



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del
título de Ingeniero
Agroindustrial

Proyecto de Investigación

ESTUDIO DE CUATRO VARIEDADES DE *Zea mays L.* (MAÍZ) DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, PARA SU APROVECHAMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE ACEITE PARA LA ALIMENTACIÓN

Autor

Velasco Limones Adriana Gabriela

Director de Proyecto de Investigación

Juan Alejandro Neira Mosquera Ph.D

QUEVEDO – LOS RÍOS - ECUADOR

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Velasco Limones Adriana Gabriela**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____
Adriana Gabriela Velasco Limones
C.C. # 094116179-6



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **PhD. Juan Alejandro Neira Mosquera**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante, **Adriana Gabriela Velasco Limones** realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**ESTUDIO DE CUATRO VARIEDADES DE *Zea mays* L. (MAÍZ) DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, PARA SU APROVECHAMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE ACEITE PARA LA ALIMENTACIÓN**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

PhD. Juan Alejandro Neira Mosquera

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

PhD. Juan Alejandro Neira Mosquera

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de investigación cuyo tema es **“ESTUDIO DE CUATRO VARIEDADES DE *Zea mays* L. (MAÍZ) DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, PARA SU APROVECHAMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE ACEITE PARA LA ALIMENTACIÓN”** presentado por el estudiante VELASCO LIMONES ADRIANA GABRIELA, egresada de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Académico de la Facultad Ciencias de la Ingeniería que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles originalidad en un 92% y similitud 8%, de trabajo investigativo.

Valido este documento para que la mencionada estudiante de la carrera siga con los trámites pertinentes, de acuerdo a lo que establece el reglamento.

Document	TESIS-1.3-lista Adriana .RJAN.docx (D29683352)
Submitted	2017-07-18 10:14 (-05:00)
Receiver	neiramosquera.uteq@analysis.orkund.com
Message	Proyecto de Investigación de la Señorita Adeiana Velasco Show full message

8% of this approx. 33 pages long document consists of text present in 11 sources.

Por su atención deseo significar mis agradecimientos.

Cordialmente;

PhD. Juan Alejandro Neira Mosquera
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACION

Título:

“Estudio de cuatro variedades de *Zea mays L.* (MAÍZ) de la zona de influencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, para su aprovechamiento en la obtención de aceite para la alimentación”

Presentado al Consejo Académico de Facultad Ciencias de la Ingeniería como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.

Aprobado por:

Ing. MSc. Marlene Medina Villacís.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. MSc. Azucena Bernal Gutiérrez.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. MSc. Robert Moreira Macías.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR
2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme cada día, motivarme a ser mejor y haberme permitido culminar este sueño tan anhelado.

A mis padres Aníbal Velasco y Arled Limones por ser mis pilares fundamentales durante mi formación profesional, inculcándome valores y enseñándome que todo esfuerzo vale la pena, sin ellos, esto no hubiera sido posible y a mi familia por siempre brindarme su apoyo en todo momento.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por ser la parte principal en el aprendizaje brindado por todos estos años, otorgándome las herramientas necesarias para esta nueva etapa profesional.

A mis amigos: Alberto, Kelvin, Gissela y Adrián por haberme brindado su amistad y por ser parte esencial durante este proceso.

A mis maestros que compartieron sus conocimientos durante estos años y de quienes aprendí mucho, les estaré eternamente agradecida.

A mi tutor del proyecto de investigación, PhD. Juan Neira M. le agradezco por guiarme durante mis años de estudios y en el paso final de esta etapa, por sus conocimientos compartidos y su apoyo. También agradezco de manera muy cordial al MSc. Vicente Guerrón Troya por haber ocupado parte de su tiempo en llevar a cabo esta investigación.

Adriana Velasco Limones

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación se lo dedico a mis padres por ser siempre el motor en mi vida y mis ganas de ser mejor cada día, es a ellos a quienes les dedico todos mis logros.

A mis abuelitos por las múltiples enseñanzas durante todo mi caminar y el apoyo incondicional en el transcurso de mi formación académica.

Los amo.

Adriana Velasco Limones

RESUMEN

El presente trabajo investigativo está dirigido a la obtención de aceite a partir de cuatro variedades (Iniap H-551; Trueno NB7443; Pioneer 4226 y Mocacheño) de *Zea mays L.* (Maíz), mediante la extracción química y mecánica, con el propósito de evaluar su rendimiento y optimizando el mismo mediante la caracterización fisicoquímica. Se planteó como objetivo: Estudiar las diferentes variedades de *Zea mays L.* (Maíz) de la zona de influencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo para su aprovechamiento en la obtención de aceite para la alimentación, para lo cual, se empleó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial AxB con dos repeticiones, donde en el: Factor A (variedades de maíz) y Factor B (métodos de extracción) y de esta forma determinar las diferencias en cuanto al rendimiento y sus cualidades fisicoquímicas. Para establecer dichos efectos entre los niveles y tratamientos se utilizó una prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). El estudio de los datos se efectuó mediante el programa de paquetes estadísticos STATGRAPHICS, por medio del cual se realizaron análisis de acidez, humedad, densidad y pH. Como complemento de la investigación se efectuaron análisis al grano de maíz (Fibra bruta, Fibra Dietaria, Proteína, Almidón y Grasa) y al almidón (pH, Acidez, Ceniza y Humedad) obtenido en el proceso de extracción de aceite. Los resultados obtenidos indican que la variedad Iniap H-551 presentó un mayor rendimiento, mientras que el aceite obtenido de la variedad Pioneer 4226 extraído mediante el método químico, mostró mejores características químicas siendo el mejor tratamiento.

