



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

**TRABAJO DE TITULACION, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES AGROALIMENTARIAS DE  
CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) (Trueno NB-7443, Iniap H-  
551, Pioneer 30F35, Mocacheño). PARA LA OBTENCION DE ALMIDON Y  
ACEITE COMESTIBLE”**

**AUTOR:**

**ALAVA ALAVA CRISTIAN GABRIEL**

**DIRECTOR: PhD. NEIRA MOSQUERA JUAN ALEJANDRO**

**SANTO DOMINGO – ECUADOR**

**2017**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

**CERTIFICACION**

Certifico que el trabajo de titulación **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES AGROALIMENTARIAS DE CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) (Trueno NB-7443, Iniap H-551, Pioneer 30F35, Mocacheño). PARA LA OBTENCION DE ALMIDON Y ACEITE COMESTIBLE”** realizado por el señor **CRISTIAN GABRIEL ALAVA ALAVA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo que me permito acreditar y autorizar a señor **CRISTIAN GABRIEL ALAVA ALAVA** para que sustente públicamente.

Santo Domingo, 23 de junio del 2017



**PhD. Juan Alejandro Neira**

DIRECTOR.



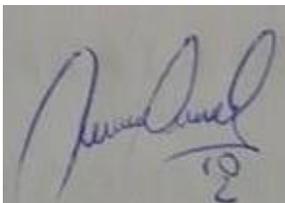
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

**AUTORIA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **CRISTIAN GABRIEL ALAVA ALAVA** con cedula de identidad 1718763541, declaro que este trabajo de titulación **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES AGROALIMENTARIAS DE CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) (Trueno NB-7443, Iniap H-551, Pioneer 30F35, Mocacheño). PARA LA OBTENCION DE ALMIDON Y ACEITE COMESTIBLE”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Santo Domingo, 23 de junio del 2017



---

**CRISTIAN GABRIEL ALAVA ALAVA**

1718763541

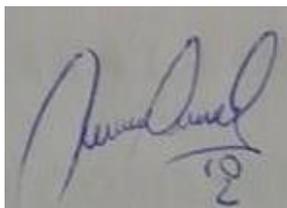


**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

AUTORIZACION

Yo, **CRISTIAN GABRIEL ALAVA ALAVA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo de titulación **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES AGROALIMENTARIAS DE CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) (Trueno NB-7443, Iniap H-551, Pioneer 30F35, Mocacheño). PARA LA OBTENCION DE ALMIDON Y ACEITE COMESTIBLE”**, cuyo contenido, criterios e ideas son de mi autoría y responsabilidad.

Santo Domingo, 23 de junio del 2017



---

CRISTIAN GABRIEL ALAVA

1718763541

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre que a pesar de mis defectos como hijo siempre me ha brindado su amor incondicional, a mi padre por ser mi ejemplo en valores como humildad ante todo, responsabilidad, además de ser mi mejor amigo y brindarme su apoyo en las buenas y en las malas circunstancias que me encuentre, a mi esposa por brindarme su apoyo y por ultimo a mi abuela paterna Paula Ramos que a pesar de que ya no se encuentre entre nosotros siempre me oriento por buen camino.

CRISTIAN GABRIEL ALAVA ALAVA

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad de las Fuerzas Armadas, Carrera de Ingeniería Agropecuaria Sede Santo Domingo, por la formación profesional que me brindaron en el ámbito agropecuario y además de permitirme usar sus laboratorios para la elaboración de mi investigación.

A mi director de tesis el PhD. Juan Alejandro Neira, por brindarme sus conocimientos, amistad y apoyo en la elaboración de mi investigación, la cual e culminado satisfactoriamente.

A la PhD. Sungey Sánchez quien sin dificultades me brindo su ayuda incondicional al compartir sus conocimientos y experiencia en el laboratorio que fueron vitales para el desarrollo de la investigación

A la Ing. Katty Medina, quien siguió de cerca el desarrollo de mi investigación y en muchas ocasiones fue de gran guía con sus conocimientos para el desarrollo de la misma, además de brindarme las facilidades necesarias en el uso del laboratorio.

Por ultimo agradecer a todos los docentes de la carrera por todos los conocimientos y experiencias brindadas.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACION .....	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACION.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.2 Origen.....	3
2.3 Estructura del grano de maíz.....	3
2.4 Composición química del grano.....	4
2.4.1 Almidón.....	4
2.4.2 Proteína .....	5
2.4.3 Aceite y Ácidos grasos .....	6
2.5 Composición química de cereales .....	6
2.6 Variedades de maíz .....	6
2.6.1 Variedad INIAP H-551 .....	6
2.6.2 Variedad Trueno NB-7443.....	7
2.6.3 Variedad Pioneer 30F35.....	8
2.6.4 Variedad Mocacheño.....	8
2.7 Extracción de almidón de maíz .....	8
2.7.2 Método húmedo.....	9
2.8 Extracción de aceite .....	9
2.8.1 Métodos de extracción de aceite .....	9
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Ubicación política .....	11
3.2 Materiales.....	12
3.2.1 Extracción de almidón.....	12
3.2.2 Extracción de grasa .....	13
3.2.3 Extracción de grasa por prensado.....	13
3.2.4 Determinación de proteína .....	13
3.2.5 Determinación de fibra.....	14

3.2.6	Determinación de humedad.....	14
3.2.7	Determinación de cenizas.....	14
3.2.8	Determinación de la acidez titulable .....	15
3.2.9	Determinación de la concentración del Ion hidrogeno.....	15
3.3	Métodos.....	15
3.3.1	Recolección de materia prima .....	15
3.3.2	Extracción de almidón.....	16
3.3.3	Extracción de aceite .....	17
3.3.5	Variables evaluadas.....	22
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
4.1	Extracción almidón .....	30
4.1.1	Análisis de varianza de contenido de almidón de cada variedad .....	30
4.1.2	Análisis de varianza de proteína.....	30
4.1.3	Análisis de varianza de fibra .....	31
4.1.4	Análisis de varianza de humedad .....	31
4.1.5	Análisis de varianza de ceniza.....	32
4.1.6	Análisis de varianza de acidez titulable .....	32
4.1.7	Análisis de varianza de pH.....	33
4.1.8	Prueba de significancia de Tukey.....	34
4.2	Extracción de grasa. ....	40
4.2.1	Prueba de significancia de Tukey.....	41
4.3	Resultados de un laboratorio acreditado bajo norma ISO/IEC 17025. ....	43
4.4	Prueba de significancia de tukey .....	44
4.4.1	Resultados con respecto al contenido de proteína de cada variedad .....	44
4.5	Resultados del proceso de extracción de aceite por prensado hidráulico.....	46
4.5.1	Resultado del proceso de extracción de aceite en la variedad Pioneer.....	46
4.5.2	Resultado del proceso de extracción de aceite en la variedad Mocacheño .....	47
4.5.3	Resultado del proceso de extracción de aceite en la variedad Trueno .....	48
4.5.4	Resultado del proceso de extracción de aceite en la variedad Iniap.....	49
<b>5.</b>	<b>DISCUSION</b> .....	<b>50</b>
5.1	Extracción de almidón.....	50
5.1.1	Discusión con relación al Factor A (Variedades de maíz). ....	50
5.1.2	Discusión con relación al Factor B (Métodos de extracción de almidón).....	50

5.1.3	Discusión con relación a la interacción AxB .....	51
5.2	Extracción de grasa .....	51
5.2.1	Discusión con relación al Factor A (Variedades de maíz). .....	51
5.2.2	Discusión con relación al Factor B (Métodos de extracción de grasa). .....	52
5.2.3	Discusión con relación a la interacción AxB. ....	52
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>53</b>
2.1	Almidón de maíz .....	53
2.2	Porcentaje de grasa.....	54
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>56</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composicion química de las partes del grano de maíz .....	4
Tabla 2.	Composición química de diferentes cereales. ....	6
Tabla 3.	Tipos de extracción de los aceites vegetales comestibles, técnicas empleadas, ventajas y desventajas. ....	10
Tabla 4.	Recursos utilizados para la extracción de almidón .....	12
Tabla 5.	Recursos utilizados para la extracción de grasa por el método de solventes .....	13
Tabla 6.	Recursos utilizados para la extracción de grasa por el método de prensado.....	13
Tabla 7.	Recursos utilizados para la determinación de proteína .....	13
Tabla 8.	Recursos utilizados para la determinación de fibra.....	14
Tabla 9.	Recursos utilizados para la determinación de humedad.....	14
Tabla 10.	Recursos utilizados para la determinación de cenizas.....	14
Tabla 11.	Recursos utilizados para determinar la acidez titulable .....	15
Tabla 12.	Recursos utilizados para determinar el Ion hidrogeno .....	15
Tabla 13.	Factores y niveles a probar en la determinación del contenido de almidón de cuatro variedades de maíz. ....	19
Tabla 14.	Factores y niveles a probar en la determinación del contenido de aceite de cuatro variedades de maíz. ....	19
Tabla 15.	Tratamientos a comparar en la determinación del contenido de almidón de cuatro variedades de maíz y dos métodos de extracción.....	19
Tabla 16.	Tratamientos a comparar en la determinación del contenido de aceite de cuatro variedades de maíz y dos métodos de extracción.....	20
Tabla 17.	Esquema de análisis de varianza de un DBCA dispuesto en arreglo factorial .....	21
Tabla 18.	Esquema de análisis de varianza de un DBCA .....	21
Tabla 19.	Análisis de varianza de contenido de almidón de cada variedad. ....	30
Tabla 20.	Análisis de varianza para proteína .....	30
Tabla 21.	Análisis de varianza del contenido de fibra. ....	31
Tabla 22.	Análisis de varianza del contenido de humedad .....	31
Tabla 23.	Análisis de varianza del contenido de ceniza.....	32

Tabla 24. Análisis de varianza del contenido de acidez titulable.....	32
Tabla 25. Análisis de varianza del contenido de pH.....	33
Tabla 26. Análisis de varianza del porcentaje de grasa de cada variedad. ....	40
Tabla 27. Análisis de varianza para SEMM-FQ PROTEINA (AOAC 2001.11), considerando las variedades: Pioneer, Mocacheño, Trueno, Iniap H-551 .....	43
Tabla 28 Análisis de varianza para SEMM-FQ GRASA (AOAC 920.39) considerando las variedades: Pioneer, Mocacheño, trueno, Iniap H-551 .....	44

## INDICE DE FIGURA

Figura 1. Composición estructural del grano de maíz (FAO, 1993). ....	4
Figura 2. Ubicación geográfica donde se desarrollara la investigación .....	11
Figura 3 Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre las variedades:(A) Iniap, (B) Pioneer, (C) trueno, (D) mocacheño. ....	34
<b>Figura 4.</b> Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre métodos de extracción de almidón:(A) H <sub>2</sub> O, (B) NaOH.....	36
<b>Figura 5</b> Prueba de significancia de Tukey de la interacción AxB. ....	38
<b>Figura 6.</b> Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre las variedades: (A) Iniap, (B) Pioneer, (C) trueno, (D) mocacheño.....	41
<b>Figura 7.</b> Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre métodos de extracción de grasa:(A) solvente, (B) prensa hidráulica. ....	42
<b>Figura 8.</b> Prueba de significancia de Tukey de la interacción AxB .....	43
<b>Figura 9</b> Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre variedades y repeticiones para determinar el contenido de proteína y grasa de cada variedad en estudio .....	44

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las propiedades agroalimentarias de cuatro variedades de maíz cultivadas en Ecuador, en la Zona de Influencia de la Universidad de Las Fuerzas Armadas-ESPE, Santo Domingo, para la valoración del contenido de almidón, fibra bruta y aceite comestible, como propiedades industrializables, las variedades en estudio fueron: Trueno NB-7443, Iniap H-551, Pioneer 30F35, Mocacheño, para la extracción de almidón de maíz se evaluaron dos métodos: con H<sub>2</sub>O y con NaOH; y para la obtención de grasa se lo realizó: por solvente y prensado hidráulico. El análisis de datos se realizó aplicando un modelo estadístico mediante ANOVA, con Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) dispuesto en arreglo Factorial A x B, siendo el factor A las variedades y el factor B los métodos de extracción tanto para almidón como para grasa, para esto se realizaron tres repeticiones por tratamiento, y la separación de medias se hizo mediante Tukey ( $p < 0.5$ ). En cuanto al proceso, para la extracción de almidón de maíz se utilizó 250g de muestra por tratamiento, y en la extracción de grasa se utilizó 4g para la extracción por solvente y 1000g para la extracción por prensado hidráulico. Los resultados mostraron que la variedad mocacheño mediante extracción con H<sub>2</sub>O genero mayor contenido de almidón 143,479 g, en proteína el tratamiento que genero mejor resultado fue el de la variedad mocacheño extraída con H<sub>2</sub>O (3,38), en el contenido de fibra bruta la variedad que genero mejores resultados fue la trueno extraída por el método de H<sub>2</sub>O (1,10) y NaOH (1,06), en cuanto al porcentaje de grasa el mejor fue el método de extracción por solvente (3,50%).

## PALABRAS CLAVE

- **VARIEDADES**
- **MAÍZ**
- **ALMIDÓN**
- **GRASA**
- **MÉTODOS DE EXTRACCIÓN**

## **ABSTRACT**

The present work aims to evaluate the agri-food properties of four maize varieties for the evaluation of the starch, crude fiber and edible oil contents, as industrializable properties. The studied varieties were: Trueno NB-7443, Iniap H-551, Pioneer 30F35, Mocacheño, for the extraction of corn starch, two methods were evaluated: with H<sub>2</sub>O and with NaOH; And for the obtaining of fat I realized it: by solvent and hydraulic pressing. In addition, a statistical model was applied using ANOVA, with completely randomized block design (DBCA) arranged in factorial arrangement A x B, with factor A being the varieties and factor B the extraction methods for both starch and fat, for this Three replicates were performed per treatment, and the mean separation was performed by Tukey's test ( $p < 0.5$ ). As for the process, 250g per treatment was used for maize starch extraction, and 4g was used for solvent extraction and 1000g for extraction by hydraulic pressing. The results showed that the Mocacheño variety by extraction with H<sub>2</sub>O generated a higher content of starch 143,479 g, in protein the treatment that generated the best result was that of the Mocacheño variety extracted with H<sub>2</sub>O (3.38), in the crude fiber content of the variety The best results were the thunder extracted by the H<sub>2</sub>O (1,10) and NaOH (1.06) method, the solvent extraction method (3.50%) was the best.

## **KEY WORDS**

- **VARIETY**
- **MAIZE**
- **STARCH**
- **FAT**
- **EXTRACTION METHODS**

## 1. INTRODUCCION

En Ecuador el maíz es un producto de mucha importancia para la economía agrícola nacional, tanto por su elevada incidencia social, como su excelente calidad para la elaboración de alimentos balanceados y múltiples derivados de consumo humano. Esta gramínea se encuentra distribuida en todo el territorio y particularmente en el litoral ecuatoriano de la siguiente manera: 43 240 ha en la provincia del Guayas; 106 681 en la provincia de Los Ríos; 51 923 ha en la provincia de Manabí. Con un rendimiento promedio de 2,5 TM/ha(Paucar Saldal, 2014).

Los estándares de calidad de maíz varían conforme al uso de la cosecha, por tal motivo el grano de maíz destinado para consumo humano está asociado a su constitución física, y a su constitución química que son los que definen su verdadero valor nutricional, esto sumado a las exigencias de los mercados que se interesan por el contenido de proteína, almidón, aceites y demás componentes; haciendo de este un producto indispensable para garantizar la soberanía alimentaria del país el cual es monitoreado constantemente por el MAGAP, el mismo que sostiene que el precio debe ser fijado con cada ciclo de cultivo y de acuerdo al costo de producción sumado al margen de rentabilidad (Brito, 2014).

El grano de maíz tiene valores relativamente altos de hidratos de carbono, además de poseer la ventaja de ser el único cereal que puede ser usado como alimento en cualquier etapa del desarrollo de la planta (Ortega & Carril, 2014).

La composición química del grano de maíz es bastante homogénea, siendo el almidón el componente más abundante, de ahí su alto valor energético, además de suministrar proteína, aceite y otros componentes.

El aceite de maíz se encuentra en el germen del grano, el cual posee bajos niveles de ácidos grasos saturados y un nivel relativamente alto de ácido linoleico, el cual puede tener efectos beneficiosos en el sistema cardiovascular, además el germen es rico en minerales como fósforo, magnesio y potasio, esto dependiendo de la variedad.

Conocer las propiedades agroalimentarias del maíz, permite darle un valor agregado a la calidad del grano, esto debido a que en el Ecuador existe una baja productividad por unidad

de área respecto a países de potencia mundial como son: Brasil y Argentina, además se emplean diferentes variedades de híbridos de maíz, los cuales no se conoce el contenido y el aporte que este genera en la elaboración de dietas de balanceadas o dietas de consumo humano.

Por tal motivo, al conocer las propiedades agroalimentaria se pueden aplicar técnicas que permitan la transformación de la materia prima, que ayuden a las industrias a mejorar la calidad de sus productos y crear mayor fuente de empleo, además se puede establecer su uso considerando la variedad y procedencia.

