciones de harina de maíz morado (*Zea mays*) y harina de trigo (*Triticum aestivum*) en la elaboración de galletas”. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2650/1/108944.pdf>
- Contreras. (2018). Caracterización funcional de almidones de plátano. *European Scientific Journal*, 14(30), 3.
- Díaz, C. P. (2016). Extracción de antocianinas en maíz negro cultivado en Tunshi-Chimborazo sometido a diferentes tratamientos térmicos para escaldado. *Biotecnología vegetal*, 16(4).
- Espín, V. &. (2004). Caracterización Físico - Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. *Investigaciones EESC*, 8.
- FAO. (2014). *Origen, evolución y difusión del maíz*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s03.htm#TopOfPage>.
- Flores, M. S. (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, 36(5), 9-10.

- FUNIBER. (2005). *Fundacion Universitaria Iberoamericana*. Obtenido de <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/HARINA-DE-MAIZ-NEGRO-5>.
- Garma, Á. B. (2016). Análisis Proximal y Fitoquímico de Cinco Variedades de Maíz del Estado de Campeche (México). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(2), 3.
- Gómez, C. A. (2010). Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría. *Ingeniería y ciencia*, 6, 4.
- Gracia, U. R. (2016). Maíz (*Zea mays*, L.) Millo Corvo, variedad Meiro y sus subproductos. Fuente natural de componentes beneficiosos para la salud. *Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL)*.
- Grande, O. (2012). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 1.
- Granito, G. (1995). Uso del germen desgrasado de maíz en harinas compuestas para panificación. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 45(4), 3.
- Guaminga. (2020).
- Guillen, M. P. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. Subnigrovioláceo. *Revista Scielo*, 5, 3.
- Gutiérrez, U. (2016). *Elaboración de nejayote y nixtamalización de maíz*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/FanychanCosplayer/reduccion-de-tamao>.
- Hernández, T. G. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Revista Scielo*, 28(3), 3-5.
- Indecopi. (2016). <https://biopirateria.org/download/biopat-peru/2016/Tema-Maiz-Morado.pdf>.
- INIAP. (2017). *VARIEDAD MEJORADA DE MAÍZ NEGRO INIAP-199 "RACIMO DE UVA"*. Obtenido de <https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2018/03/Rendicion-de-cuentas-2017.pdf>.
- Leiva, G. C. (2016). *Zea mays* L. "maíz morado" (Poaceae), un cereal utilizado como alimento en el Perú. *Arnaldoa*, 23, 14.
- Luna, V. V. (2009). ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO DE YUCA REFORZADO CON FIBRA DE FIQUE: PRELIMINARES. *Dyna*, 76(159), 4.
- Manobanda. (2017). *Formulación y caracterización de un pan libre de gluten elaborado a partir de cultivos nativos del Ecuador*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26312/1/AL%20641.pdf>.