Palabras claves: Análisis, aceite, extracción, rendimiento, alimentación.

ABSTRACT

The present research work is focused on obtaining oil from four varieties (Iniap H-551, Thunder NB7443, Pioneer 4226 and Mocacheño) from *Zea mays L.* (Maize), using chemical and mechanical extraction, with the purpose of evaluate its performance and optimize it through physicochemical characterization. The objective of this study was: study the different varieties of *Zea mays L.* (Maize) from the area of influence of Quevedo State Technical University in order to take advantage in the obtaining of oil for food, for this purpose, a blocks design was randomly used with factorial AxB arrangement with two repetitions, where in: Factor A (maize varieties) and Factor B (extraction methods) and in this way determine the differences about performance and their physicochemical qualities. To establish these effects between levels and treatments, a Tukey significance test was used ($p < 0.05$). The data analysis was carried out by using the STATGRAPHICS statistical packages program, where analyzes of acidity, humidity, density and pH were carried out. As a complement of the research, there were made maize grain (Crude Fiber, Dietary Fiber, Protein, Starch and Fat) and starch (pH, Acid, Ash and Humidity) analysis and this was acquired in the oil extraction process. The results obtained indicate that the variety Iniap H-551 showed a higher performance, while the oil obtained from the Pioneer 4226 variety extracted by the chemical method, showed better chemical characteristics being the best treatment.

Keywords: Analysis, oil, extraction, performance, feeding.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN ..	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema	5
1.1.3. Sistematización del problema	5
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Justificación	6
1.4. Hipótesis	7
1.4.1. Hipótesis alternativa.....	7
1.4.2. Hipótesis nula.....	7

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Maíz	9
2.2. Composición del grano de maíz.....	9
2.3. Variedades.....	10
2.4. Aceite	12
2.4.1. Definiciones de algunos aceites	12
2.4.2. Aceite de Maíz	13
2.4.3. Valoración nutricional	13
2.5. Extracción	14
2.5.1. Proceso mecánico.....	15
2.5.2. Procedimiento químico con disolventes	15
2.6. Principales referencias de la investigación	15
2.6.1. Efecto del almacenamiento de granos de maíz (<i>Zea mays</i>) sobre la calidad del aceite extraído.....	15
2.6.2. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México.....	16
2.6.3. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central.....	16
2.6.4. FAO. El maíz en la nutrición humana	17
2.6.5. Tratado de Nutrición. Composición y calidad nutritiva de los alimentos	17
2.6.6. Materias primas utilizadas en conejos	18
2.6.7. Normas de Referencia para la Investigación.....	18
2.6.7.1. NTE INEN 0027-2012 (Aceite de maíz. Requisitos)	18
2.6.7.2. NMX-F-030-1985 Alimentos. Aceite comestible puro de maíz. Foods. Edible pure corn oil. Normas mexicanas	18
2.6.7.3. Norma técnica peruana ITINTEC 205.207-1986 (Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial).....	18
2.6.7.4. NTE INEN 1737-1990 (Harina de maíz precocida. Requisitos)	19

2.6.7.5.	Gustav Heess 2013 (Aceite de germen de maíz refinado)	19
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN		20
3.1.	Localización	21
3.2.	Tipos de investigación	21
3.3.	Métodos de investigación	22
3.4.	Fuentes de recopilación e información	22
3.5.	Diseño de la investigación	22
3.5.1.	Factores de estudio.....	23
3.5.2.	Análisis estadístico.....	23
3.6.	Instrumentos de investigación.....	24
3.6.1.	Método de extracción de aceite de maíz	24
3.6.2.	Método de obtención del almidón de maíz	25
3.6.3.	Diagrama de flujo en proceso de obtención de aceite de maíz	26
3.6.4.	Flujograma del proceso de extracción del aceite de maíz.....	27
3.6.5.	Análisis fisicoquímicos	28
3.6.6.	Determinación de Fibra Dietaria.....	30
3.8.	Materiales y equipos	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		32
4.1.	Resultados	33
4.1.1.	Resultados de los análisis realizados al Grano de maíz	33
4.1.2.	Resultados de los análisis realizados al Almidón obtenido a partir del maíz.....	34
4.1.3.	Resultados del Análisis de Varianza de las variables a estudiar.....	34
4.1.4.	Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0.05$) con respecto a los factores de estudio para los análisis fisicoquímicos.....	36
4.1.4.1.	Resultados con respecto al Factor A (variedades de maíz).....	36
4.1.4.2.	Resultados con respecto al Factor B (métodos de extracción).....	38
4.1.4.3.	Resultados con respecto a la interacción $A \times B$	41