Es importante tener en cuenta que, se ha encontrado poca información del contenido nutricional de las variedades en estudio, así como técnicas que permitan la extracción de almidón y aceite. Con relación a la obtención de almidón, existen técnicas de extracción en seco y en húmedo; así mismo la extracción de aceite podría ser por solvente o de forma mecánica.

El intentar encontrar una técnica que se adapte con facilidad y buenos resultados a la extracción de aceite de maíz de la zona, busca diversificar el uso de esta gramínea en el Ecuador y en particular la zona de Influencia de la ESPE-Santo domingo, y podría constituir un elemento importante para generar ingresos sobretodo en pequeños y medianos productores considerando que en la comercialización de maíz en mercados locales, no se consideran propiedades nutritivas del grano que podrían generar valor en la industria como el contenido de grasa o la calidad de almidón, así también el contenido de proteína y fibra.

Motivo por el cual esta investigación pretende conocer las propiedades agroalimentarias de cuatro variedades de maíz, y en particular evaluar dos procesos para la obtención de almidón y aceite comestibles, esto con el fin aumentar el valor agregado del maíz y además fomentar la seguridad alimentaria del Ecuador, al incentivar darle industrialmente un mejor aprovechamiento al maíz.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del Maíz

El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo de ciclo corto muy remoto, de unos 7 000 años de antigüedad, es uno de los más diversificados en el mundo y se utiliza tanto para la alimentación humana como en la alimentación de animales, de todo tipo, desde aves hasta vacunos de carne o leche; se encuentra a nivel mundial después del trigo y el arroz (Nole, 2012).

### 2.2 Origen

Basados en experiencias arqueológicas, mediante el estudio de fósiles, se ha comprobado que el maíz es originario del continente Americano, más específicamente de México, pues, en ciudad de México en excavaciones a 80 m de profundidad hallaron fósiles de polen de maíz de unos 80.000 años. En la Cueva del Murciélago, Estado de Nuevo México, encontraron fósiles de mazorcas pequeñas de unos 5.600 años; considerándose que esta es la edad de cultivo del maíz (Carvajal, 2014).

### 2.3 Estructura del grano de maíz

El grano de maíz es un fruto de una sola semilla, el cariopse, característico de las gramíneas. La capa externa o pericarpio, deriva de la pared del ovario, y encierra al endospermo y el embrión. Es una cubierta dura y fibrosa, que consiste mayormente de carbohidratos no almidonosos (celulosa y hemicelulosa), pudiendo ser incolora, roja, marrón, naranja (Fassio et al., 2000).

El endosperma es responsable de aproximada mente el 85% del peso total del grano, el germen del 10%, y el pericarpio y otras partes, del 5% restante. El embrión se ubica en una depresión de la parte inferior del endosperma, próxima a la base del grano y es donde se concentra casi todo el aceite del grano, además de contener proteínas y carbohidratos. Excepto por su capa más externa constituida por una o (raramente) algunas capas de aleurona, el endosperma está constituido principalmente por almidón, que es usado como fuente de energía cuando el grano comienza a germinar (Fassio et al., 2000).

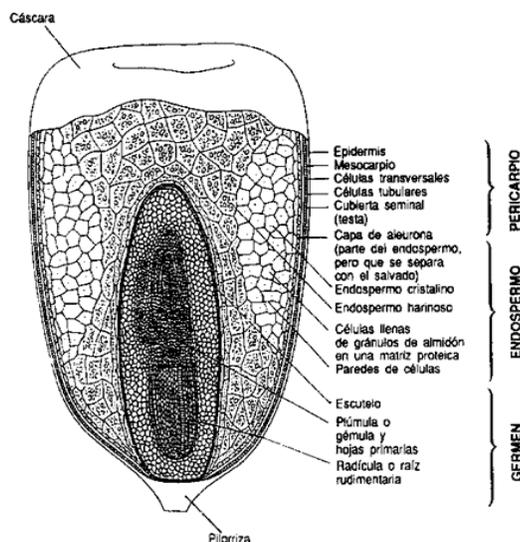


Figura 1. Composición estructural del grano de maíz (FAO, 1993).

## 2.4 Composición química del grano

La composición química entre las principales partes del grano de maíz difiere considerablemente (Tabla 1). El pericarpio se caracteriza por su alto contenido en fibra (86%), la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa, celulosa y lignina. El endospermo contiene un nivel elevado de almidón (87%) y aproximadamente un 8% de proteínas, con un contenido relativamente bajo en lípidos. Por último, el germen se caracteriza por su elevado contenido en lípidos (33%), un nivel de proteínas próximo al 20% y 10.5% de minerales (T. T. Benitez, 2008).

Tabla 1. Composición química de las partes del grano de maíz

Componentes	Pericarpio	Endospermo	Germen	Total
<b>Proteínas</b>	3,7	8,0	18,4	<b>9,91</b>
<b>Fibra cruda</b>	86,7	2,7	8,8	<b>2,66</b>
<b>Cenizas</b>	0,8	0,3	10,5	<b>1,42</b>
<b>Almidón</b>	<b>7,3</b>	<b>87,6</b>	<b>8,3</b>	<b>71,5</b>

(T. T. Benitez, 2008).

### 2.4.1 Almidón

El almidón es una reserva de carbohidratos que proveen energía y carbono al embrión.

El tipo de endospermo harinoso o cristalino del grano de maíz se define por la proporción

entre la cantidad de amilosa y amilopectina, característica controlada genéticamente. Para la industria alimentaria es un ingrediente valioso para espesar, gelatinizar, retener humedad y mejorar la textura de varios alimentos (Maize & Yucatan, 2015). En las últimas décadas, las investigaciones realizadas a este carbohidrato son con la finalidad de encontrarle nuevos usos. Básicamente puede ser usado para cuatro propósitos generales:

- Conferir ciertas características organolépticas a los alimentos como textura y consistencia, la cual es dada por sus componentes poliméricos de alto peso molecular. La cantidad y tipo de almidón utilizado se convierten en puntos críticos para obtener las características organolépticas deseables.
- Para la nutrición humana y animal, ya que es la fuente de energía más importante, representa el 80% de la ingesta calórica mundial. También para producir edulcorantes de alta intensidad y sustitutos de grasas, ya que este tipo de productos son utilizados en la elaboración de alimentos bajos en calorías.
- Para ciertas aplicaciones industriales como la fabricación de pegamentos, pinturas, espesantes y texturizantes en las industrias del papel y textil.
- En la producción de bioenergéticos (bioetanol) (Carrera, 2015).

#### 2.4.2 Proteína

Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11 por ciento del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo (FAO, 1993). Las proteínas del grano de maíz han sido estudiadas ampliamente y están formadas de varias fracciones distintas: la fracción de proteína soluble en agua, constituido por albumina y globulina; la fracción de proteínas solubles en alcohol, constituido por prolaminas o zeínas; esta fracción representa entre el 50-60 por ciento del total de la proteína del endospermo, por lo cual se las considera las

proteínas de reserva más importante, las cuales sirven como fuente de nitrógeno para el germinado de la semilla (C. Guadalupe Benitez, 2006).

### 2.4.3 Aceite y Ácidos grasos

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van de 3 a 18 por ciento. Además contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poli-insaturados, fundamentalmente ácido linoleico, con un valor medio de cerca de 24 por ciento. El aceite de maíz tiene bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico con valores medios de 11 y 2 por ciento respectivamente. Cabe mencionar que los ácidos grasos saturados pueden afectar negativamente varios factores relacionados con enfermedades cardiovasculares y arterosclerosis; mientras que los ácidos grasos poli-insaturados pueden tener efectos benéficos en el sistema cardiovascular, de ahí que el aceite de maíz goza de buena reputación (C. Guadalupe Benitez, 2006).

## 2.5 Composición química de cereales

Según (Benitez, 2008), la composición química de los cereales (Tabla 2) es bastante homogénea, siendo el almidón el componente más abundante (40-70%), de ahí su alto valor alimenticio; ya sea para consumo humano o consumo animal.

Tabla 2. Composición química de diferentes cereales.

Componentes	Trigo	Centeno	Maíz	Cebada	Avena
<b>Agua</b>	13,2	13,7	12,5	11,7	<b>13,0</b>
<b>Proteína</b>	11,7	11,6	9,2	10,6	<b>12,6</b>
<b>Lípidos</b>	2,2	1,7	3,8	2,1	<b>5,7</b>
<b>Almidón</b>	59,2	52,4	62,6	52,2	<b>40,1</b>
<b>Fibra cruda</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>

(T. T. Benitez, 2008).

## 2.6 Variedades de maíz

### 2.6.1 Variedad INIAP H-551

Es un híbrido triple, formado por tres líneas endogámicas (S4 B-523 x S4 B-521) x S4 B-520, proveniente de maíces básicos de amplia base genética. El híbrido fue liberado

por EET-Pichilingue en el año de 1990 y hasta ahora es preferido por muchos agricultores del litoral ecuatoriano(INIAP, 2014).

#### 2.6.1.1 Zonificación

Este híbrido se lo recomienda para la Zona Central del Litoral ecuatoriano(INIAP, 2014).

#### 2.6.1.2 Características agronómicas

Tolerante a enfermedades; días a la floración: 51 días; días a la cosecha: 120 días; la altura de la planta oscila entre 216 a 230 centímetros y su altura de mazorca esta entre 114 a 120 centímetros; el rendimiento, en época lluviosa es de 160 qq/ha y en época seca 141 qq/ha, con una humedad del 15 por ciento(INIAP, 2014).

#### 2.6.1.3 Características de calidad

Tamaño de mazorca entre 16,5 y 19,5 centímetros; el granos es duro, de color amarillo y textura cristalina, con leve capa harinosa. Contiene 8,55 por ciento de proteína; 2,85 por ciento de fibra y 67,83 por ciento de almidón (INIAP, 2014).

#### 2.6.2 Variedad Trueno NB-7443.

Es un híbrido simple, considerado de buena calidad, ideal para sembrar en terrenos con pendientes(Alberto & López, 2010).

##### 2.6.2.1 Características agronómicas

Tolerante a enfermedades como: la mancha de asfalto y cinta roja, que son enfermedades muy agresivas que reduce la producción ya que destruye el área foliar; La altura de la planta oscila entre los 143 a 145 centímetros de altura a los 45 días, comienza a florecer a los 56,50 días, la mazorca está ubicada entre los 102,25 a 105,60 centímetros de altura, el diámetro del tallo a la altura del segundo entrenudo es de 2 a 2,35 centímetros, los días de cosecha es de 120 días(Paucar Saldal, 2014).

##### 2.6.2.2 Características de calidad

La mazorca es cilíndrica de buen tamaño, el grano posee un color anaranjado y es semicristalino(Alberto & López, 2010). En cuanto a rendimientos está ligado a un nivel medio de producción. Su siembra no requiere de mucha técnica, no necesita gran volumen de fertilización para llegar a una buena producción, sin embargo con una mejor nutrición

puede llegar al máximo de su techo genético. No obstante tampoco se lo puede llevar como híbrido rústico, sin fertilización. Su producción es de 6630,00 kg por hectárea(Paucar Saldal, 2014).

### 2.6.3 Variedad Pioneer 30F35

El híbrido 30F87 es un simple modificado de muy buen potencial productivo con un rendimiento experimental de 11 182,8 kg., presenta un intervalo en días a la floración de 51 a 54 días que nos indica que tiene un comportamiento precoz, excelentes características de mazorca (cilíndrica) con una altura de 125,4 cm., buena calidad de grano presentando una coloración amarillo naranja, con una textura cristalino duro, con una excelente cobertura de mazorca que lo hace tolerante a enfermedades, excelente anclaje y resistencia a volcamiento, muy buena adaptación a condiciones subtropicales y tropicales(Yume, 2009).

### 2.6.4 Variedad Mocacheño

Es una variedad autóctona de la provincia de Los Ríos, especialmente de la zona de Mocache, a la cual no registran estudios realizadas a la misma

## 2.7 Extracción de almidón de maíz

La extracción del almidón puede realizarse a nivel artesanal y también a un nivel más tecnificado y a mayor y menor escala, dependiendo de cada empresa; sin embargo el proceso suele ser el mismo, con la diferencia de los volúmenes de procesamientos (Delgado, 2013).

Existen diferentes métodos de extracción de almidón ya sea proveniente de maíz, trigo, yuca, papa o plátano. Los principales y más generales son: El método seco y el método húmedo. Estos métodos son bastante simples para extracción de almidón de yuca, papa o plátano y un poco más sencillos que los de cereales y el maíz (Delgado, 2013).

### 2.7.1 Método seco

Consiste básicamente en la molienda del fruto después de secado, obteniendo de este proceso harina, para su posterior tamizado y así obtener el almidón. Tomando cuenta las operaciones pequeñas que se llevan a cabo de manera intermedia de los procesos anteriores para facilitar el desarrollo del método y obtener un producto final de calidad y con características que sean deseables en el almidón(Delgado, 2013).

### 2.7.2 Método húmedo

Este método consiste en la trituración o reducción de tamaño del guineo y retirar en medio líquido aquellos componentes de la pulpa que son relativamente más grandes, como la fibra y proteína, posteriormente, se facilita la eliminación del agua por decantación y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón y finalmente someter al almidón purificado a secado (Delgado, 2013).

## 2.8 Extracción de aceite

El aceite vegetal se puede obtener mecánica o químicamente, y generalmente se usa alguna combinación de ambas técnicas. En el método mecánico las semillas y frutos se someten a un proceso de prensado. Los residuos de este prensado se aprovechan como alimento para el ganado, por ser un producto muy rico en proteínas. Finalmente se somete al aceite extraído a otro proceso de refinamiento. El método químico utiliza solventes químicos que resulta más rápidos y baratos, además de dar mejor rendimiento. El solvente generalmente usado es el Hexano (Bautista, n.d.).

### 2.8.1 Métodos de extracción de aceite

Según (Miranda, 2015), existen diversos métodos para la extracción de aceites vegetales comestibles, algunos de ellos se emplean principalmente a nivel industrial, y otros a escala laboratorio y piloto. Dependiendo de la materia prima, se aplican diferentes métodos de extracción, por ende, se obtienen aceites de calidades y porcentajes diferentes, todo depende de los métodos de extracción adecuados.

A continuación, en la tabla 3, se presentan los tipos de extracción de los aceites vegetales, las ventajas y desventajas de los mismos.

Tabla 3. Tipos de extracción de los aceites vegetales comestibles, técnicas empleadas, ventajas y desventajas.

Tipos de extracción	Técnicas	Ventajas	Desventajas
<b>Prensado de las semilla</b>	Técnica de prensado en frío y almacenamiento a baja temperatura (4°C) en la oscuridad  Prensa de tornillo y utiliza calentamiento mediante una resistencia eléctrica	Los aceites presentan mejor conservación de componentes antioxidantes(quercetina y miricetina), comparada con la extracción con solvente	Rendimientos bajos en la producción de aceite
<b>Extracción con solvente</b>	Método Soxhlet usando generalmente hexano	Favorece las características funcionales del aceite como la retención de agua y la estabilidad de emulsión	Provoca pérdidas ligeras de antioxidantes, además cuestiones de salud y seguridad al medio ambiente por el uso de hexano
<b>Extracción con fluidos supercríticos</b>	Uso del CO2 en estado supercrítico	Rendimientos altos de extracción de aceite, no se requiere eliminar solventes del aceite o de la torta residual	Instalaciones muy costosas

(Miranda, 2015).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Ubicación del área de la investigación

##### 3.1.1 Ubicación política

País:	Ecuador
Provincia:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón:	Santo Domingo
Parroquia:	Luz de América
Sector:	km 35 Vía Quevedo

##### 3.1.2 Ubicación Geográfica

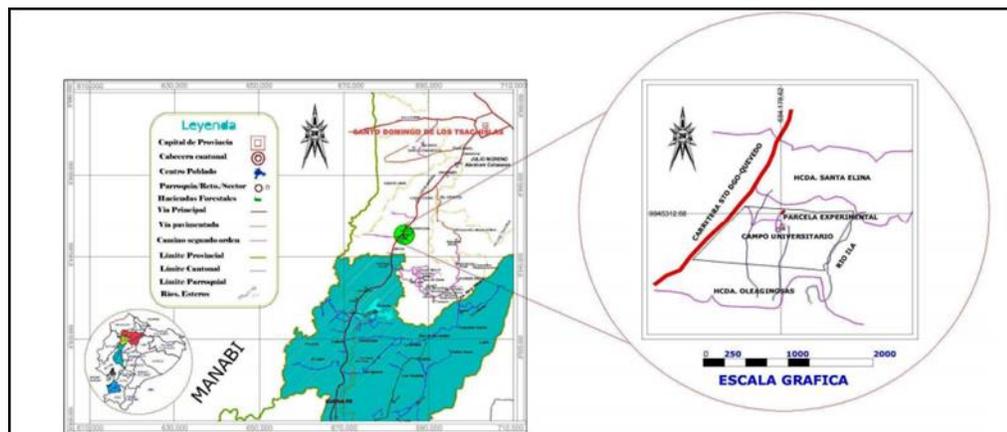


Figura 2. Ubicación geográfica donde se desarrollara la investigación

Latitud:	00° 24' 36"
Longitud:	79° 18' 43"
Altitud:	270 msnm

### 3.1.3 Ubicación Ecológica.

Zona de vida:	Bosque húmedo Tropical
Altitud:	224 msnm
T promedio:	24,6 ° C
Precipitación:	2860 mm año
Humedad relativa:	85%
Heliofanía:	680 horas luz año
Suelos:	Francos Arenoso

Fuente: Estación Agro meteorológica “Puerto Ila” Vía Quevedo Km 34 margen derecho.