- Mansilla, N. P. (2019). Evaluación y comparación de la composición y calidad de proteínas en familias de medio hermano. *Agriscientia*, 36, 7.
- Marcelo, C. (2013). “Evaluación de diferentes combinaciones de harina de maíz morado (*Zea mays*) y harina de trigo (*Triticum aestivum*) en la elaboración de galletas”. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2650/1/108944.pdf>
- Márquez. (2016). *Agricultores de Chimborazo regresa al cultivo de maiz morado*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/agricultores-chimborazo-maizmorado-alimentos-siembra.html>.
- Martínez. (2014). Etnoarqueología del proceso de molienda manual de cereales: grañones, sémolas y harinas. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 1.
- Méndez, S. V. (2005). Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en Mexico. *Agrociencia*, 39(3), 5.
- Moreno, P. (2013). *SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE CORONTA DEMAÍZ MORADO(Zeamays L.) POR HARINA DE TRIGO EN LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL PAN ARTESANAL*. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1955/Moreno%20Ulloa%20-%20Pizarro%20Urete.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Munive. (2009). *Elaboracion de un suplemento alimenticio en polvo para consumo humano a partir de una mezcla de hidrolizado de soya y almidon de maiz*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1666/1/CD-2258.pdf>.
- Navas, L. (2017). *TECNOLOGÍA DE CEREALES Y OLEAGINOSAS*. Obtenido de [file:///C:/Users/USER/Downloads/Clase%203%20Procesamiento%20industrial%20de%20cereales%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Clase%203%20Procesamiento%20industrial%20de%20cereales%20(1).pdf).
- Nolazco, A. (2014). OBTENCIÓN DE UN FILTRANTE DE MAIZ MORADO (*Zea mays* L.), EVALUACIÓN DE PÉRDIDA DE COLOR Y DEGRADACIÓN DE ANTOCIANINAS EN EL ALMACENAJE. *Revista la Molina*, 76(2), 6.
- NTE-INEN 1529-10 . (1998). Quito, Ecuador.
- NTE-INEN 1529-5 . (1998). Quito, Ecuador.
- NTE-INEN 1529-8. (1998). Quito, Ecuador.
- NTE-INEN 2051 . (1998). Quito, Ecuador.
- NTE-INEN 616. (2006). Quito, Ecuador.
- Oliva, D. G. (2018). Caracterización fisicoquímica del cereal y almidón de Quinoa *Chenopodium quinoa*. *Revista lon*, 31(1), 4.

- Quispe, A. G. (2011). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa - Perú. *Revista Scielo*, 77, 3.
- Salcedo, C. E. (2013). Caracterización funcional de almidón catiónico de yuca (*Manihot esculenta*). *Revista ION*, 26(3), 5.
- Sánchez, A. P. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. Subnigroviolaceo. *Revista Scielo*2014, 5, 3.
- Solorio, M. . (2016). La biomasa de los sistemas productivos de maíz nativo (*Zea mays*) como alternativa a la captura de carbono. *Revista Scielo*, 32(3), 5.
- Sotomayor. (2013). Extracción y cuantificación de antocianinas a partir de los granos de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Ciencia y Desarrollo*, 16(3), 1.
- Sucre. (2016). *Almidones Sucre*. Obtenido de <http://www.almidonesdesucre.com.co/es/productos/aplicaciones.html>.
- Tapia, F. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*, FAO YANPE. Lima.
- Yáñez, Z. C. (2013). Guía de Producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Quito.
- Yépez. (2012). *Estudio del efecto del tratamiento de tostación con microondas sobre el grano de maíz de endospermo harinoso*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4935/1/CD-4467.pdf>.
- Yugsi. (2017). *Estudio comparativo de los Métodos Fenol- Ácido Sulfúrico y Antrona para determinar la pureza de dos almidones; usando muestras de almidón de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*)*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6767/1/132533.pdf>.

## ANEXOS

### Anexo 1: Obtención de la harina de maíz negro (*Zea mays L.*)

1



2



3



4



5



6



**Gráfico:** 1. Recepción de la materia prima, 2. Pesado, 3. Secado, 4. Molienda, 5. Tamizado, 6. Pesado de la harina de maíz negro.

**Anexo 2: Obtención de almidón de harina de maíz negro (*Zea mays L.*)**

1



2



3



4



5



6



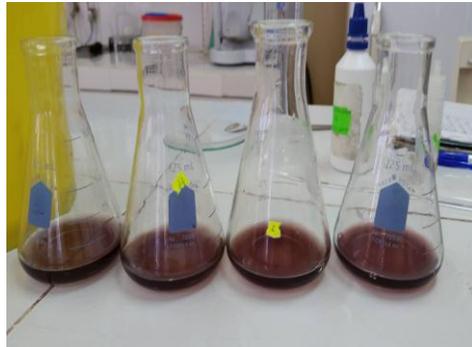
**Gráfico:** 1. Recepción de la materia prima, 2. Decantado 24 horas, 3. Filtrado, 4. Secado, 5. Tamizado, 6 Almacenado en fundas herméticas.