4.1.5.	Balance de materia	43
4.1.5.1.	Balance de materia en el proceso de obtención del Aceite	43
4.1.5.2.	Rendimiento del aceite de maíz	44
4.2.	Discusión.....	45
4.2.1.	Discusión de resultados.....	45
4.2.1.1.	Con respecto a los resultados de las interacciones (Variedades de Maíz + Métodos de extracción).....	45
4.2.1.2.	Con respecto al Factor A variedades de <i>Zea mays L.</i> (Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño)	45
4.2.1.3.	Con respecto al Factor B (métodos de extracción) químico y mecánico	46
4.2.1.4.	Con respecto a los análisis realizados al Grano de maíz.....	47
4.2.1.5.	Con respecto a los análisis realizados al Almidón de maíz	48
4.3.	Tratamientos de Hipótesis.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		50
5.1.	Conclusiones	51
5.2.	Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA		53
6.1.	Bibliografía	54
ANEXOS		57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Composición química proximal del grano de maíz	10
Cuadro 2	Materiales y Equipos utilizados en los análisis fisicoquímicos de aceite.....	31
Cuadro 3	Materiales y equipos utilizados en los análisis fisicoquímicos del almidón.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Factores de estudio que intervienen en el proceso de extracción del aceite.....	23
Tabla 2	Esquema de análisis de varianza	23
Tabla 3	Resultados de los análisis efectuados al Grano de maíz.....	33
Tabla 4	Resultados de Determinación de Fibra Dietaria del grano de maíz de la zona de Quevedo, tomando como referencia la variedad Iniap H-551	33
Tabla 5	VARIABLES en estudio del Almidón obtenido a partir del maíz	34
Tabla 6	Análisis de Varianza para pH en aceite	34
Tabla 7	Análisis de Varianza para Acidez en el aceite.....	35
Tabla 8	Análisis de Varianza para Humedad en el aceite	35
Tabla 9	Análisis de Varianza para Densidad en el aceite	36
Tabla 10	Rendimiento en base al peso de la muestra y en base a la Muestra de Germen de cada tratamiento.....	44
Tabla 11	Valores de las medias del Factor A de cada uno de los análisis fisicoquímicos	59
Tabla 12	Valores de las medias del Factor B de cada uno de los análisis fisicoquímicos	59
Tabla 13	Valores de las medias de las interacciones de cada uno de los análisis fisicoquímicos	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1:	Resultados de la diferencia de medias entre las variedades de maíz y los métodos de extracción de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). 1.-pH (DS).....	36
Gráfica 2:	Resultados de la diferencia de medias entre Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). 1.- Acidez (DS); 2.- Humedad (DS).	37

Gráfica 3:	Resultados de la diferencia de medias entre Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). 1.- Densidad (DS).	38
Gráfica 4:	Los resultados de la diferencia de medias entre los métodos de extracción: químico y mecánico de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). 1.- pH (DS)	38
Gráfica 5:	Resultados de la diferencia de medias entre métodos de extracción: químico y mecánico de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). 1.- Acidez (DS); 2.- Humedad (DS).	39
Gráfica 6:	Resultados de la diferencia de medias entre métodos de extracción: químico y mecánico de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). 1.- Densidad (DS).....	40
Gráfica 7:	Representación de las medias de la interacción A×B (Variedades vs Extracción).....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Datos de los análisis realizados a los tratamientos	58
Anexo 2.	Tabla de Medias del Factor A (Variedades de Maíz) y del Factor B (Métodos de extracción).....	59
Anexo 3.	Balance de materia en el proceso de obtención del Almidón.....	60
Anexo 4.	Datos de los análisis de Fibra Dietaria realizados al Grano de Maíz	61
Anexo 5.	Fotos del proceso de extracción mecánica del aceite de maíz.....	62
Anexo 6.	Fotos del proceso de extracción química del aceite de maíz.....	63
Anexo 7.	Fotos del proceso de elaboración de harina de maíz	64
Anexo 8.	Fotos de análisis de laboratorio en el aceite	65
Anexo 9.	Fotos de análisis de laboratorio en la harina.....	66
Anexo 10.	Norma NTE INEN 0027-2012 (Aceite de maíz. Requisitos).....	67