## 3.2 Materiales

### 3.2.1 Extracción de almidón

Tabla 4. Recursos utilizados para la extracción de almidón

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza	Bandejas de plástico	Agua destilada	Maíz
Estufa	Bandejas de aluminio	NaOH	
Molino	Vasos de precipitación		
Potenciómetro	Mortero		
Cocineta	Piseta		
Tamiz	Papel filtro		
	Mortero		
	Probeta		
	Pipeta		

## 3.2.2 Extracción de grasa

Tabla 5. Recursos utilizados para la extracción de grasa por el método de solventes

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza	Mortero	Éter di etílico	Maíz
Estufa	Piseta		
Vasos Beacker para grasa	Papel filtro		
Aparato Golfish	Probeta de 100ml		
Dedales de extracción	Pipeta		
Porta dedales			
Vasos para recuperación del solvente			
Desecador			
Espátula			
Pinzas universal			
Algodón liofilizado e hidrolizado			

## 3.2.3 Extracción de grasa por prensado

Tabla 6. Recursos utilizados para la extracción de grasa por el método de prensado

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza	Vasos de precipitación	Agua destilada	Maíz
Estufa	Agitador		
Prensa hidráulica de 50 qq			
Molino			
Tamiz			

## 3.2.4 Determinación de proteína

Tabla 7. Recursos utilizados para la determinación de proteína

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza analítica, sensible al 0,1 mg	Micro-Tubos de destilación de 100ml	Ácido sulfúrico concentrado 96%(d=1,84)	Maíz
Unidad digestora J:P:SELECTA, s.a (Block 40 plazas-Digest Sorbora o colector/extractor de humos	Matraz Erlenmeyer de 250 ml	Solución de Hidróxido de Sodio al 40%	
Unidad de destilación FISHER DESTILLING Unit DU 100	Gotero	Solución de Ácido Bórico al 2%(HBO3)33	
	Bureta graduada y accesorios	Solución de Ácido Clorhídrico 0.1 N (HCL) debidamente Estandarizada	
	Espátula	Tabletas Catalizadoras	
	Gradilla	Indicador Kjeldahl	

## 3.2.5 Determinación de fibra

Tabla 8. Recursos utilizados para la determinación de fibra

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Balanza analítica sensible al 0,1 mg	Mortero	Ácido sulfúrico 0,180M	Maíz
Equipo Dosi-Fiber	Piseta	Hidróxido de potasio KOH o hidróxido de sodio NaOH 0,223	
Tropa o bomba de vacío	Pipetas	Antiespumante, por ejemplo octanol	
Estufa	Matraz kitasato	Acetona	
Mufla	Crisoles porosos		
Desecado	Probeta de 100ml		

## 3.2.6 Determinación de humedad

Tabla 9. Recursos utilizados para la determinación de humedad

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Cajas Petri de vidrio con tapa			Maíz
Desecador, con cloruro de calcio u otro deshidratante adecuado			
Estufa, con regulador de temperatura			
Balanza analítica, sensible al 0,1mg			

## 3.2.7 Determinación de cenizas

Tabla 10. Recursos utilizados para la determinación de cenizas

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Mufla			Maíz
Desecador			
Crisoles de porcelana			
Balanza analítica con una precisión de 0,01g			

### 3.2.8 Determinación de la acidez titulable

Tabla 11. Recursos utilizados para determinar la acidez titulable

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Matraz Erlenmeyer con tapón esmerilado, de 100cm <sup>3</sup>	Pipetas, de 10 y 25 cm <sup>3</sup>	Solución 0,02 N de NaOH	Maíz
Matraz Erlenmeyer, 50 cm <sup>3</sup>	Bureta, de 25 cm <sup>3</sup> , con divisiones de 0,05 cm <sup>3</sup> o de 0,1 cm <sup>3</sup>	Solución indicadora de fenolftaleína. Disolver 0,1g de fenolftaleína en 100 cm <sup>3</sup> de alcohol etílico de 60% Alcohol etílico de 90%	

### 3.2.9 Determinación de la concentración del Ion hidrogeno

Tabla 12. Recursos utilizados para determinar el Ion hidrogeno

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Potenciómetro, con electrodos de vidrio Vaso de precipitación de 250 cm <sup>3</sup>	Piseta	Agua destilada	Maíz

## 3.3 Métodos

Para la evaluación de las propiedades agroalimentarias de cuatro variedades de maíz, mediante la extracción de almidón y aceite se procedió de la siguiente manera.

### 3.3.1 Recolección de materia prima

Para la realización de la fase experimental de esta investigación se recolecto semilla de maíz proveniente de la provincia de Los Ríos, de la zona de Valencia, (Trueno NB-7443, Pioneer 30F35), de Mocache (mocacheño) y del Iniap Pichuiligue (Iniap H-551), se utilizó en este experimento 10 kilogramos por variedad, considerando características óptimas en cuanto a homogeneidad, pureza y sanidad. La fase experimental se realizó en los laboratorios de la Universidad de las fuerzas Armadas – ESPE en la Carrera de

Ingeniería en Ciencias Agropecuarias Santo Domingo, ubicados en la vía Quevedo km35.

### 3.3.2 Extracción de almidón

Para esto se emplearon dos métodos de extracción: el primero con agua destilada y el segundo mediante tratamiento con hidróxido de sodio al 25% p/v.

Previo a la aplicación de los métodos de extracción, los granos de maíz fueron lavados a fin de eliminar las impurezas adheridas en la superficie, luego secado en estufa a 60°C y triturados con la ayuda de un molino de piedra convencional.

#### 3.3.2.1 Extracción de almidón con hidróxido de sodio al 25%.

En este caso se sometió al maíz a hidratación en una solución NaOH 25%, se aplicó una relación 1:3 de maíz: solvente por un periodo de 24 horas, y a temperatura ambiente, el tamaño de la muestra fue de 250 g de maíz por tratamiento.

A los extractos resultantes se los filtraron en un lienzo, luego se realizó un lavado con agua destilada, para eliminar el exceso de álcalis, hasta llegar a un pH de 7 (Medina et al., 2010).

Los residuos sólidos de cada tratamiento fueron macerados y mezclados con agua destilada manteniendo la misma relación 1:3 durante quince minutos, obteniéndose una mezcla homogénea la cual se almaceno a una temperatura de 7°C por un periodo de veinte y cuatro horas (Medina et al., 2010).

Una vez finalizado el tiempo de reposo, se obtuvo una pasta insoluble de aspecto gelatinoso, la cual se dejó secar en estufa a 50° hasta obtener el almidón seco (Medina et al., 2010), el cual fue triturado hasta obtener una granulometría uniforme.

#### 3.3.2.2 Extracción de almidón con agua destilada.

En este caso se utilizó la misma relación 1: 3 de maíz: solvente (agua destilada-desionizada); la mezcla se dejó en reposo por 24 horas a una temperatura ambiente.

A los extractos resultantes se los filtro en lienzo, y se realizó un lavado a fin de que en el almidón no quede residuos, hasta alcanzar un pH de 7.

Los residuos sólidos de cada tratamiento se los macero con agua destilada a relación 1:3 durante quince minutos, esta se almaceno a 7°C por un periodo de veinte y cuatro horas.

Luego la mezcla fue tamizada, obteniéndose una lechada, esta se dejó en reposo por otras 24 horas. Una vez finalizado el tiempo se macero la muestra quedando una pasta insoluble la cual se sometió a estufa a 50°C por 48 horas hasta obtener el almidón seco.

### 3.3.3 Extracción de aceite

Se realizó mediante dos métodos de extracción: por solvente y por prensado.

#### 3.3.3.1 Extracción de aceite por solvente

## PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Las muestras previas al proceso de extracción fueron almacenadas en recipientes de plástico con tapa y capacidad de 5 kg. Luego se procedió a triturar las muestras con un mortero.

## PROCEDIMIENTO:

De la muestra triturada se pesó aproximadamente 4g de muestra sobre un papel filtro y se colocó en el interior de un dedal, se tapono con suficiente algodón hidrófilo, para luego introducirlo en el portadedal. Se colocó el dedal y su contenido en el vaso beaker, para llevarlos a los ganchos metálicos del aparato de golfish., se adiciono en el vaso beaker 50 ml de solvente (éter etílico), y al mismo tiempo se abrió el reflujo de agua. Se colocó el vaso beaker en la hornilla del aparato golfish, ajustando al tubo refrigerante del extractor. Luego se Levantó las hornillas y se graduó la temperatura a 5,5 (55<sup>0</sup>C).

Terminada la extracción se Bajó los calentadores, y se retiró los vasos beaker, con el residuo de la grasa. Una vez retirados los vasos beaker, se procedió con la recuperación del solvente y se lo transfirió al frasco original.

El vaso con la grasa se llevó a la estufa a 105° C hasta completar la evaporación del solvente esto por un periodo de 30 minutos. Luego los vasos beaker que contiene la grasa, se los llevo a enfriar hasta temperatura ambiente en un desecador, para posteriormente Pesar y registrar.

### 3.3.3.2 Extracción de aceite por presión

Se tomaron 1000g de muestra de maíz de cada variedad, se realizó la limpieza del grano para remover restos de impurezas (piedras, insectos, granos rotos y otros). El maíz limpio se introdujo en recipientes con agua durante varias horas (12 a 48, con la finalidad de que el grano de maíz tenga un 40 a 45% de humedad). Luego de este periodo de tiempo, las muestras se molieron gruesas para separar el germen del resto del grano. El grano molido se lo coloco en un recipiente con agua para que por diferencia de densidades se dé la flotación del germen, dejándolo en reposo 24 horas con la finalidad que se realice la separación del germen de manera natural. El germen separado se lavó y se retiró partículas extrañas adheridas, luego se tamizo para retirar el exceso de agua y residuos de maíz; separando el germen en un recipiente y se llevó a sacar en estufa, a bajas temperaturas para disminuir el contenido de humedad. Una vez seco el germen queda listo para la extracción. El germen de maíz obtenido se lo llevo a una prensa hidráulica de 50 toneladas de presión, y con la ayuda de un pistón se ejerció presión máxima, con la finalidad de que este rompa la estructura celular y se dé la liberación de aceite crudo.

### 3.3.3.3 Análisis en un laboratorio acreditado bajo norma ISO/ IEC 17025.

Con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos en el laboratorio de la ESPE-Santo Domingo se enviaron las muestras de maíz a un laboratorio acreditado bajo normas de calidad, en el cual se realizaron pruebas de grasa y proteína a cada variedad de maíz. El método empleado para demostrar el contenido de proteína a cada variedad de maíz fue SEMM-FQ Proteína (AOAC 2001.11) y en grasa fue SEMM-FQ Grasa (AOAC 920. 39).

### 3.3.4 Diseño experimental

#### 3.3.4.1 Factores a probar

Tabla 13. Factores y niveles a probar en la determinación del contenido de almidón de cuatro variedades de maíz.

Factores	Niveles
Variedades (V)	V1 = Iniap H-551 V2 = Híbrido Trueno NB 7443 V3 = Híbrido Pioneer 30F35 V4 = Mocacheño
Tipo de extracción de almidón (MEa)	MEa1 = Agua MEa2 = NaOH

Tabla 14. Factores y niveles a probar en la determinación del contenido de aceite de cuatro variedades de maíz.

Factores	Niveles
Variedades (V)	V1 = Iniap H-551 V2 = Híbrido Trueno NB 7443 V3 = Híbrido Pioneer 30F35 V4 = Mocacheño
Método de extracción de grasa (MEg)	MEg1 = por solvente MEg2 = por Presión

#### 3.3.4.2 Tratamientos a comparar

Tabla 15. Tratamientos a comparar en la determinación del contenido de almidón de cuatro variedades de maíz y dos métodos de extracción.

Tratamientos	Descripción.
V1MEa1	Iniap H-551 + Agua
V1MEa2	Iniap H-551+ NaOH
V2MEa1	Híbrido Trueno NB 7443 + Agua
V2MEa2	Híbrido Trueno NB 7443 + NaOH
V3MEa1	Híbrido Pioneer 30F35 + Agua
V3MEa2	Híbrido Pioneer 30F35 + NaOH
V4MEa1	Mocacheño + Agua
V4MEa2	Mocacheño + NaOH

Tabla 16. Tratamientos a comparar en la determinación del contenido de aceite de cuatro variedades de maíz y dos métodos de extracción.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>V1MEg1</b>	Iniap H-551 + Eter di etílico
<b>V1MEg2</b>	Iniap H-551 + Presión
<b>V2MEg1</b>	Hibrido Trueno NB 7443 + Eter di etílico
<b>V2MEg2</b>	Hibrido Trueno NB 7443 + Presión
<b>V3MEg1</b>	Hibrido Pioneer 30F35 + Eter di etílico
<b>V3MEg2</b>	Hibrido Pioneer 30F35 + Presión
<b>V4MEg1</b>	Mocacheño + Eter di etílico
<b>V4MEg2</b>	Mocacheño + Presión

#### 3.3.4.3 Tipo de diseño

Diseño de bloques completamente al azar (DBCA) dispuesto en arreglo Factorial A x B.

Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)

#### 3.3.4.4 Repeticiones

En esta investigación se realizaron tres repeticiones por tratamiento.

#### 3.3.4.5 Características de las UE

Para cada unidad experimental se emplearon por 10 kg de granos de maíz para los proceso de Extracción tanto de almidón como de aceite.

Para el análisis de proteína y grasa se emplearon 400g de grano de maíz para cada variedad

### 3.3.4.6 Esquema de análisis de varianza

Tabla 17. Esquema de análisis de varianza de un DBCA dispuesto en arreglo factorial

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	
<b>Variedades</b>	a-1	2
<b>Métodos de extracción</b>	b-1	1
<b>Repeticiones</b>	r-1	3
<b>Variedades x métodos de extracción</b>	(a-1)(b-1)	2
<b>Error experimental</b>	abc(n-1)	15
<b>total</b>	abr-1	23

Tabla 18. Esquema de análisis de varianza de un DBCA

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	
<b>Variedades</b>	a-1	3
<b>bloques</b>	b-1	2
<b>Error experimental</b>	(a-1)(b-1)	6
<b>total</b>	ab-1	11

### 3.3.4.7 Coeficiente de variación

El coeficiente de variación se obtuvo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$CV \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{X}} * 100$$

Dónde:

Cv: Coeficiente de variación

CMe: Cuadrado medio del error experimental

X: Media general del experimento

### 3.3.4.8 Análisis funcional

Para la prueba de significación se aplicó Tukey al 0,05 %.

### 3.3.5 Variables evaluadas.

#### 3.3.5.1 Determinación de proteína

#### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- Con la ayuda de un mortero se trituro la muestra, tratando de que esta quede lo más homogéneas posible.

#### PROCEDIMIENTO

##### A. Digestión

- Se pesó aproximadamente 0.3 g de muestra prepara sobre un papel, luego se colocó en el micro-tubo digestor.
- Se Añadió al micro-tubo una tableta catalizadora y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Luego se colocó los tubos de digestión con las muestras en el block-digest con el colector de humos funcionando.
- Se realizó la digestión a una temperatura de 350 a 400° C y a un tiempo de dos horas.
- Al finalizar, se obtuvo líquido de color azul transparente.
- Para luego dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente.

##### B. Destilación

- En cada micro- tubo se adiciono 15 ml de agua destilada.
- Se colocó el micro-tubo y el matraz de recepción con 50 ml de ácido Bórico al 2% en el sistema de destilación.
- Se encendió el sistema y se adiciono 30 ml de hidróxido de sodio al 40%, cuidando que exista un flujo normal de agua.

##### C. Titulación

- Del destilado recogido en el matriz se colocó tres gotas de indicador.
- Luego se Tituló con ácido clorhídrico 0,1 N utilizando un agitador mecánico.
- Por último se registró el volumen de ácido consumido (AOAC, 2000).

Cálculos:

El contenido de proteínas bruta en los alimentos se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%PB = \frac{(VHCI - Vb) * 1.401 * NHCL * F}{g. muestra}$$

Donde:

1,401= Peso atómico del nitrógeno

NHCl= Normalidad de Ácido Clorhídrico 0,1 N

F = Factor de conversión (6,25)

VHCI = Volumen del ácido clorhídrico consumido en la titulación

Vb = Volumen del Blanco (0,3) (AOAC, 2000).

### 3.3.5.2 Determinación de fibra

#### 1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- Se trituro la muestra con un mortero.
- Se calentó el reactivo en la placa calentadora (accesorios 4000634 o similar) a una T<sup>a</sup> de 95 -1000 °C.
- Se llenaron los crisoles con las muestras molidas y se los situaron en las “gradillas porta-crisoles”, se Recogió los crisoles e introdujeron en la unidad principal frente a las resistencias. Se bajó la palanca de fijación y se bajó la palanca reflectora.
- Después se situó los mandos de la válvula en posición “OFF”.
- Se abrió el grifo de entrada de agua refrigerante. Caudal entre 1 y 2 litros/minuto.
- Se acciono el interceptor principal (POWER), el piloto ámbar se ilumino.