**Anexo 3: Análisis físico-químicos de la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*)**

1



2



3



4



5



6



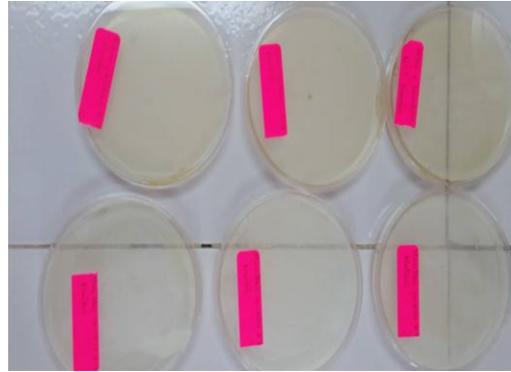
**Gráfico:** 1. Determinación de pH, 2. Determinación de acidez. 3. Determinación de grasa, 4. Determinación de fibra, 5. Determinación de cenizas, 6. Determinación de proteína.

**Anexo 4: Análisis microbiológicos de la harina y almidón de maíz negro (*Zea mays L.*)**

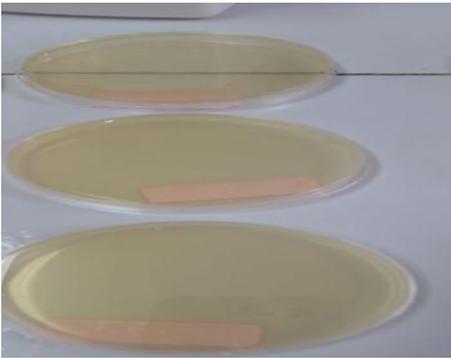
1



2



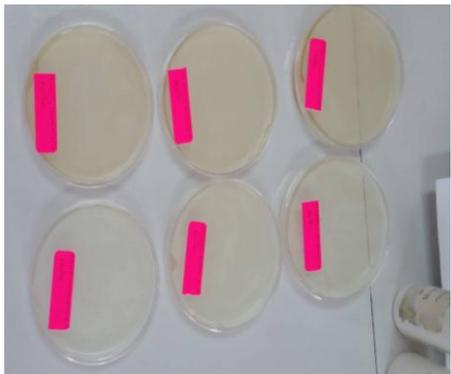
3



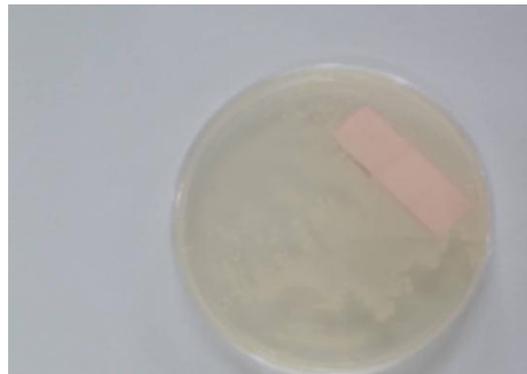
4



5



6



**Gráfico:** 1. Determinación de e-coli en almidón, 2. Determinación de mohos y levaduras en almidón, 3. Determinación de mesófilos aerobios en almidón, 4. Determinación de e-coli en harina, 5. Determinación de mohos-levaduras en harina, 6. Determinación de mesófilos aerobios en harina.

## Anexo 5: Análisis macro-microcomponentes de harina



Orden de trabajo N°198301  
Informe N° 198301  
Hoja 1 de 1

### DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

**Nombre:** Guaminga Lilia  
**Dirección:** Av. Ecuador y Marco Alcocer  
**Muestra:** Harina de maíz negro  
**Descripción de la muestra:** Polvo color habano  
**Fecha Elaboración:** 03 de noviembre del 2019  
**Fecha Vencimiento:** ---  
**Fecha de Toma:** ---  
**Lote:** ---  
**Localización:** ---  
**Envase:** Funda de polietileno  
**Conservación de la muestra:** Ambiente