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Estudio de cuatro variedades de <i>Zea mays L.</i> (Maíz) de la zona de influencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, para su aprovechamiento en la obtención de aceite para la alimentación.				
Autor:	Velasco Limones Adriana Gabriela				
Palabras clave:	Análisis	Aceite	Extracción	Rendimiento	Alimentación
Fecha de publicación:	DD-MM-AA				
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2017.				
	<p>Resumen: El presente trabajo investigativo está dirigido a la obtención de aceite a partir de cuatro variedades (Iniap H-551; Trueno NB7443; Pioneer 4226 y Mocacheño) de <i>Zea mays L.</i> (Maíz), mediante la extracción química y mecánica, con el propósito de evaluar su rendimiento y optimizando el mismo mediante la caracterización fisicoquímica. Se planteó como objetivo: Estudiar las diferentes variedades de <i>Zea mays L.</i> (Maíz) de la zona de influencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo para su aprovechamiento en la obtención de aceite para la alimentación, para lo cual, se empleó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial AxB con dos repeticiones, donde en el: Factor A (variedades de maíz) y Factor B (métodos de extracción) y de esta forma determinar las diferencias en cuanto al rendimiento y sus cualidades fisicoquímicas. Para establecer dichos efectos entre los niveles y tratamientos se utilizó una prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). El estudio de datos se efectuó mediante el programa de paquetes estadísticos STATGRAPHICS, por medio del cual se realizaron análisis de acidez, humedad, densidad y pH. Como complemento de la investigación se efectuaron análisis al grano de maíz (Fibra bruta, Fibra Dietaria, Proteína, Almidón y Grasa) y al almidón (pH, Acidez, Ceniza y Humedad) obtenido en el proceso de extracción de aceite. Los resultados obtenidos indican que la variedad Iniap H-551 presentó un mayor rendimiento, mientras que el aceite obtenido de la variedad Pioneer 4226 extraído mediante el método químico, mostró mejores características químicas siendo el mejor tratamiento.</p> <p>Abstract: The present research work is focused on obtaining oil from four varieties (Iniap H-551, Thunder NB7443, Pioneer 4226 and Mocacheño) from <i>Zea mays L.</i> (Maize), using chemical and mechanical extraction, with the purpose of evaluate its performance and optimize it through physicochemical characterization. The objective of this study was: study the different varieties of <i>Zea mays L.</i> (Maize) from the area of influence of Quevedo State Technical University in order to take advantage in the obtaining of oil for food, for this purpose, a blocks design was randomly used with factorial AxB arrangement with two repetitions, where in: Factor A (maize varieties) and Factor B (extraction methods) and in this way determine the differences about performance and their physicochemical qualities. To establish these effects between levels and treatments, a Tukey significance test was used ($p < 0.05$). The data analysis was carried out by using the STATGRAPHICS statistical packages program, where analyzes of acidity, humidity, density and pH were carried out. As a complement of the research, there were made maize grain (Crude Fiber, Dietary Fiber, Protein, Starch and Fat) and starch (pH, Acid, Ash and Humidity) analysis and this was acquired in the oil extraction process. The results obtained indicate that the variety Iniap H-551 showed a higher performance, while the oil obtained from the Pioneer 4226 variety extracted by the chemical method, showed better chemical characteristics being the best treatment.</p>				
Descripción:	85 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URI:	<u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u>				

INTRODUCCIÓN

El propósito principal de este trabajo fue evaluar cuatro variedades (Iniap H-551; Trueno NB7443; Pioneer 4226 y Mocacheño) de *Zea mays L.* (Maíz) de la zona de influencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, para la obtención de aceite y de esta manera determinar la variedad que aporte un mayor rendimiento. El aceite de maíz juega un rol importante en la dieta humana porque aporta gran cantidad de energía, ácidos grasos (AG) esenciales y vitamina E. Contribuye con AG poliinsaturados que favorecen el control de los niveles de colesterol y la disminución de la presión sanguínea. Es un aceite muy digerible que provee 9 Kcal/gramo. La FAO y la OMS recomiendan incorporar un 2 a 4% de la energía total bajo la forma de AG esenciales [1].

Zea mays L. (Maíz), es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y desde hace poco también combustible. Botánicamente el maíz pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual [2].

El grano de maíz tiene 3 a 5 % de aceite, del cual 25–30 % está en el germen. De los AG en el grano de maíz, el oleico (24 %) mono-insaturado y el linoleico de la familia Omega 3 (62 %) son los mayoritarios. Estos AG ayudan a mantener bajos niveles de grasas en las arterias y son importantes en el crecimiento infantil y desarrollo neurológico [3].

El maíz es importante como planta oleaginosa, aunque el aceite de germen de maíz es muypreciado en términos fisiológicos nutricionales por su contenido en ácido palmítico y, principalmente, por su contenido en ácido alto oleico y linoleico (hay grandes variaciones de un área de cultivo a otra en el contenido de ácido linoleico). El aceite de germen de maíz se obtiene a partir de las semillas de *Zea mays L.* (Gramineae) mediante presión (aceite de germen de maíz prensado en frío) o por extracción, y se refina posteriormente (aceite de germen de maíz refinado). El aceite se obtiene como un subproducto del proceso mediante el cual el maíz es transformado en almidón [4].

El almidón es el principal componente del grano de maíz (*Zea mays L.*) y por tanto influye mucho en la funcionalidad como ingrediente en los diferentes usos de la industria alimentaria. El almidón existe como gránulos discretos con diferentes formas, tamaños, y composición, en función del genotipo de maíz. Las propiedades específicas del almidón en cada genotipo, afectan características como textura, volumen, consistencia, humedad y la vida de anaquel de los alimentos [5].