## 2. PROCESO DE EXTRACCIÓN CALIENTE:

- Se levantó la tapa superior y se añadió el reactivo en cada columna.
- Se giró el potenciómetro de ajuste (sentido horario) hasta la posición 80-90%. La Resistencia se puso en marcha.
- Se Añadió antiespumante en cada columna.
- Cuando el reactivo empezó a hervir, se disminuyó la potencia de calor girando el potenciómetro (sentido anti horario) hasta el 20-30%.
- Mientras duro la extracción se aprovechó para calentar el agua destilada.
- Finalizada la extracción se apagó el calefactor por el interruptor
- Luego se Abrió el grifo de la trompa de agua. Situando los mandos de la válvula en la posición “Aspirar”. Una vez completada la filtración se cerro la válvula.
- Se lavó la muestra con agua destilada caliente. El agua se introdujo por la entrada de cada columna. Se situó los mandos de la válvulas en la posición espirar para dejar las muestra seca.
- Para sacar los crisoles de la unidad de extracción se utilizó el “asa porta-crisoles”.
- Para luego Trasladarlos a la gradilla.

## 3. PROCEDIMIENTO

- Se Pesó (con una presión de  $\pm 1$  mg) 1,5g de muestra en un crisol poroso. La cantidad de muestra fue W0.
- Y luego se Introdujo los crisoles en el Dosi-Fiber.

## 4. HIDRÓLISIS ÁCIDA EN CALIENTE:

- Luego se verifico si las válvulas estaban en la posición “cerrado”.
- Se Añadió 150 de  $H_2SO_4$  caliente en cada columna y unas gotas de anti-espumante.

- Se abrió el circuito de refrigeración y se activó las resistencias calefactoras. (potencial 90%).
- Se esperó a que hierva, reduciendo el potencial al 30% y se dejó hervir durante el tiempo de extracción (30min a 1h. dependiendo del material). Para una hidrólisis más efectiva se acciona la bomba de aire en la posición “Soplar”.
- Para la calefacción se abrió el circuito de vacío y se puso los mandos de la válvula en posición “Adsorción”. Se lavó con agua destilada y se filtró.

## 5. EXTRACCIÓN EN FRIO CON ACETONA.

No realizar las extracciones en frío con acetona en el equipo Dosi-Fiber

- Se preparó el fisco “kitasatos” con las trompas de vacío. Se Situó el crisol en la entrada del kitasato y se añadió acetona a la vez que el circuito de vacío estaba adsorbiendo hacia el frasco.
- Se llevó las muestras a secar en la estufa a 150°C durante 1h
- Luego se dejó enfriar en desecador.
- Se Pesó con una precisión de + 0,1mg. La cantidad pesada es W1
- Luego se Incinero las muestras de los crisoles en el Horno de mufla a 500°C durante un tiempo de 3 horas
- Se dejó enfriar en desecador.
- Se Pesó los crisoles con una precisión den  $\pm 1$  mg. La cantidad pesada es W2 (Rayas, 2008).
- En contenido de fibra se calculó mediante la siguiente ecuación.

**Realizar el siguiente cálculo:**

$$\% \text{Fibra bruta} = \frac{W1 - W2}{W0} \times 100$$

Donde:

$W_0$  = Peso de la muestra

$W_1$  = Peso del crisol + muestra seca

$W_2$  = Peso del crisol + muestra calcinada (Rayas, 2008).

### 3.3.5.3 Determinación de humedad

#### 1. PROCEDIMIENTO

- Se calentó las cajas Petri con sus tapas durante 30 minutos en la estufa a  $130 \pm 3^\circ\text{C}$ . Luego se dejó enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente y se las peso
- Luego se Pesó, 2 g de muestra preparada, y se la transfirió a la caja Petri y se la distribuyo uniformemente en su fondo.
- Se Calentó la caja y su contenido durante una hora, en la estufa a  $130 \pm 3^\circ\text{C}$ , sin la tapa.
- Se colocó la tapa a la caja Petri antes de sacarlo y se lo traslado al desecador; tan pronto alcanzo la temperatura ambiente, se pesó.

Caculo

$$Pc = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_3} \times 100$$

Siendo:

$P_c$  = pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa.

$m_1$  = masa de la caja vacía con tapa, en g.

$m_2$  = masa de la caja y tapa, con la muestra sin secar, en g.

$m_3$  = masa de la caja y tapa, con la muestra seca, en g (INEN), 2013b).

#### 3.3.5.4 Determinación de cenizas

##### PROCEDIMIENTO

- Se Pesó aproximadamente 1,0g de almidón en un crisol de porcelana que fue previamente lavado, secado en horno y pesado.
- Se Colocó el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante tres horas y media.
- Se esperó que Enfrié el crisol y las cenizas en un desecador hasta que se obtuvo un peso constante.
- Lugo se Pesó el crisol con las cenizas y se calculó la cantidad de cenizas.
- Los resultados se expresaron como porcentaje de cenizas totales.

##### CÁLCULO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso de las cenizas (g)} \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

#### 3.3.5.5 Determinación de acidez titulable

##### 1. PROCEDIMIENTO

- Se Pesó 5g de almidón y se transfirió a un matraz Erlenmeyer de 100cm<sup>3</sup>
- Se Agregó lentamente 50 cm de alcohol de 90% (V/V) neutralizado, se tapó el matraz Erlenmeyer y se agito fuertemente.
- Se dejó en reposo durante 24h, pero se agito de vez en cuando.

- Con la pipeta se tomó una alícuota del 10 cm<sup>3</sup> del líquido claro sobrenadante y se transfirió al matraz Erlenmeyer de 50 cm<sup>3</sup>; agregando 2 cm<sup>3</sup> de la solución indicadora de fenolftaleína.
- Luego se Agregó lentamente y con agitación solución 0,02 N de hidróxido de sodio, hasta conseguir un color rosado que desaparece poco a poco.
- Ser agrego la solución hasta que el color rosado persistió.
- Se dio lectura en la bureta del volumen de solución empleado, con aproximación a 0,05 cm<sup>3</sup>.

## 2. CÁLCULOS

La acidez titulable en almidón, se calculó mediante la ecuación siguiente:

$$\frac{490 \text{ NV}}{m (100 - H)} \times \frac{V_1}{V_2}$$

Siendo:

A= contenido de acidez en el almidón, en porcentaje de masa de ácido sulfúrico.

N= normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V= volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en cm.

V<sub>1</sub>= volumen del alcohol empleado en cm<sup>3</sup>

V<sub>2</sub>= volumen de la alícuota tomada para la titulación, en cm<sup>3</sup>

m= masa de la muestra, en g.

H= porcentaje de humedad en la muestra((INEN)., 2013a).

### 3.3.5.6 Determinación de la concentración del ion hidrogeno

#### 1. PROCEDIMIENTO

- Se verifico el correcto funcionamiento del potenciómetro.
- Se Pesó, con aproximación, 10g de muestra preparada y se colocó en un vaso de precipitación, luego se añadió 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada, se agito suavemente hasta que las partículas quedaron uniformemente suspendidas.

- Luego se determinó el pH por lectura directa, introduciendo los electrodos de potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que estos no toquen las paredes del recipiente ni las partículas sólidas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Extracción almidón

#### 4.1.1 Análisis de varianza de contenido de almidón de cada variedad

Tabla 19. Análisis de varianza de contenido de almidón de cada variedad.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:variedades	3079,02	3	1026,34	20625,78	0,0000
B:metodo de extracción de almidón	78535,6	1	78535,6	1578284,01	0,0000
C:repeticiones	0,149158	2	0,0745792	1,50	0,2572
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	2858,44	3	952,814	19148,15	0,0000
RESIDUOS	0,696642	14	0,0497601		
TOTAL (CORREGIDO)	84473,9	23			

La tabla 19 (resultados del contenido de almidón), se observó diferencia significativa tanto en variedades, en métodos de extracción y en la interacción A\* B, en tanto que en réplicas no se presentó diferencia significativa.

#### 4.1.2 Análisis de varianza de proteína

Tabla 20. Análisis de varianza para proteína

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:variedades	19,3764	3	6,4588	188,94	0,0000
B:metodo de extracción	0,00367537	1	0,00367537	0,11	0,7478
C:repeticiones	0,105556	2	0,052778	1,54	0,2478
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0307261	3	0,010242	0,30	0,8251
RESIDUOS	0,478583	14	0,0341845		
TOTAL (CORREGIDO)	19,9949	23			

Como se observa (tabla 20), en contenido de proteína se puede observar que el factor A (variedades), tiene diferencia significativa, en relación al factor B (métodos de extracción), repeticiones e interacción AB en las cuales no se encontró diferencia significativa.

## 4.1.3 Análisis de varianza de fibra

Tabla 21. Análisis de varianza del contenido de fibra.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:variedades	0,214294	3	0,0714314	88,06	<b>0,0000</b>
B:metodo de extracción	0,000988167	1	0,000988167	1,22	0,2883
C:repeticiones	0,00340758	2	0,00170379	2,10	0,1593
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0036495	3	0,0012165	1,50	0,2579
RESIDUOS	0,0113557	14	0,000811125		
TOTAL (CORREGIDO)	0,233695	23			

Observado los resultados de la tabla 21, (contenido de fibra), se observa que en el Factor A (variedades), existe diferencia significativa, mientras que en el factor B (métodos de extracción), repeticiones e interacción AB no existe diferencia significativa.

## 4.1.4 Análisis de varianza de humedad

Tabla 22. Análisis de varianza del contenido de humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:variedades	86,0457	3	28,6819	21,42	<b>0,0000</b>
B:metodo de extracción	0,4056	1	0,4056	0,30	0,5908
C:repeticiones	0,367225	2	0,183612	0,14	0,8730
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	2,1817	3	0,727233	0,54	0,6607
RESIDUOS	18,748	14	1,33915		
TOTAL (CORREGIDO)	107,748	23			

La tabla 22 muestra, los resultados del contenido de humedad, se puede observar que el factor A (variedades), existe diferencia significativa, mientras que en el factor B (métodos de extracción), repeticiones e interacción AB no existe diferencia significativa.

## 4.1.5 Análisis de varianza de ceniza

Tabla 23. Análisis de varianza del contenido de ceniza.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:variedades	3,17098	3	1,05699	23,19	<b>0,0000</b>
B:metodo de extracción	0,0018375	1	0,0018375	0,04	0,8437
C:repeticiones	0,037075	2	0,0185375	0,41	0,6734
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0427125	3	0,0142375	0,31	0,8161
RESIDUOS	0,638058	14	0,0455756		
TOTAL (CORREGIDO)	3,89066	23			

Observando la tabla 23 vemos que en el factor A (variedades), existe diferencia significativa, mientras que en el factor B (métodos de extracción), repeticiones e interacción AB no existe diferencia significativa.

## 4.1.6 Análisis de varianza de acidez titulable

Tabla 24. Análisis de varianza del contenido de acidez titulable

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:variedades	0,2367	3	0,0789	15,80	<b>0,0001</b>
B:metodo de extracción	0,000816667	1	0,000816667	0,16	0,6920
C:repeticiones	0,011025	2	0,0055125	1,10	0,3588
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,00135	3	0,00045	0,09	0,9643
RESIDUOS	0,0699083	14	0,00499345		
TOTAL (CORREGIDO)	0,3198	23			

Los resultado de la tabla 24 muestran en el factor A (variedades), diferencia significativa, mientras que en el factor B (métodos de extracción), repeticiones e interacción AB no existe diferencia significativa.

## 4.1.7 Análisis de varianza de pH

Tabla 25. Análisis de varianza del contenido de pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:variedades	0,468983	3	0,156328	8,02	<b>0,0024</b>
B:metodo de extracción	0,0308167	1	0,0308167	1,58	0,2293
C:repeticiones	0,118908	2	0,0594542	3,05	0,0796
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,03565	3	0,0118833	0,61	0,6199
RESIDUOS	0,273025	14	0,0195018		
TOTAL (CORREGIDO)	0,927383	23			

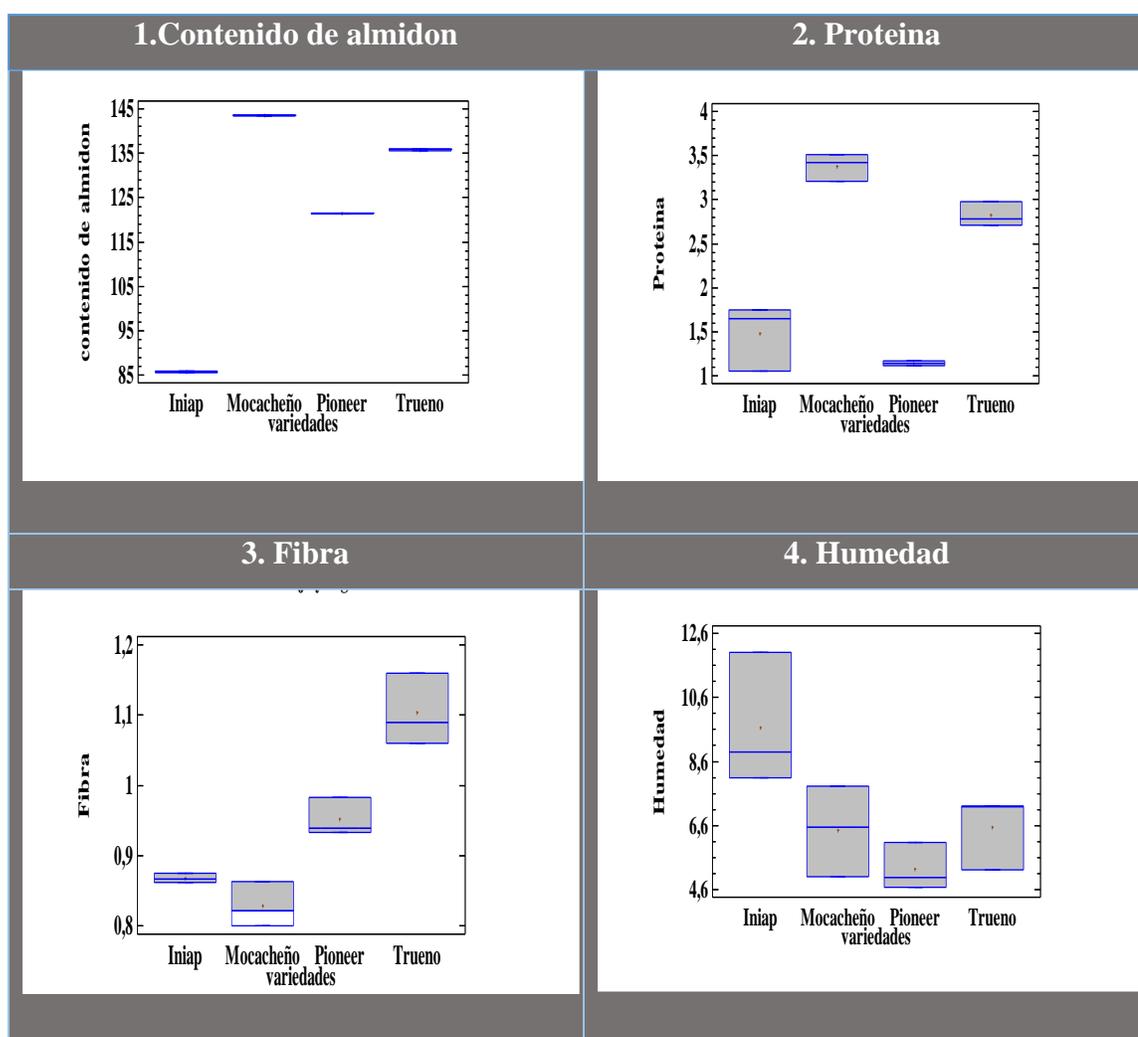
En la tabla 25 se puede apreciar que en el factor A (variedades), existe diferencia significativa, mientras que en el factor B (métodos de extracción), repeticiones e interacción AB no existe diferencia significativa.