### DATOS DEL LABORATORIO

**Fecha de recepción:** 08 de noviembre del 2019  
**Toma de muestra por:** Cliente  
**Fecha de realización del ensayo:** 08 - 22 de noviembre del 2019  
**Fecha de emisión del informe:** 22 de noviembre del 2019  
**Condiciones ambientales:** 24.7°C 51%HR

### ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETROS	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Potasio	mg/kg	Electrodo selectivo	3 114,27

*Cecilia Luzuriaga S*  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.  
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

### INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros  
Fco. Andrade Marín E7-28 y Diego de Almagro Telf.: 2583-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591  
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / corvicioalcliente@labolab.com.ec / cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

[www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec)

Quito - Ecuador



Scanned with  
CamScanner

# SAQMIC

Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos  
en Aguas y Alimentos

## EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 176-19

**CLIENTE:** Lilia Guaminga

**TIPO DE MUESTRA:** Harina de maíz negro

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 17 de septiembre del 2019

**FECHA DE MUESTREO:** 17 de septiembre del 2019

### EXAMEN FÍSICO

**COLOR:** Morado

**OLOR:** Característico

**ASPECTO:** Homogéneo libre de material extraño

### EXAMEN QUÍMICO

DETERMINACION	UNIDADES	METODO	RESULTADO
Fósforo	mg/100g	Gravimetrico-colorimetrico	189
Calcio	mg/100g	Gravimetrico-colorimetrico	19.63
Hierro	mg/100g	Gravimetrico-colorimetrico	3.82

**RESPONSABLE:**

**Dra. Gina Álvarez R.**

Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

Dirección: Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes  
Contáctanos: 0998580374 - 032 942 322  
Riobamba - Ecuador

## Anexo 6: Análisis macro-micronutrientes de almidón



Orden de trabajo N° 198302  
Informe N° 198302  
Hoja 1 de 1

### DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

**Nombre:** Guaminga Lilia  
**Dirección:** Av. Ecuador y Marco Alcocer  
**Muestra:** Almidón de maíz negro  
**Descripción de la muestra:** Polvo color café tenue  
**Fecha Elaboración:** 03 de noviembre del 2019  
**Fecha Vencimiento:** ---  
**Fecha de Toma:** ---  
**Lote:** ---  
**Localización:** ---  
**Envase:** Funda de polietileno  
**Conservación de la muestra:** Ambiente

### DATOS DEL LABORATORIO

**Fecha de recepción:** 08 de noviembre del 2019  
**Toma de muestra por:** Cliente  
**Fecha de realización del ensayo:** 08 – 22 de noviembre del 2019  
**Fecha de emisión del informe:** 22 de noviembre del 2019  
**Condiciones ambientales:** 24.7°C 51%HR

### ANÁLISIS QUIMICO:

PARÁMETROS	UNIDAD	METODO	RESULTADOS
Potasio:	mg/kg	Electrodo selectivo	394,71

Dra. Cecilia Luzziuriaga  
GERENTE GENERAL  
LABOLAB

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en el laboratorio.  
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

### INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros  
Fco. Andrade Marín E7 20 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503 / 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591  
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / ceciliauzziuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

[www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec)

Quito - Ecuador

## EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 177-19

CLIENTE: Lilia Guaminga

TIPO DE MUESTRA: Almidón de maíz negro

FECHA DE RECEPCIÓN: 17 de septiembre del 2019

FECHA DE MUESTREO: 17 de septiembre del 2019

### EXAMEN FÍSICO

COLOR: Morado

OLOR: Característico

ASPECTO: Homogéneo libre de material extraño

### EXAMEN QUÍMICO

DETERMINACION	UNIDADES	METODO	RESULTADO
Fósforo	mg /100g	Gravimetrico-colorimetrico	55.63
Calcio	mg /100g	- Gravimetrico-colorimetrico	2.35
Hierro	mg /100g	- Gravimetrico-colorimetrico	0.47

RESPONSABLE:

SAQMIC  
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

  
Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

Anexo 7: NTE-INEN 2051:1998