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Diagnóstico

El maíz es uno de los cultivos más importantes del Ecuador, sin embargo acarrea varios daños, durante su etapa de desarrollo, por los múltiples problemas que se suelen presentar, tales como: deficiencia de nitrógeno, fósforo, potasio, presencia de plagas o problemas climáticos, que impiden un buen desarrollo y ocasiona pérdidas considerables al agricultor.

Entre las desventajas del uso de maíces híbridos, se encuentra la reducida área de adaptación, tanto en tiempo como espacio; escasa variabilidad genética que lo hace vulnerable a las malezas; necesidad de obtener semillas para cada siembra y su alto costo; necesidad de tecnología avanzada y uso de insumos para aprovechar su potencialidad genética; bajo rendimiento de forraje y rastrojo [6].

En los últimos años se ha expandido el cultivo de maíces transgénicos, los cuales son sometidos a una modificación genética, ocasionando a largo plazo supuestos riesgos a la salud, tales como: alergias, resistencia a los antibióticos, cáncer, entre otros. El uso de aceites extraídos por calor, es una manera perjudicial que atenta contra la salud, debido a su contenido en grasas LDL que son las causantes de la elevación del colesterol, triglicéridos, problemas al corazón, es decir, acarrea grandes daños.

Pronóstico

La falta de conocimiento acerca de las propiedades de *Zea mays L.* (maíz) y los diferentes métodos de extracción del aceite vegetal, impedirían implementar la agroindustria oleaginosa de maíz y no permitiría aprovechar íntegramente mediante la comercialización de una grasa que no afecte o tenga menor incidencia en la salud del consumidor. El consumo de aceites vegetales extraídos por calor, podrían traer consecuencias severas a largo plazo por un posible perjuicio a quienes lo consumen, debido a su contenido en

grasas LDL, siendo este uno de los causantes de problemas a la salud (corazón, sobrepeso, colesterol, entre otros).

1.1.2. Formulación del problema

¿Por qué el desconocimiento de las propiedades del aceite de *Zea mays L.* (maíz) considerando especies nativas, limita su comercialización y el consumo diario en la dieta?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Qué variedad resulta mejor para la obtención de un aceite vegetal comestible que sea extra virgen?

¿Cuál de los dos métodos (químico y mecánico) es el más adecuado para adquirir un mejor rendimiento en el producto final?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Estudiar cuatro variedades de *Zea mays L.* (maíz) de la zona de influencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo para su aprovechamiento en la obtención de aceite para la alimentación.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la variabilidad en cuanto a características del grano de maíz analizando cuatro variedades (*INIAP-H-551*, *TRUENO NB7443*, *PIONEER 4226*, *MOCACHEÑO*) mediante un análisis químico.

- Estudiar las propiedades oleicas de las variedades de maíz: *INIAP-H-551*, *TRUENO NB7443*, *PIONEER 4226*, *MOCACHEÑO* para la obtención de aceite para la alimentación humana.
- Evaluar dos métodos de extracción (químico y mecánico) para la obtención del aceite de maíz y su efecto en la calidad y rendimiento final.
- Determinar el rendimiento del aceite de maíz a partir de un balance de materiales.

1.3. Justificación

En la Zona de Influencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, actualmente la industria alimentaria está en desarrollo, tratando cada día de situarse en un importante lugar del sistema productivo a fin de contribuir al buen vivir, para ello el Gobierno nacional hace una serie de recomendaciones a fin de lograr el cambio de la matriz productiva con el propósito de generar empleo, mejorar los ingresos de productores y la oferta alimentaria local, mediante el consumo de alimentos seguros y confiables.

El maíz es usado en más formas que cualquier otro cereal; las formas principales en que se utiliza es como alimento humano, ya sea doméstico o industrial; alimento para animales y fermentado para varios productos industriales [7].

El aceite de maíz es considerado como subproducto de la obtención del almidón de maíz. Se usa principalmente en la elaboración de margarinas y mayonesas, y en algunos lugares es muy utilizado como aceite en ensaladas [8].

El uso de aceites vegetales es muy atractivo porque son un producto renovable que requiere de un procesado muy simple, constituido por una etapa de prensado en frío de las semillas y de un refinado posterior [9].

El presente trabajo investigativo tiene como objetivo obtener un aceite de maíz extra virgen a través de una extracción mecánica y por disolvente (éter dietílico), que sea bajo en colesterol de manera que no cause perjuicios en la salud del consumidor. Es decir, encontrar soluciones y generar mejoras en dicho aceite.

A través de este proyecto de investigación se busca generar un mayor impulso en la comercialización del aceite de maíz, aportando ciertas características organolépticas que se asemejen a los aceites de mayor calidad que se encuentran disponibles en el mercado, generando nuevas fuentes de empleo y aprovechando la diversidad de materia prima disponible en la ciudad de Quevedo y las zonas aledañas.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis alternativa

- **Ha:** Las variedades de maíz y los métodos de extracción aplicados para la obtención del aceite, influyen en las características químicas y rendimiento del producto final.