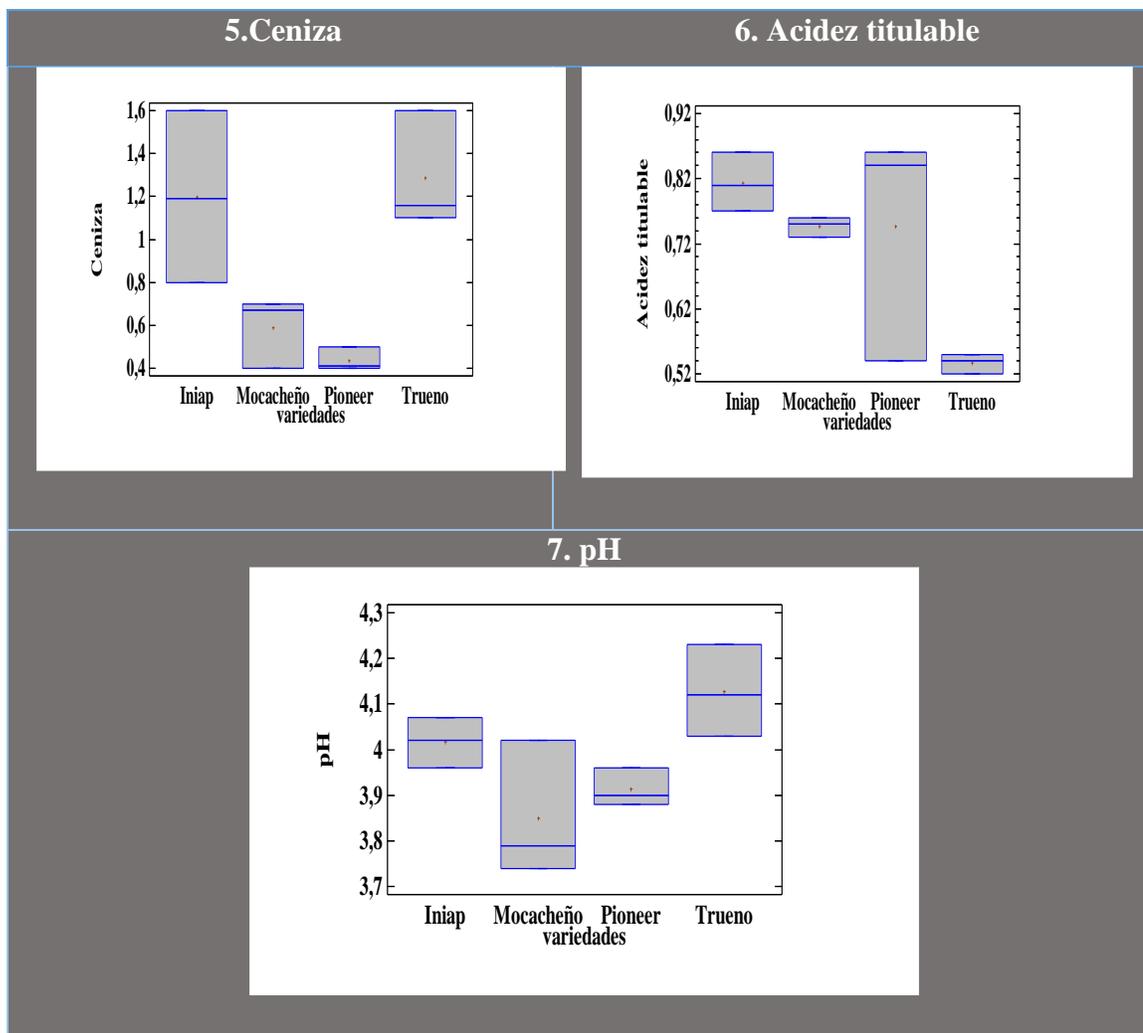
#### 4.1.8 Prueba de significancia de Tukey

##### 4.1.8.1 Resultados con respecto al Factor A (variedades)

Figura 3 Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre las variedades: (A) Iniap, (B) Pioneer, (C) trueno, (D) mocacheño.

**Revela.** 1.- contenido de almidón (A=85,7733; B=121,43; C=135,787; D=143,47) 2.- Proteína (B=1,14067; A=1,48333; C= 2,82333; D=3,38 ) 3.- fibra (D=0,828333; A= 0,867667; B= 0,951667; C= 1,10333) 4.- humedad (B= 5,24667; D=6,46; C=6,54; A= 9,66333) 5.- ceniza (B=0,436667; D= 0,59; A= 1,19667; C= 1,28667) 6.- acidez titulable ( C=0,536667; B=0,746667; D=0,746667; A= 0,813333) 7.- pH ( D= 3,85; B= 3,91333; A=4,01667; C= 4,12667).



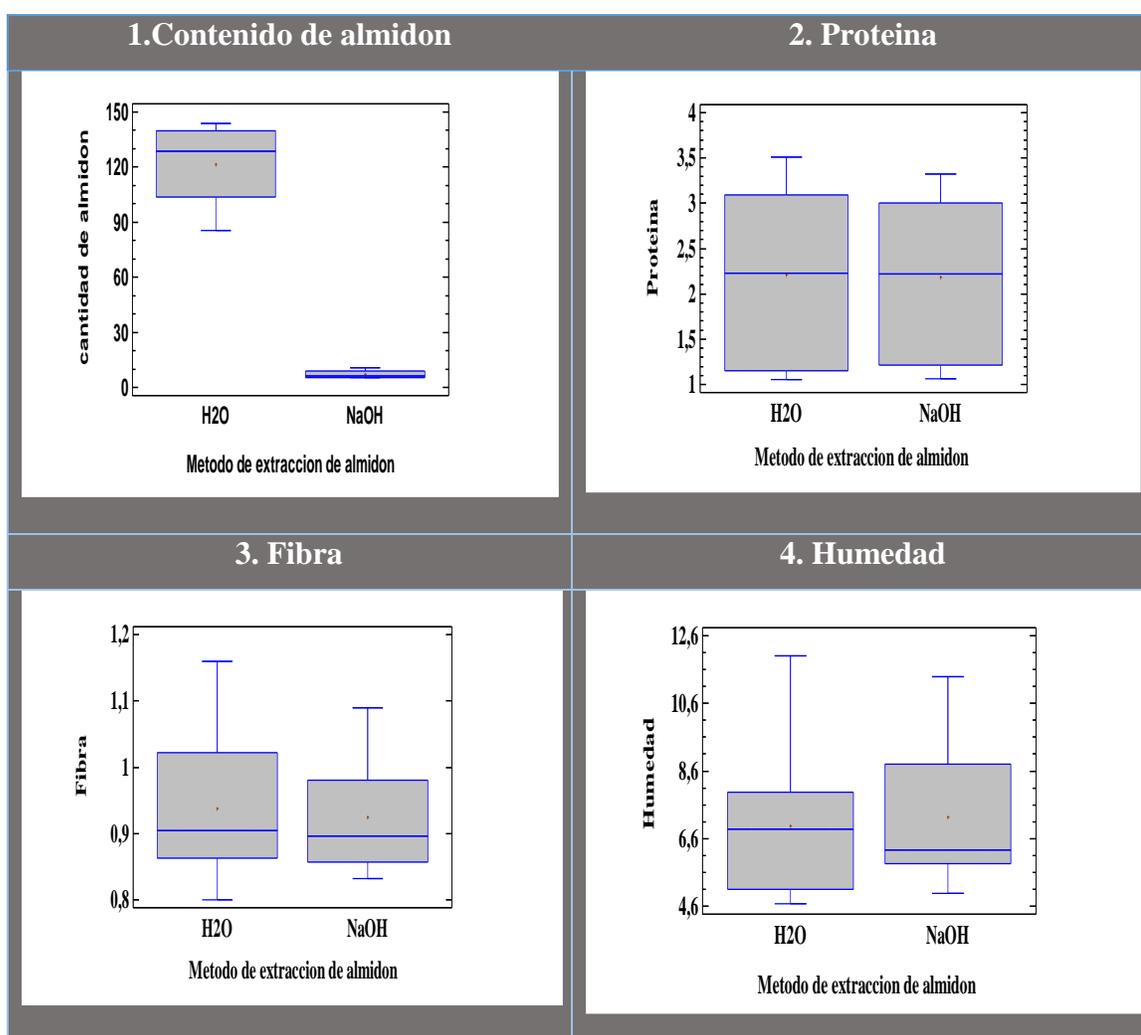


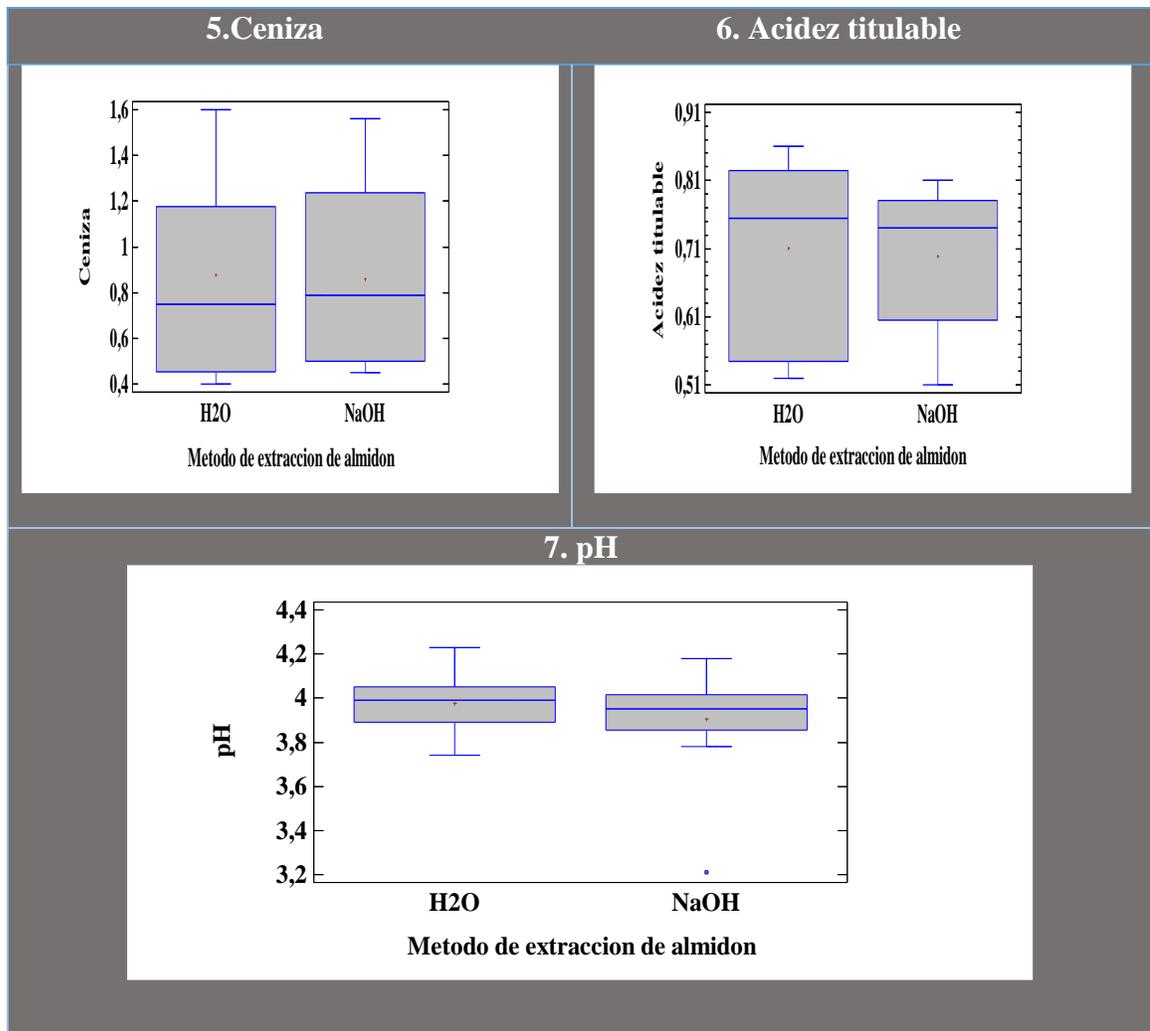
La figura N°3 muestra valores de Tukey ( $p < 0.05$ ) de los niveles de las variables evaluadas. En cuanto al contenido de almidón la variedad mocacheño presentó mayor contenido (143,47 g), y la variedad Iniap el contenido de almidón más bajo. En proteína: se encontró que la variedad mocacheño (3,38) tiene mayor contenido proteico que las otras variedades, en fibra, la variedad Trueno presentó mejor resultado (1,10333%) y el contenido más bajo la variedad mocacheño, en cuanto a contenido de humedad la variedad Iniap (9,66333) dio el valor más alto, mientras que Pioneer (5,24667) mostró contenidos más bajos; en cenizas presentó el valor más alto trueno (1,28667), en acidez titulable se observaron el valor más altos en variedad Iniap (0,813333) y en pH la variedad trueno presentó valores más altos (4,12667).

## 4.1.8.2 Resultados con respecto al Factor B (métodos de extracción de almidón).

**Figura 4.** Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre métodos de extracción de almidón: (A) H<sub>2</sub>O, (B) NaOH.

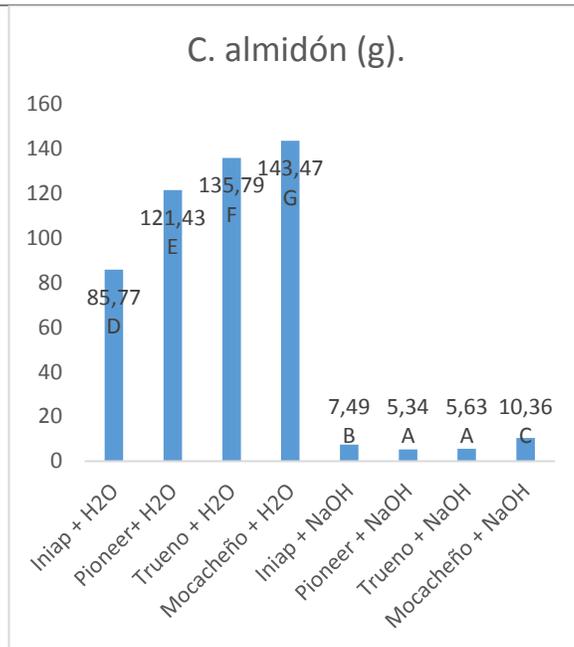
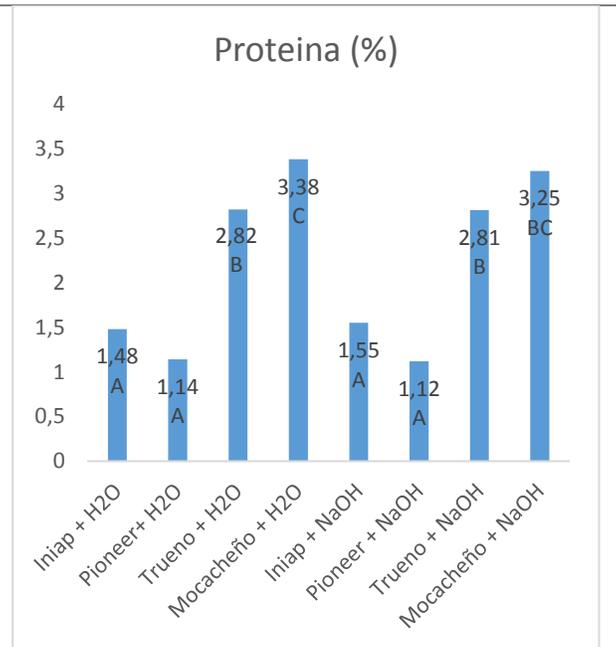
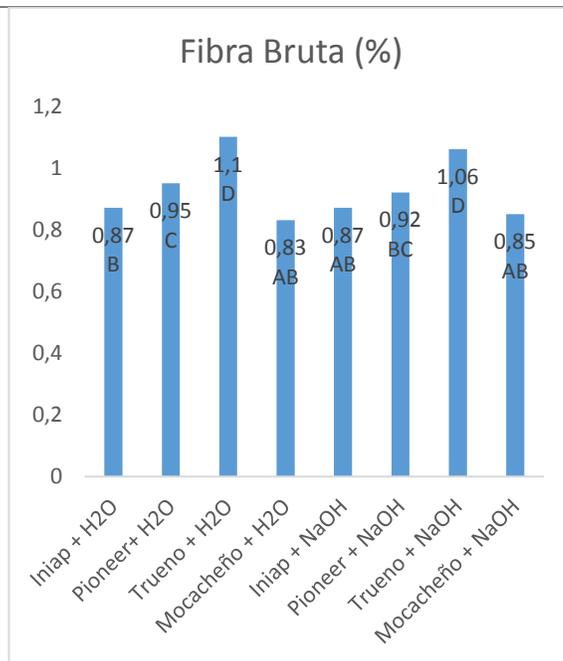
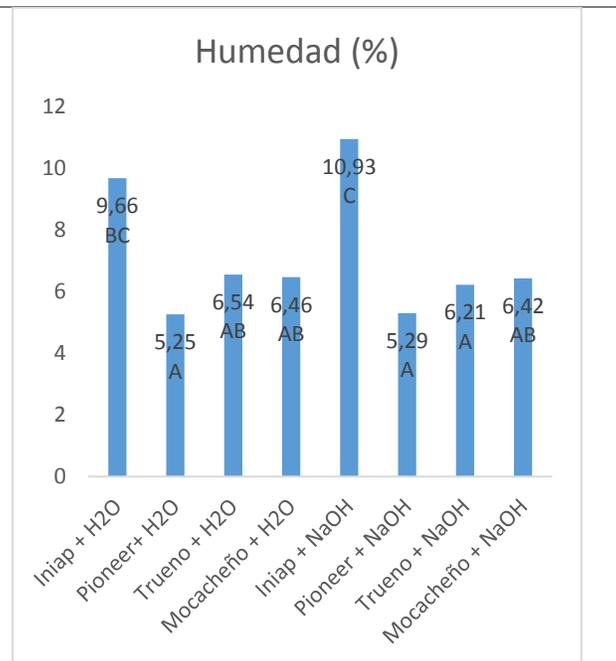
**Revela.** 1.- contenido de almidón ( $B = 7,20667$ ;  $A = 121,615$ ) 2.- Proteína ( $B = 2,18208$ ;  $A = 2,20683$ ) 3.- fibra ( $B = 0,924917$ ;  $A = 0,93775$ ) 4.- humedad ( $B = 6,9775$ ;  $A = 7,2375$ ) 5.- ceniza ( $B = 0,86$ ;  $A = 0,8775$ ) 6.- acidez titulable ( $B = 0,699167$ ;  $A = 0,710833$ ) 7.- pH ( $B = 3,905$ ;  $A = 3,97667$ ).



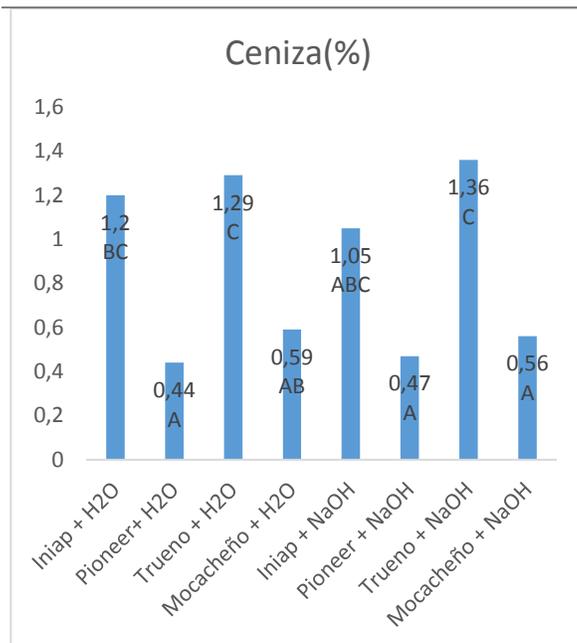


En la figura N°4 se muestran los valores de tukey ( $p < 0.05$ ) considerando dos métodos de extracción. En el contenido de almidón existe diferencia significativa en cuanto a los dos métodos de extracción, siendo el método de extracción por agua el que presenta mayor contenido de almidón (121,615), en cuanto a proteína, fibra, humedad, ceniza, acidez titulable y pH no se registró diferencias significativas entre los dos métodos estudiados.

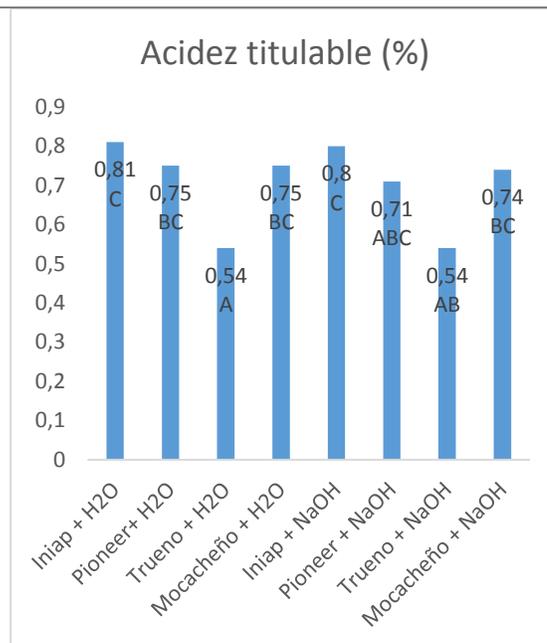
## 4.1.8.3 Prueba de significancia de Tukey de la interacción AxB.

**Figura 5** Prueba de significancia de Tukey de la interacción AxB.**1.C. almidon****2. Proteína****3. Fibra bruta****4. Humedad**

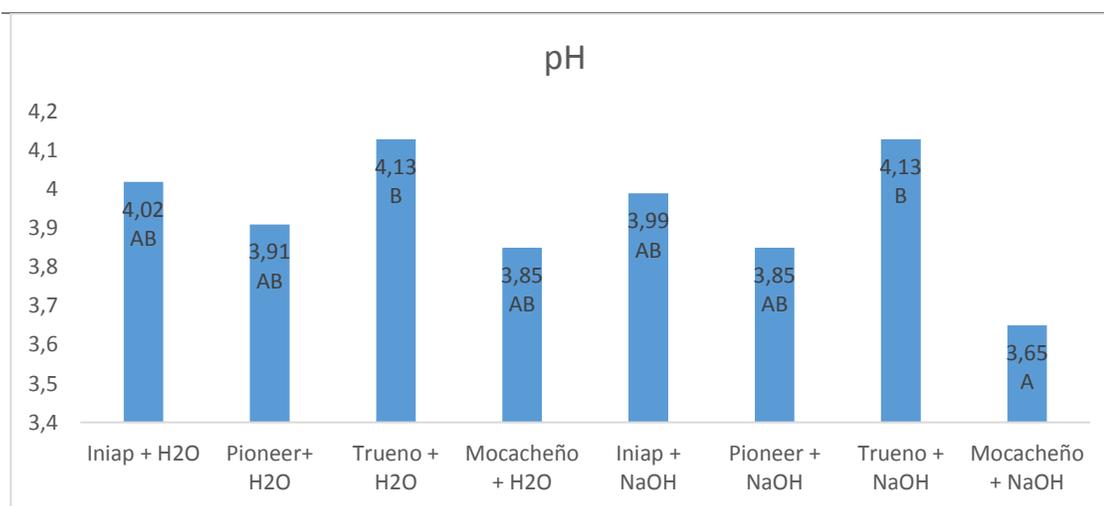
## 5. Ceniza



## 6. Acidez titulable



## 6. pH



Se determinó diferencia significativa en cuanto a la cantidad de almidón, siendo la variedad mocacheño, extraído por el método con agua la que presenta mayor contenido (143,47), en el contenido de proteína la que posee el valor más alto es el maíz mocacheño extraída por los dos métodos (3,38)(3,25), en cuanto al contenido de fibra la variedad trueno extraída por H2O y NaOH son las que más contenido poseen (1,10)(1,06), en humedad la variedad Iniap con NaOH reporto el contenido más alto ( 10,93), en cenizas

el tratamiento con valor más alto es el de la variedad trueno extraído por H<sub>2</sub>O y NaOH (1,29) (1,36), en pH la variedad trueno extraída con NaOH y H<sub>2</sub>O fueron las que presentaron valores más altos (4,13)(4,13), y en acidez titulable la variedad Iniap extraído por H<sub>2</sub>O y NaOH fueron los que presentaron os valores más altos (0,81)(0,80), ver figura N° 5.

#### 4.2 Extracción de grasa.

Tabla 26. Análisis de varianza del porcentaje de grasa de cada variedad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:variedades	2,51326	3	0,837753	2,27	0,1249
B:metodo de extracción de grasa	44,9279	1	44,9279	121,88	<b>0,0000</b>
C:repeticiones	0,272946	2	0,136473	0,37	0,6971
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	4,33384	3	1,44461	3,92	<b>0,0318</b>
RESIDUOS	5,16086	14	0,368633		
TOTAL (CORREGIDO)	57,2088	23			

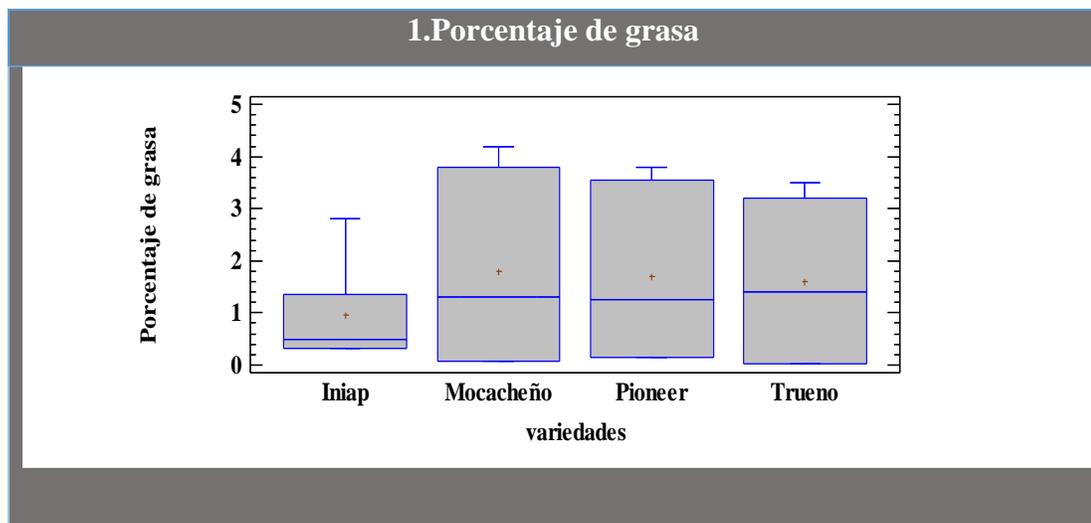
En los resultados de la tabla 26 se puede observar que no existe diferencia significativa en el factor A (variedades), sin embargo existe diferencia significativa en el factor B (método de extracción de grasa) y en la interacción AB.

#### 4.2.1 Prueba de significancia de Tukey

##### 4.2.1.1 Resultados con respecto al Factor A (variedades)

**Figura 6.** Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre las variedades: (A) Iniap, (B) Pioneer, (C) trueno, (D) mocacheño.

**Revela.** 1.- Porcentaje de grasa ( $A=0,96$ ;  $C=1,58883$ ;  $B=1,68833$ ;  $D= 1,79$ )

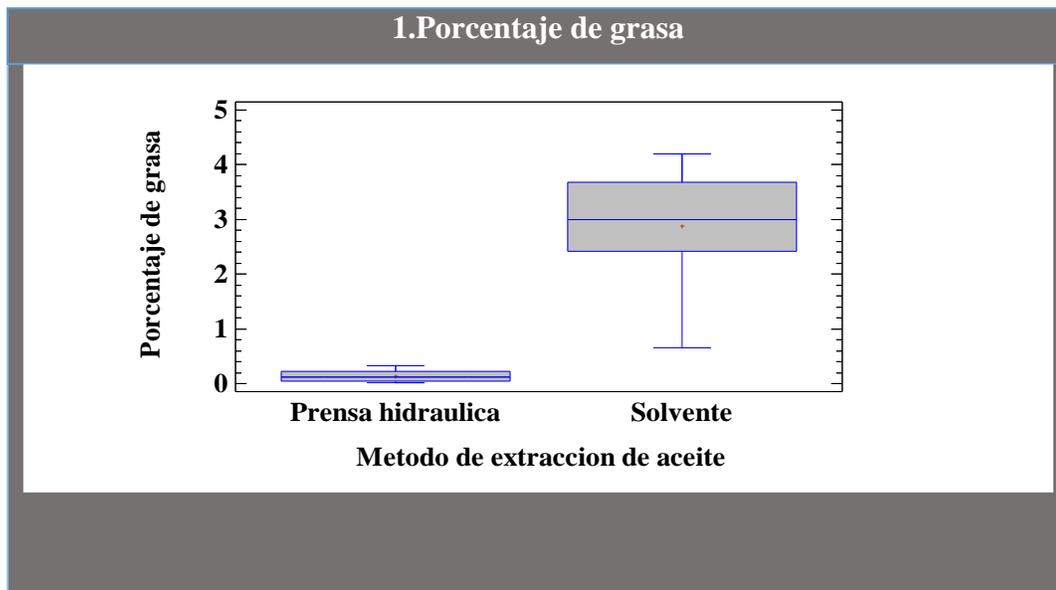


La figura N° 6, se puede observar que no existe diferencia significativa en el contenido de grasa entre las variedades: Trueno, Pioneer, Mocacheño e Iniap.

#### 4.2.1.2 Resultados con respecto al Factor B (métodos de extracción de grasa)

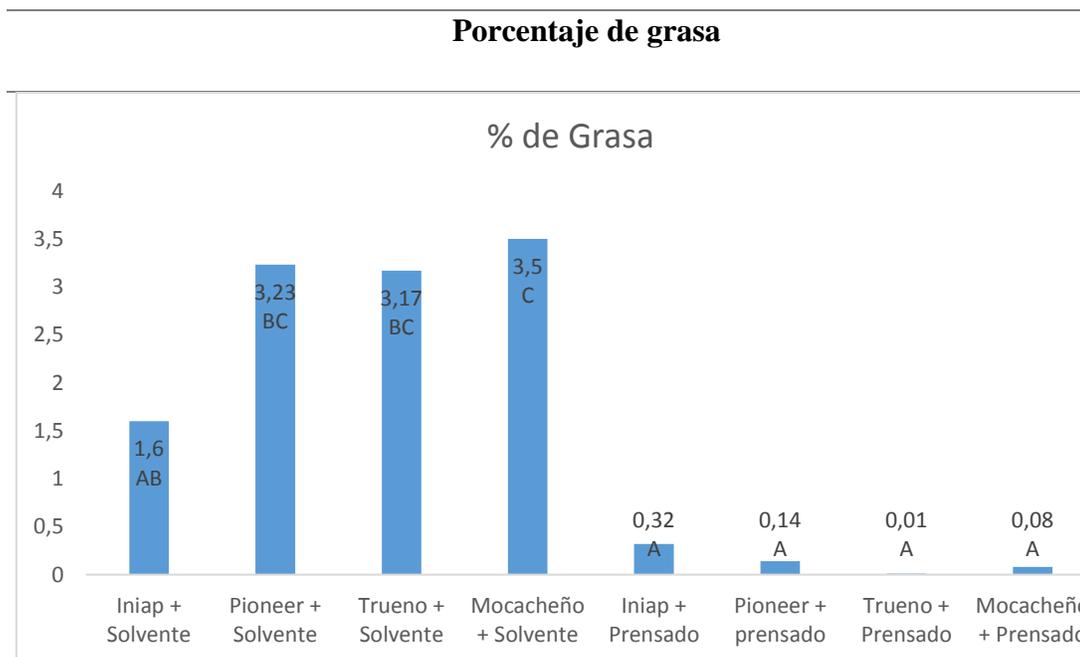
**Figura 7.** Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre métodos de extracción de grasa: (A) solvente, (B) prensa hidráulica.

**Revela.** 1.- Porcentaje de grasa ( $A=2,87$ ) ( $B=0,138583$ )



Se observa con respecto a los valores de tukey ( $p < 0.05$ ) que el método por solvente se extrajo más grasa que por el método de prensado (Ver Figura 7).

## 4.2.1.3 Prueba de significancia de Tukey de la interacción AxB

**Figura 8.** Prueba de significancia de Tukey de la interacción AxB

La figura N° 8 (Tukey  $p < 0.05$ ). Determinó diferencia significativa en cuanto al porcentaje de grasa, siendo la variedad mocacheño, extraído por el método de solvente la que presenta un mayor porcentaje de grasa (3,50).

## 4.3 Resultados de un laboratorio acreditado bajo norma ISO/IEC 17025.

Tabla 27. Análisis de varianza para SEMM-FQ PROTEINA (AOAC 2001.11), considerando las variedades: Pioneer, Mocacheño, Trueno, Iniap H-551

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrad o Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:VARIEDAD	2.4903	3	0.8301	33204.00	<b>0.0000</b>
B:Repeteicion	0.00005	2	0.000025	1.00	0.4219
RESIDUOS	0.00015	6	0.000025		
TOTAL (CORREGIDO)	2.4905	11			

En los resultados de la tabla 27 se puede observar que existe diferencia significativa en el contenido de proteína de las cuatro variedades en estudio, en tanto que en las repeticiones no existen diferencias significativas.