1.4.2. Hipótesis nula

- **Ho:** Las variedades de maíz y los métodos de extracción aplicados para la obtención del aceite, no influyen en las características químicas y rendimiento del producto final.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Maíz

Zea mays L. es una planta gramínea alta, anual, con vainas foliares que se superponen y láminas alternadas anchas. Posee espigas (inflorescencias femeninas encerradas por "chalas") de 7 a 40 cm. de largo y flores estaminadas que, en conjunto, forman grandes panojas terminales o inflorescencias masculinas [10].

Es una fuente importante de elementos nutritivos para los seres humanos, animales y una materia básica de la industria de transformación, a partir de la cual se obtienen almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas y jarabes de glucosa y fructosa [8].

Como alimento se puede usar todo el grano, maduro o no, o bien se puede tratar con técnicas de molienda en seco para obtener productos intermedios, como sémolas y harinas de distintas granulometrías, y como subproductos el germen, a partir del cual se obtiene el aceite comestible de elevada calidad, y la cubierta seminal o pericarpio (salvado), utilizada como alimento para animales y que en los últimos años ha adquirido importancia como fuente de fibra dietética [8].

Existe una amplia diversidad genética en toda la región que ha sido centro de origen del maíz. En México solamente, existen más de 40 razas de maíz, y unas 250 en el resto de América [10].

2.2. Composición del grano de maíz

Las variedades cultivadas fundamentalmente de maíz para la alimentación comprenden el maíz dulce, reventador, dentado, harinoso y cristalino. El maíz harinoso es un grano con endospermo blando que se emplea como alimento en México, Guatemala y otros países de América. El maíz de tipo dentado tiene un endospermo calloso y vítreo a los lados y el núcleo central es blando. El maíz de tipo cristalino posee un endospermo grueso, duro, vítreo, con un centro pequeño, los maíces incluidos en esta conformación son: granuloso y amiláceo (FAO, 1993) [11].

La composición de las diferentes partes del grano se especifica a continuación en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Composición química proximal del grano de maíz

Componente químico	Pericarpio (%)	Endospermo (%)	Germen (%)
Proteínas	3,7	8,0	18,4
Extracto etéreo	1,0	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Valores dados en porcentajes. Fuente: [11]

Es importante resaltar que los porcentajes mostrados en el cuadro anterior son una aproximación general de la composición del grano de maíz, debido a que existen diferencias en la cantidad de nutrientes entre las distintas especies; la variabilidad es debida a diferencias genéticas y ambientales [11].

El grano de maíz tiene 3 a 5% de aceite, del cual 25-30 % está en el germen. De los AG en el grano de maíz, el oleico (24%) mono-insaturado y el linoleico de la familia Omega 3 (62%) son los mayoritarios (Duffus y Slaughter, 1985). Estos AG ayudan a mantener bajos niveles de grasas en las arterias y son importantes en el crecimiento infantil y desarrollo neurológico (Weber, 1991; Ronayne de Ferrer, 2000) [12].

2.3. Variedades

- **Iniap-H-551**

Es un híbrido triple que tiene como padres a tres líneas endogámicas. Estas líneas fueron obtenidas mediante autopolinizaciones sucesivas y provienen de diferentes maíces básicos de amplia base genética y buen potencial de rendimiento [13].

Características de calidad

Tamaño de la mazorca entre 16,5 y 19,5 centímetros. El grano es duro, de color amarillo y textura cristalina, con leve capa harinosa. Contiene 8,55% de proteína; 2,85% de fibra y 7,83% de almidón [14].

▪ **Trueno NB7443**

De acuerdo con AGRIPAC (1998), este material posee las siguientes características:

- Grano anaranjado, semicristalino de tamaño grande y pesado, con altos porcentajes de rendimiento en trilla y un índice de desgrane en promedio de 83% [15].
- Tolerancia a las principales enfermedades: *Helminthosporium*, *Curvularia*, mancha de asfalto y cinta roja, tolerante a acame de raíz y acame de tallo.
- Mayor productividad y rendimiento [15].
- Alta tolerancia al volcamiento [15].
- Mayor número de plantas a cosecha [15].
- Excelente cobertura de mazorca [15].
- Gran potencial genético [15].
- Periodo vegetativo: 52 días promedio a floración, 120 días promedio a cosecha [15].
- Planta con altura promedio con hojas erectas de color verde oscuro, lo cual le permite el establecimiento de altas poblaciones y eficiencia en la captación de luz. Posee un excelente anclaje que le brinda una alta tolerancia al volcamiento [15].

▪ **Pioneer 4226**

Híbrido de maíz con alto potencial de rendimiento, con una excelente calidad de grano y cierre de punta. Las zonas de cultivo son Los Ríos, Guayas, Loja, Imbabura y Manabí. En cuanto al almacenamiento, se debe mantener este producto bajo sombra, sobre pallets y en un lugar fresco [16].

Es un híbrido triple con excelente tolerancia a enfermedades foliares, grano de buen color y sano, ofrece buen rendimiento de grano y forraje. El grano es semi dentado, con endospermo y pericarpio de color amarillo y su mazorca es de forma cónica [17].

- **Mocacheño**

Esta variedad de maíz es autóctona del Cantón Mocache, perteneciente a la provincia de Los Ríos, no se encuentra caracterizada, por lo tanto no se encontró información bibliográfica acerca de ésta. Esto da lugar a nuevas investigaciones que se puedan realizar en cuanto a las distintas características que posea esta variedad, dándole un mayor valor y aportando conocimientos que impulsen al comercio y desarrollo del mismo.

2.4. Aceite

Los aceites vegetales no son volátiles pero son inestables a temperaturas relativamente altas. Aunque los aceites vegetales son triglicéridos o triésteres de glicerina de ácidos grasos diferentes, acompañados de mono y diglicéridos y ácidos grasos libres, que pueden contener fosfolípidos, esteroides libres, tocoles (tocoferoles y tocotrienoles), alcoholes triterpénicos, hidrocarburos y vitaminas solubles en grasa. Los ácidos grasos contribuyen aproximadamente el 95% del peso total de una molécula de triglicérido [18].

2.4.1. Definiciones de algunos aceites

Aceites vírgenes.- Se obtienen, sin modificar el aceite por procedimientos mecánicos y por aplicación únicamente de calor. Podrán haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente [19].

Aceites prensados en frío.- Son obtenidos mediante procedimientos mecánicos únicamente, sin la aplicación de calor. Podrán haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente [19].

2.4.2. Aceite de Maíz

El aceite de maíz juega un rol importante en la dieta humana porque aporta gran cantidad de energía, ácidos grasos (AG) esenciales y vitamina E. Contribuye con AG poliinsaturados (PUFA) que favorecen el control de los niveles de colesterol y la disminución de la presión sanguínea. Es un aceite muy digerible que provee 9 Kcal/gramo. La FAO y la OMS recomiendan incorporar un 2 a 4% de la energía total bajo la forma de AG esenciales. La ingesta de una cucharada diaria de aceite de maíz sería suficiente para satisfacer los requerimientos diarios de AG esenciales de un niño o adulto con buen estado de salud [1].

2.4.3. Valoración nutricional

- **Almidón**

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72-73 por ciento del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3 por ciento del grano [20].

- **Proteínas**

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. Las proteínas de los granos del maíz han sido estudiadas ampliamente, y según Landry y Moureaux (1970; 1982), están formadas por lo menos por cinco fracciones distintas [20].

- **Ácidos grasos**

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18 por ciento. El aceite de maíz goza de gran

reputación a causa de la distribución de sus ácidos grasos, fundamentalmente ácido oleico y linoleico [20].

- **Fibra Dietaria**

Después de los hidratos de carbono (principalmente almidón), las proteínas y las grasas, la fibra dietaria es el componente químico del maíz que se halla en cantidades mayores. Sandstead et al. (1978) hallaron que el salvado de maíz está formado por un 75 por ciento de hemicelulosa, un 25 por ciento de celulosa y 0,1 por ciento de lignina y peso seco. El contenido de fibra dietética de los granos descascarados será evidentemente menor que el de los granos enteros [20].

- **Minerales**

La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente del 1,3 por ciento, sólo ligeramente menor que el contenido de fibra cruda. El mineral que más abunda es el fósforo, en forma de potasio y magnesio, encontrándose en su totalidad en el embrión con valores de aproximadamente 0,90 por ciento en el maíz común [20].

- **Vitaminas**

El grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A, o carotenoide, y la vitamina E. Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, en cantidades que pueden ser reguladas genéticamente, en tanto que el maíz blanco tiene un escaso o nulo contenido de ellos. La mayoría de los carotenoides se encuentran en el endospermo duro del grano y únicamente pequeñas cantidades en el germen [20].

2.5. Extracción

Casi todas las semillas de plantas oleaginosas contienen aceites vegetales. Las semillas se recogen de árboles, plantas o hierbas y después se someten a tratamiento previo antes de la extracción de aceite de sus semillas. Las semillas deben ser limpiadas, secadas a

aproximadamente 90-115 °C y descortezados. En algunos casos, pueden almacenarse con seguridad hasta cuatro años, a un nivel de humedad de 10% [18].

2.5.1. Proceso mecánico

Este es el proceso industrial más antiguo. Hidráulico de prensado y prensado con expulsor son dos tipos de proceso mecánico. El material de siembra se pone a través de un tornillo o una prensa hidráulica para exprimir el aceite y para separar la harina de las proteínas. En el proceso hidráulico, las semillas pre tratadas se envuelven en la prensa y en un principio se comprimen lentamente, aumentando gradualmente la presión a 13,8 MPa. El proceso es lento y tiene baja eficiencia [18].