Tabla 28 Análisis de varianza para SEMM-FQ GRASA (AOAC 920.39) considerando las variedades: Pioneer, Mocacheño, trueno, Iniap H-551

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:VARIEDAD	25071.0	3	8357.0	33428.00	<b>0.0000</b>
B:Repeticiones	0.5	2	0.25	1.00	0.4219
RESIDUOS	1.5	6	0.25		
TOTAL (CORREGIDO)	25073.0	11			

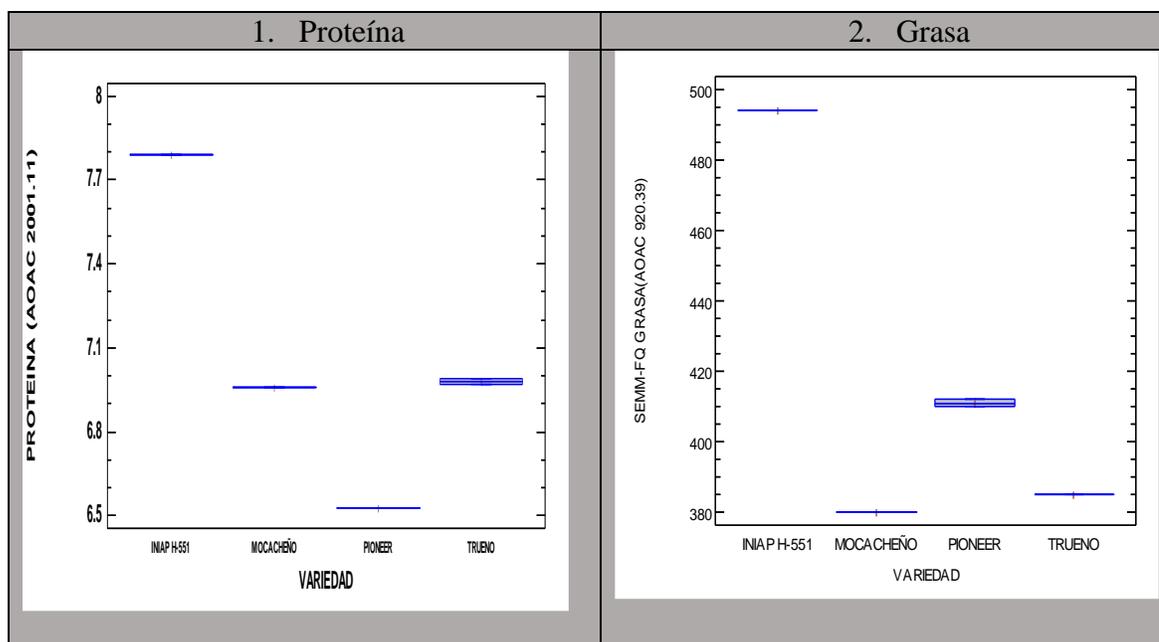
Observando la tabla 28 se aprecia que existe diferencia significativa en el contenido de grasa de cada variedad, mientras que en las repeticiones no se observa diferencia significativa.

#### 4.4 Prueba de significancia de tukey

##### 4.4.1 Resultados con respecto al contenido de proteína de cada variedad

**Figura 9** Resultados obtenidos al aplicar la prueba de tukey ( $p < 0.05$ ) entre variedades y repeticiones para determinar el contenido de proteína y grasa de cada variedad en estudio

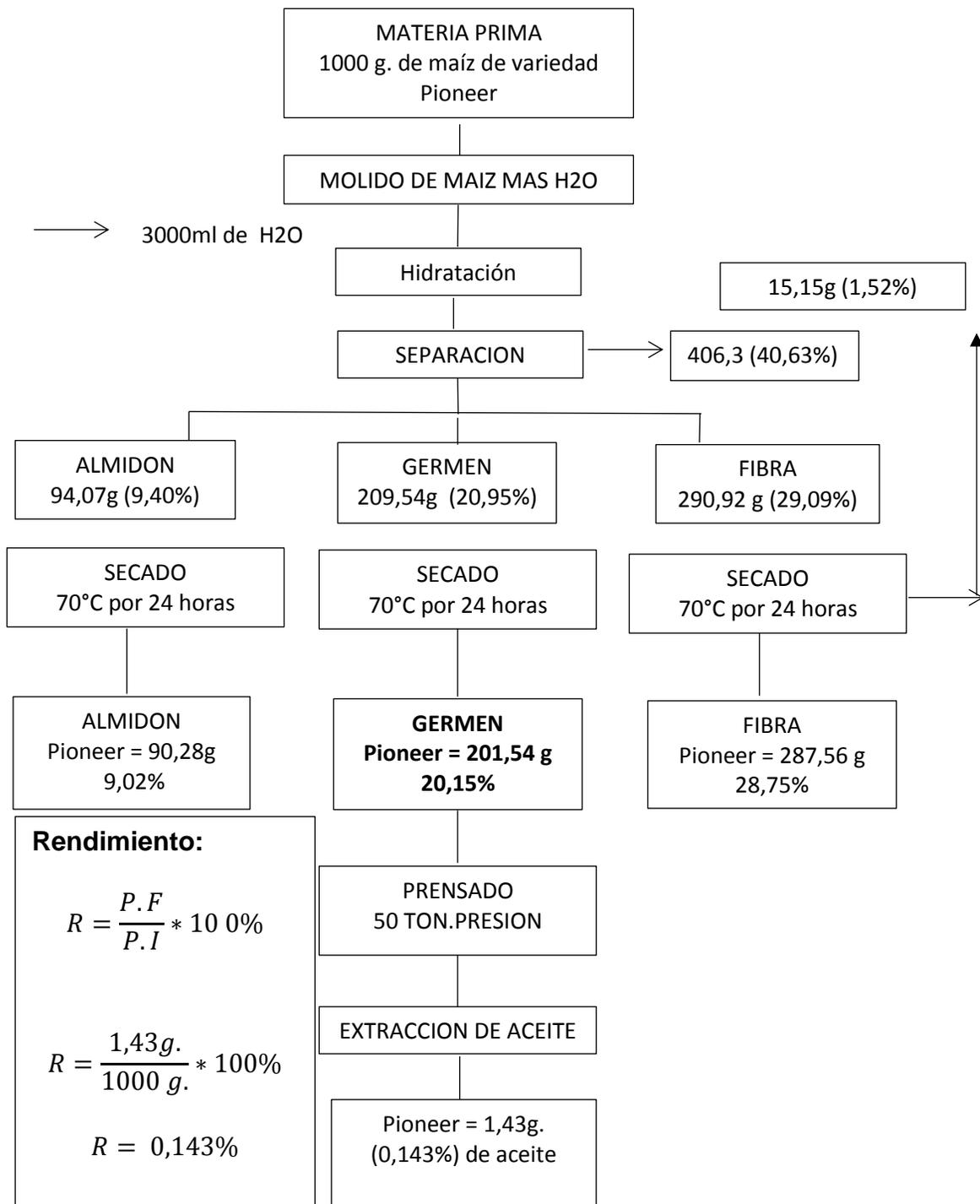
**Revela.** 1.- Porcentaje de Proteína (Iniap H-551= 7,79; trueno = 6,97; Mocacheño=6,96; Pioneer= 6,53), Porcentaje de grasa (Iniap H-551=4,94; Pioneer =4,10; trueno =3,85; Mocacheño =3,80)



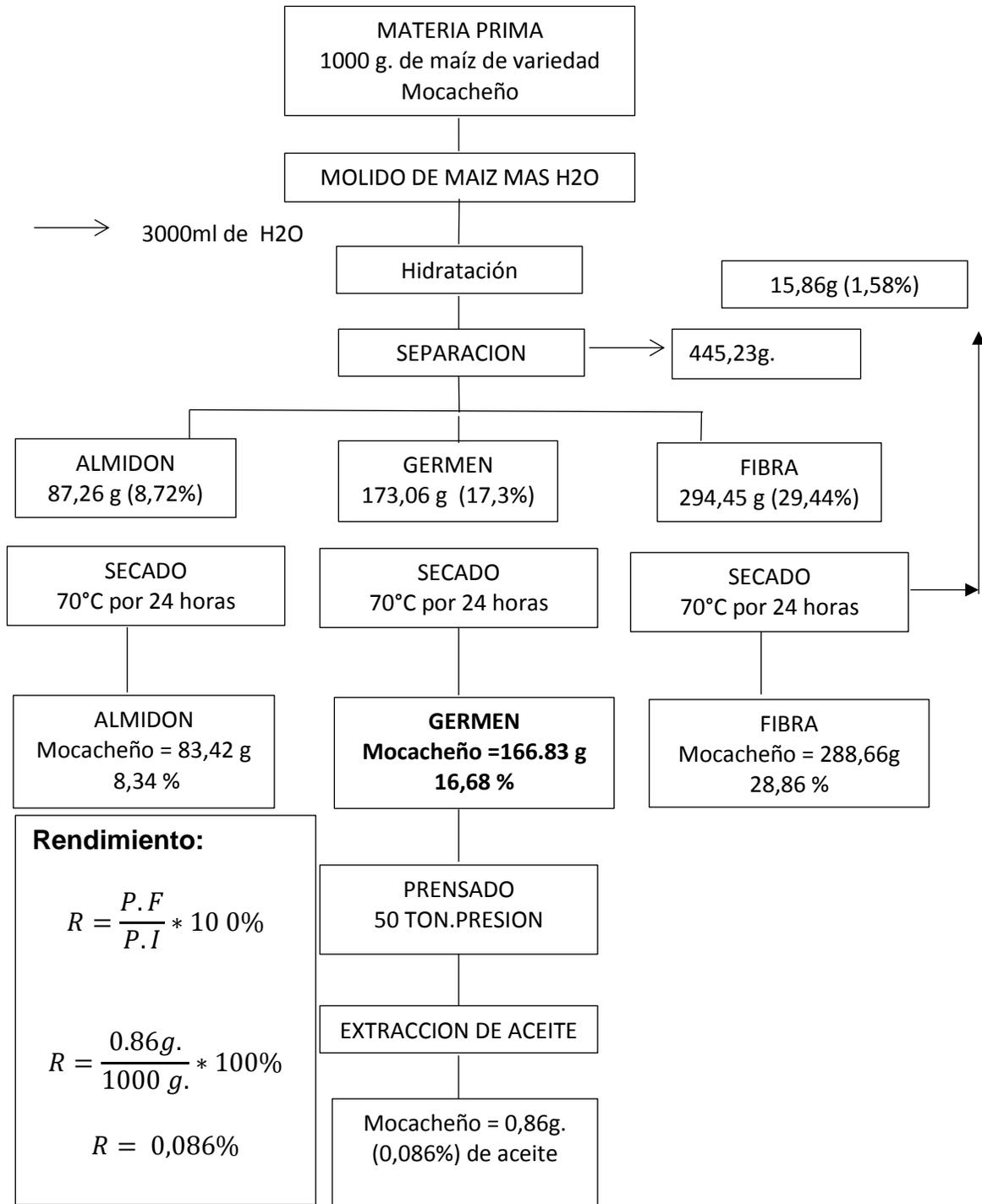
La figura N°9 muestra valores de Tukey ( $p < 0.05$ ) de los niveles de las variables evaluadas. En las se observa que existe diferencia significativa en cuanto al contenido de proteína de cada variedad siendo la variedad Iniap (7,79) la que presenta mayor contenido proteico y la Pioneer la que presenta los valores más bajos(6,53). Además se observa el contenido de grasa que posee cada variedad de maíz, siendo la variedad Iniap la que presenta los valores más altos (4,94) y la variedad mocacheño es la que presento valores más bajos (3,80).

#### 4.5 Resultados del proceso de extracción de aceite por prensado hidráulico.

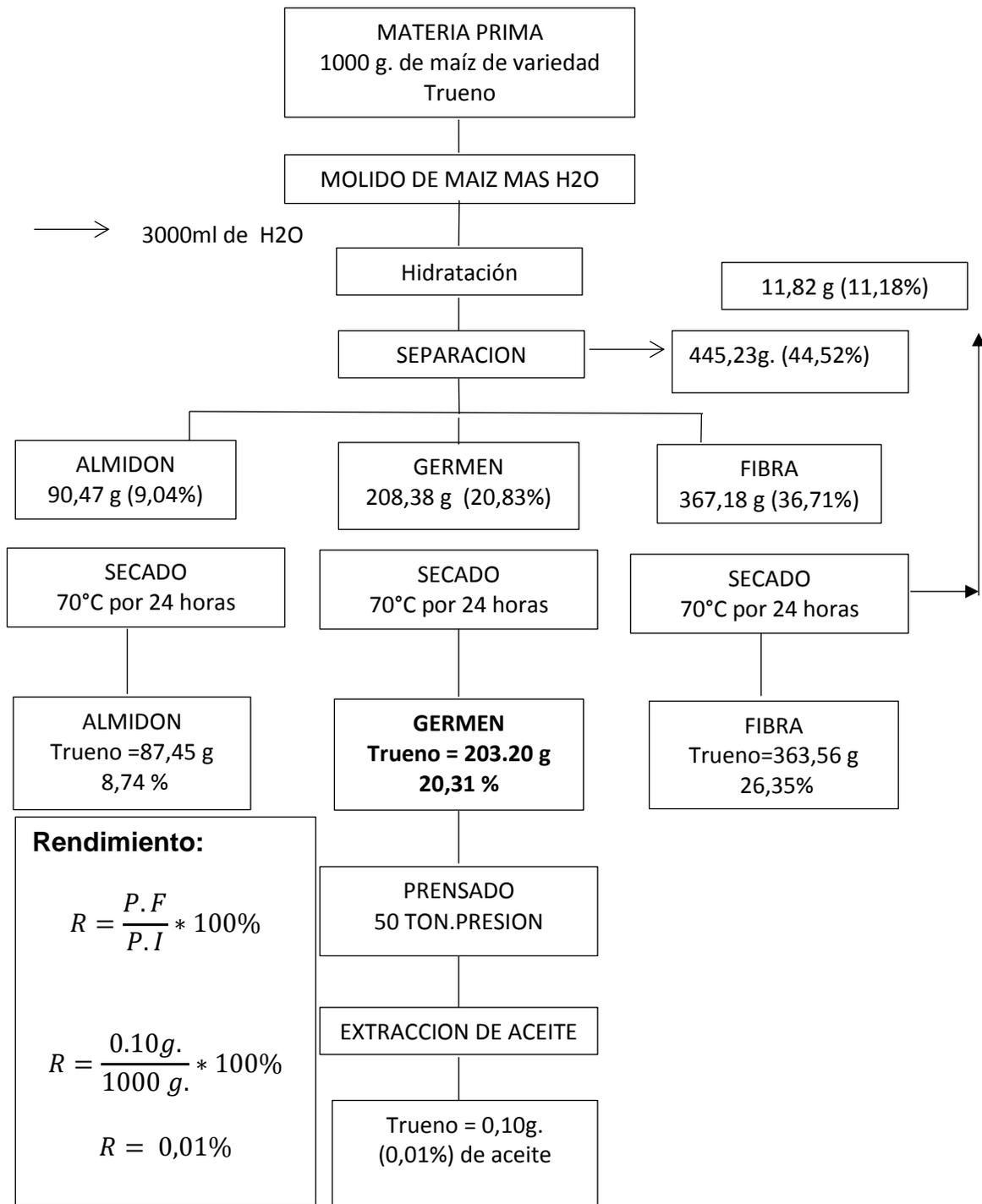
##### 4.5.1 Resultado del proceso de extracción de aceite en la variedad Pioneer



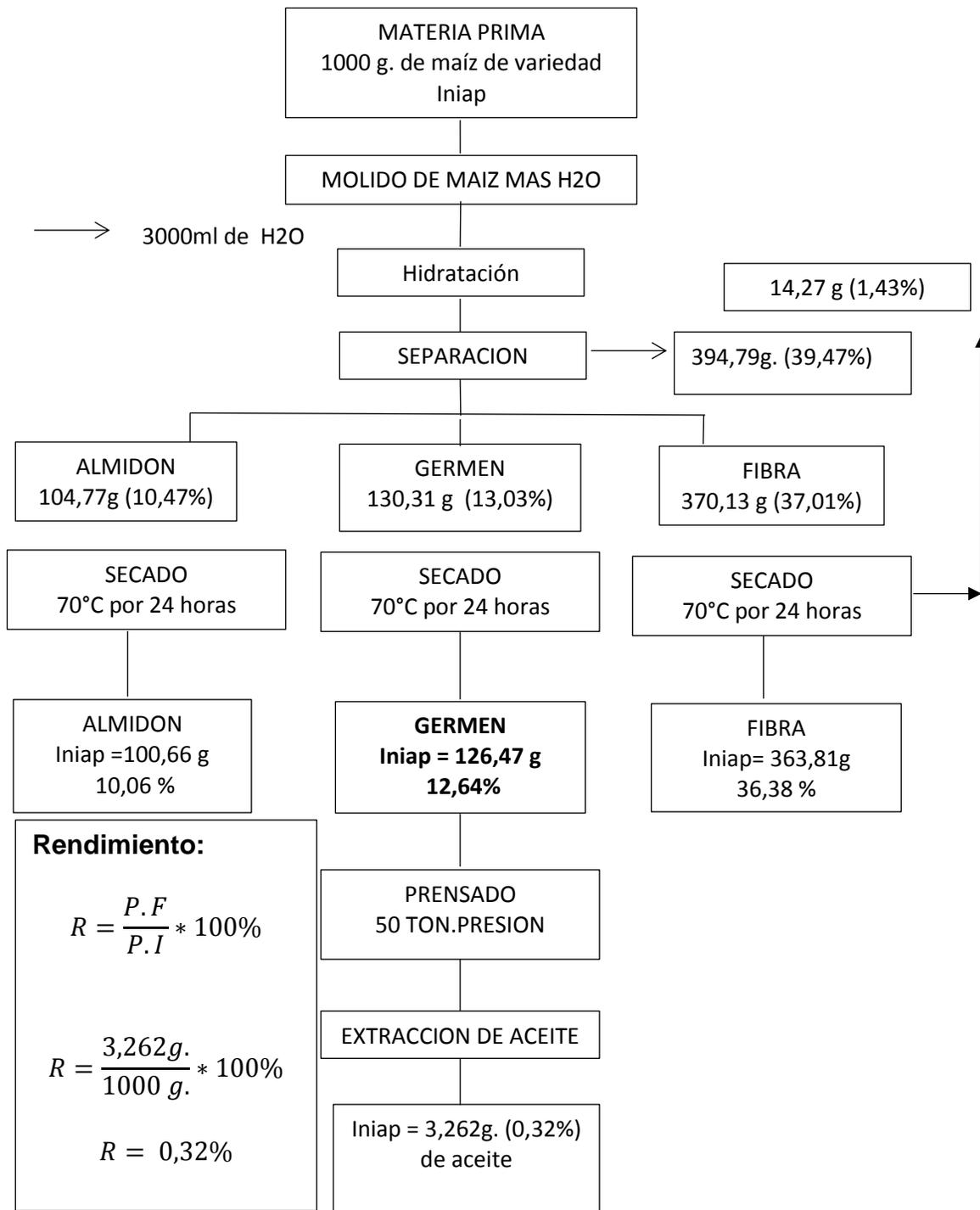
## 4.5.2 Resultado del proceso de extracción de aceite en la variedad Mocacheño



## 4.5.3 Resultado del proceso de extracción de aceite en la variedad Trueno



## 4.5.4 Resultado del proceso de extracción de aceite en la variedad Iniap



## 5. DISCUSION

### 5.1 Extracción de almidón

#### 5.1.1 Discusión con relación al Factor A (Variedades de maíz).

En cuanto al contenido de almidón se observa que existe diferencia significativa entre las cuatro variedades de maíz estudiadas, siendo la variedad mocacheño la que genere mayor cantidad (143,47g), este valor en porcentaje representa un 71,73 % , el cual se encuentra relacionado con lo que se mencionado en la tabla 1. (T. T. Benitez, 2008), en el que menciona que el porcentaje de almidón de un granos de maíz es de 71,5%, es decir que probablemente delas cuatro variedades en estudio la variedad mocacheño es la más óptima para la obtención de almidón. En cuanto al contenido de proteína se observan valores de trueno=1,14067; Iniap=1,48333; Pioneer= 2,82333; Mocacheño =3,38, por lo cual existe una diferencia significativa entre las cuatro variedades, siendo la mocacheño la que presente mayor contenido de proteína, pero en si estos valores no guardan relación con lo mencionado por (C. guadalupe Benitez, 2006), en la que menciona que el contenido de proteína de un grano de maíz debe oscilar entre 8-11% del peso del grano. En cuanto al contenido de humedad se apreció valores de Pioneer= 5,24667; mocacheño =6,46; trueno=6,54; Iniap= 9,66333 por lo que la variedad que posee mayor contenido de humedad es la variedad mocacheño, en cuanto al contenido de ceniza se registraron valores de Pioneer=0,436667; mocacheño = 0,59; Iniap= 1,19667; Trueno= 1,28667 siendo a variedad trueno la que se encuentra con valores más elevados y la que guarda mayor relación con el valor de 1,42 mencionado por (T. T. Benitez, 2008) en su investigación. En cuanto al contenido de pH e aprecian valores de Mocacheño = 3,85; Pioneer = 3,91333; Iniap =4,01667; Trueno = 4,12667, siendo la variedad mocacheño la más acida en relación a las otras variedades estudiadas.

#### 5.1.2 Discusión con relación al Factor B (Métodos de extracción de almidón)

En lo que respecta al rendimiento de contenido de almidón proveniente del método de extracción de agua presento un valor mayor ( $P \leq 0,05$ ) que el método de extracción por NaOH, esta diferencia puede estar asociada a que en el tratamiento alcalino los granos de maíz fueron desgrasados y el hidróxido de sodio puede actuar como agente saponificable, produciendo dificultades en la extracción de almidones esto según lo menciona (Medina et al., 2010) en su investigación ” Evaluación de dos métodos de extracción de almidón

a partir de cotiledones de mango”. En cuanto a los valores de proteína, humedad, fibra, ceniza, acidez titulable, pH no se registró diferencia significativa.

### 5.1.3 Discusión con relación a la interacción AxB

En lo que respecta a la interacción AxB se observa que existe diferencia significativa mostrándose claramente que el tratamiento de extracción de agua con la variedad mocacheño fue el que mayor contenido de almidón género cumpliéndose lo que menciona en la tabla 1. (T. T. Benitez, 2008) que el maíz posee 71,5% de almidón, en cuanto al contenido de proteína el que mayor contenido presenta es el extraído con H<sub>2</sub>O y en la variedad mocacheño a pesar de no cumplir con el valor optimo que menciona C. guadalupe Benitez, 2006 el cual menciona en su investigacion que el rango optimo es de 8-11, en proteina el mejor tratamiento es el de la variedad mocacheño extraido con H<sub>2</sub>O(3,38), en lo que respecta al contenido de fibra(1,10) H<sub>2</sub>O;(1,06) NaOH, ceniza(1,29) H<sub>2</sub>O; (1,36)NaOH y pH (4,13), la variedad que presento valores mas altos fue la trueno extraida por los dos metodos.

Los resultados de proteína obtenidos en esta investigación no guardan relación, con los mencionado en la literatura debido a que se realizó el análisis de proteína del almidón mas no del grano de maíz por tal motivo se realizó un análisis de proteína del grano en sedlaboratory (laboratorio acreditado bajo norma ISO/IEC 17025) a fin de poder contrastar los resultados, los cuales generaron los siguientes resultados Iniap = 7,79; Trueno = 6,97; Mocacheño = 6,96; Pioneer = 6,53, corroborando así lo mencionado por (C. guadalupe Benitez, 2006) el cual menciona que el contenido de proteína de un grano de maíz oscila entre el 8 al 11%, y siendo en este caso la variedad Iniap la que genere mayor contenido de proteína.

## 5.2 Extracción de grasa

### 5.2.1 Discusión con relación al Factor A (Variedades de maíz).

En lo que respecta al porcentaje de grasa de cada variedad, se observa que no existe diferencia significativa en ninguna de las cuatro variedades, y además ninguna llega a lo establecido por (C. guadalupe Benitez, 2006) quien en su investigación menciona que el grano de maíz debe tener un porcentaje de grasa de 3-18% dependiendo de la genética de la variedad.

### 5.2.2 Discusión con relación al Factor B (Métodos de extracción de grasa).

En lo que respecta al porcentaje de grasa el método de extracción, por solvente presento un valor mayor ( $P \leq 0,05$ ) que el método de extracción por prensado hidráulico esto posiblemente puede deberse a lo mencionado por (Miranda, 2015) en donde menciona que la extracción de grasa por solvente favorece las características funcionales del aceite como la retención de agua y la estabilidad de emulsión, mientras que el método de prensado hidráulico genera bajo rendimientos en cuanto a la producción de aceite.

### 5.2.3 Discusión con relación a la interacción AxB.

En cuanto a la interacción AxB entre las variedades extraídas mediante el método de prensado hidráulico no tienen diferencia significativa, por lo que existe una igualdad presentando así estos los valores más bajos, comprobando así lo mencionado por Miranda, 2015, el cual menciona que el método de extracción por prensado hidráulico genera bajo contenido de grasa, en relación al método de extracción por solvente, el cual en interacción con variedad mocacheño genera el mejor tratamiento de las variedades en estudio.

Por lo tanto el contenido de grasa obtenida en los resultados guardan relación con los resultados generados por sedlaboratory (laboratorio acreditado bajo norma ISO/IEC 17025), el cual genero los siguientes resultados de grasa: Iniap =4,94; Pioneer= 4,10; Trueno 3,85; Mocacheño 3,80 , esto en contraste con los datos de extracción de grasa por solvente no existe diferencia significativa mientras que por el método de extracción por prensado si existe diferencia significativa.

## 6. CONCLUSIONES

### 2.1 Almidón de maíz

- En el factor A (variedad), con respecto al contenido de almidón, existió diferencia significativa, por lo que se acepta la hipótesis nula en la que se menciona que las variedades no poseen la misma cantidad de almidón y se concluye que las variedades poseen diferente contenido de almidón, siendo la variedad mocacheño la que genera mayor cantidad tanto en almidón (71,73%) como en proteína (3,38), dentro de las variedades en estudio. En cuanto a fibra la variedad que posee mayor contenido es la trueno (1,10333) por lo que se concluye que es la mejor dentro de las variedades en estudio, en humedad la variedad que presentó mayor contenido es a Iniap (9,66333) concluyendo que esta es la mejor dentro de las variedades en estudio, en ceniza la variedad que presentó un valor más alto es la trueno (1,28667) concluyendo que es la mejor variedad en este aspecto, en cuanto a pH la variedad mocacheño resultó ser la que presente características de mayor acidez.
- En el factor B (métodos de extracción de almidón), con respecto al contenido de almidón, existió diferencia significativa en los dos métodos concluyendo así que el mejor método para obtener almidón de maíz es por el método por H<sub>2</sub>O (121,615), debido a que es más rentable y menos complicado en relación al método por NaOH, en cuanto al contenido de proteína, fibra, humedad, ceniza, acidez, pH no se registró diferencia significativa entre los métodos de extracción.
- En la interacción AxB, existe diferencias significativas en todas las interacciones concluyendo así que el mejor tratamiento para extraer almidón es de la variedad mocacheño extraída con agua, ya que genera mayor cantidad de almidón y el método es más sencillo y eficiente.

## 2.2 Porcentaje de grasa

- En el factor A (variedades), con respecto al porcentaje de grasa, no existe diferencia significativa entre variedades, por lo que se concluye que el porcentaje de grasa en cada variedad tiende a guardar cierta relación como lo menciona (C. guadalupe Benitez, 2006) que el porcentaje de grasa de un grano de maíz debe estar entre el 3 al 18%.
  - En el factor B ( métodos de extracción de grasa), con respecto al porcentaje de grasa, existió diferencia significativa en los dos métodos de extracción en estudio, concluyendo que el mejor método para extraer grasa de maíz es por el método de solvente, debido a que con este método se extrae casi todo el aceite dejando 0,5 a 0,7% del aceite residual en la materia prima, mientras que en el prensado hidráulico de queda en el residuo alrededor de 6 a 14% de grasa, motivo por el cual la extracción por solvente se lo considera como más eficiente.
  - En la interacción AxB, existe diferencia significativa en los métodos de extracción por solvente con variedades, mientras que en método de extracción por prensado hidráulico y variedades no existe diferencia significativa, concluyendo así que el mejor método de extracción de grasa en maíz es el método de extracción por solvente en interacción a la variedad mocacheño que es la que genera los valores más altos.
  - Se concluye que para la obtención de almidón y grasa de maíz la variedad que genera mayores rendimientos es la variedad mocaheño y el mejor método de extracción de almidón es con H<sub>2</sub>O y en grasa el mejor método es por solvente.
- En tanto que en composición nutricional como es contenido de proteína tenemos que la variedad mocacheño registra los mejores rendimientos y en contenido de fibra bruta la variedad trueno 1,10 es la que genera mejores rendimientos y además se relaciona con los valores mencionado en la literatura que el contenido de fibra bruta de maíz está en un rango de 2,2.
- En el contenido de proteína y grasa se tiene que la variedad Iniap H-551 es la que posee mayor contenido de estas propiedades , esto debido a que se realizó análisis al grano íntegro y por tal motivo genero los mayores resultados

## 7. RECOMENDACIONES

- En lo que corresponde a las variedades se concluyó que el mejor rendimiento dio con la mocacheño, pero esta al ser una variedad local no es muy tomada en cuenta en la actualidad para el campo de la investigación, se recomienda realizar más estudio sobre esta variedad a fin de conocer que beneficios de consumo puede ofrecer en relación a otras variedades.
- Se recomienda mejor la técnica de extracción de almidón por NaOH, debido a que existe inconvenientes al momento de realizar el lavado del almidón y para bajar el pH del mismo.
- En la extracción de grasa por prensado hidráulico, se recomienda utilizar una prensa que ejerza mayor presión a fin de extraer mayor contenido de aceite.
- Se recomienda volver a realizar esta investigación, pero con otras técnicas de extracción y otras variedades a fin de que existan otras alternativas tanto de extracción como para saber si existe otras variedades que proporcionen mejores resultados.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- AOAC, I. (2000). "Official Methods of Analysis". En Gaithersburg. Gaithersburg,USA: 17ªed.
- Carvajal, N. (10 de noviembre de 2014). *Generalidades del cultivo de maiz*. Obtenido de <http://maiznancycajamaca.blogspot.com/2014/11/1.html>
- FAO. (1993). *El maiz en la nutricion humana*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S00.htm#Contents>
- Medina C, P. A. (2010). *Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango*. Obtenido de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612010000100009](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000100009)
- Rayas, P. (2008). Fibra base de frutas , vegetales y cereales . *Revista Mexicana de agronegocios* .
- (INEN)., I. ecuatorino de normalizacion. (2013a). Harina de origen vegetal. Determinacion de la acidez titulable. Retrieved from <https://archive.org/details/ec.nte.0521.1981>
- (INEN)., I. ecuatorino de normalizacion. (2013b). Harina de origen vegetal. Determinacion de la perdida por calentamiento. Retrieved from <https://archive.org/details/ec.nte.0518.1981>
- Alberto, J., & López, O. (2010). Evaluacion bioagronomica de una variedad y cinco hibridos de maiz duro (.
- Badui, S. (2006). *Quimía de los alimentos* (Pearson Ed). Mexico.
- Bautista, J. C. M. (n.d.). EXTRACCIÓN DE ACEITE DE MAÍZ. Retrieved from <http://es.scribd.com/document/263892592/EXTRACCION-DE-ACEITE-DE-MAIZ-pdf>
- Benitez, C. guadalupe. (2006). El maiz:origen, composicion quimica y morfologia, 7,15-20, 6. Retrieved from [http://fjartnmusic.com/Personal/6o\\_Semestre\\_files/Maiz.pdf](http://fjartnmusic.com/Personal/6o_Semestre_files/Maiz.pdf)
- Benitez, T. T. (2008). *Caracterizacion morfologica y termica del almidon de maiz (Zea Mays) obtenido por deferentes metodos de aislamiento*. Universidad autonoma del estado de Hidalgo. Retrieved from <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/508/Caracterizaci on morfologica y termica almidon de maiz.pdf?sequence=1>
- Brito, M. V. L. (2014). *Analisis de impacto de imcremento de los precios y la produccion de maiz amarillo duro en la provincia de Los Rios durante el periodo 2010-2013*. Universidad politecnica salesiana. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7483/1/UPS-QT05927.pdf>
- Carrera, R. G. O. (2015). *USO DE POLÍMERO A BASE DE ALMIDÓN DE MAIZ Y SU UTILIZACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE CÁPSULAS DURAS PARA VITAMINAS HIDROSOLUBLES*. Universidad de San Carlos Guatemala. Retrieved from [http://www.repositorio.usac.edu.gt/583/1/06\\_3754.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/583/1/06_3754.pdf)
- Delgado, E. N. G. de. (2013). *DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE ALMIDON A PARTIR DE GUINEO MAJONCHO VERDE (Musa sp. Variedad Cuadrado), PARA SU USO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS*. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. Retrieved from

[http://ri.ues.edu.sv/4927/1/Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir del guineo majoncho verde \(musa sp.variedad cuadrado\), para su uso en la industria de alimentos.pdf](http://ri.ues.edu.sv/4927/1/Diseño_y_desarrollo_del_proceso_para_la_extracci3n_de_almid3n_a_partir_del_guineo_majoncho_verde_(musa_sp.variedad_cuadrado),_para_su_uso_en_la_industria_de_alimentos.pdf)

- Fassio, A., Cozzolino, D., Bonjour, V., Pascal, A., Cond3n, F., & Delucchi, I. (2000). *MAÍZ: variabilidad genética y usos alternativos del grano*.
- INIAP. (2014). *INIAP H-551*. Ecuador - Quevedo. Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2884/1/iniapeetpP304.PDF>
- Maize, N., & Yucatan, L. O. F. (2015). Variaci3n en la composici3n del grano entre poblaciones de maíz (, 15–30.
- Medina, C., Paredes, A., Rodr3guez, M. E., Moreno, M., Bel3n-camacho, D., & Garc3a, D. (2010). ALMID3N A PARTIR DE COTILEDONES DE MANGO, 22(1), 67–74.
- Miranda, K. O. C. (2015). *Diseño de una planta para la extracci3n de aceite vegetal comestible de la semilla de chia(Salvia Hispanica) mediante prensado*. Escuela politecnica nacional. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10365/3/CD-6164.pdf>
- Nole, P. patricio. (2012). *evaluaci3n agronomica de ocho hibridos experimentales frente a tres hibridos comerciales de maiz*. Universidad de Loja. Retrieved from [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5198/1/EVALUACI3N AGRON3MICA.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5198/1/EVALUACI3N_AGRON3MICA.pdf)
- Ortega, I. S., & Carril, E. P. (2014). Maíz I ( Zea mays ), 7(2), 151–171.
- Paucar Saldal, S. (2014). *Comportamiento Agronomico de tres Hibridos de Maiz en el canton pueblo viejo. Los rios*.
- YUME, A. P. (2009). *“EVALUACION DE ADAPTACION DE SIETE HIBRIDOS INTRODUCIDOS DE MAIZ AMARILLO (Zea mays L.) EN SUELOS DEL BAJO MAYO, REGION SAN MARTIN*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. Retrieved from [http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/451/1/Alexander\\_Paredes\\_Yume.pdf](http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/451/1/Alexander_Paredes_Yume.pdf)