2.5.2. Procedimiento químico con disolventes

La extracción por solvente es el método más eficiente para la extracción de aceite de las semillas. Ambos se utilizan procesos continuos y por lotes. La velocidad de extracción depende del área de espesor y superficie de los copos o polvo, la temperatura, el disolvente utilizado y el contenido de humedad. La extracción con disolvente puede llevarse a cabo por una percolación o una técnica de inmersión. Los extractores de percolación son más eficiente de los extractores de inmersión, ya que son capaces de manejar una gran cantidad de producto en un espacio limitado [18].

2.6. Principales referencias de la investigación

2.6.1. Efecto del almacenamiento de granos de maíz (*Zea mays*) sobre la calidad del aceite extraído

Se evaluó el efecto del almacenamiento de granos de maíz amarillo (*Zea mays*) sobre la calidad del aceite obtenido del mismo. Se determinaron los parámetros de calidad del maíz al momento de la recepción, los índices de acidez, peróxido, y el color del aceite extraído de granos almacenados en un silo de concreto por 0, 30, 60 y 90 días, utilizando los procedimientos descritos en las normas vigentes en Venezuela. Se encontró un efecto

adverso significativo ($P < 0.05$) del almacenamiento sobre los índices analizados, causado por la humedad e impurezas del grano recibido, así como una deficiencia de 704 m³ min⁻¹ de aire fresco suministrado al silo, lo cual no favorece un adecuado almacenaje. El grano de maíz almacenado durante 90 días produjo incrementos apreciables en el índice de acidez, índice de peróxido y color del aceite crudo obtenido [21].

2.6.2. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México

Se estudió la composición química y comportamiento térmico de veinte híbridos y variedades de maíz, del programa de cruzamiento del INIFAP-Iguala, México. Los granos de maíz semicristalino y cristalino 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⁻¹. Este resultado es importante para el diseño de equipos de cocimiento o tratamientos térmicos del grano de maíz, como en la producción de tortillas [22].

2.6.3. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central

El objetivo del presente estudio fue el de caracterizar las harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano que se comercializan en Centro América por algunas propiedades físicas y químicas que puedan contribuir en conocer su composición química y ser de ayuda a programas de nutrición y de fortificación de alimentos con micronutrientes. Se adquirieron 12 marcas en triplicado de los supermercados en Guatemala, El Salvador y Honduras, muestras que se mantuvieron en refrigeración hasta el momento de su análisis. Los parámetros físicos y resultados fueron: granulometría, con muchas harinas con niveles que no pasan 60 mesh, pH (5.4-7.5), índice de absorción de agua, WAI (3.4-4.0 g gel/g muestra), índice de sólidos en agua, WSI (4.8-7.8 g/100g) y densidad (0.410-0.547 g/ml). Las diferencias entre harinas fueron estadísticamente significativas para todos los parámetros, menos para WAI. Las características químicas

incluyeron humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra dietética. Las diferencias fueron estadísticamente significativas entre harinas con la excepción de la grasa. El contenido de proteína fue bajo, variando entre 6.7 - 8.1 g/100g y el de fibra dietética total entre 7.7-12.0 g/100g en base seca. Las muestras fueron analizadas por ácido fítico con una variación de 632 a 903 mg/100g, siendo las diferencias estadísticamente significativas. Las harinas fueron analizadas por su contenido de hierro total y soluble (pH 7.5), calcio, zinc, fósforo, potasio, magnesio, cobre y manganeso. Las diferencias en el contenido de calcio y hierro entre harinas fueron estadísticamente significativas. La variabilidad física y química entre las harinas de maíz nixtamalizado fue relativamente alta por lo que se recomienda que se establezcan estándares de calidad a través de materia prima y procesamiento, para una mayor efectividad de acciones en fortificación con micronutrientes que se pretenda realizar en el futuro [23].

2.6.4. FAO. El maíz en la nutrición humana

En esta edición se dedica más espacio a la composición química del maíz y la estructura de las proteínas y las fibras dietéticas del cereal; a la calidad y el almacenamiento del grano y los efectos de la cocción alcalina del maíz, y a la preparación de alimentos como tortillas, arepas, entre otros. Se analizan pruebas recogidas sobre la relación entre el consumo de maíz, la niacina ligada y la pelagra, y se destacan las deficiencias de aminoácidos del maíz y los resultados de experimentos llevados a cabo con seres humanos y con animales. También se examina la importancia que tiene el aumento de la calidad proteica del maíz mediante la introducción del gen opaco-2 y su probable contribución a la mejora de la dieta de las poblaciones que consumen maíz, y se propugna la producción comercial de maíz con proteínas de elevada calidad (MPC). Por último, se explica con información actualizada cómo mejorar las dietas a base de maíz conforme al antiguo principio de la nutrición: consumir una dieta equilibrada consistente en legumbres, proteínas animales, frutas y hortalizas [2].

2.6.5. Tratado de Nutrición. Composición y calidad nutritiva de los alimentos

Los cereales destinados a la alimentación humana son los frutos maduros, enteros, sanos y secos de una serie de vegetales pertenecientes a la familia de las gramíneas. Estos

alimentos se recolectan, transportan y almacenan en forma de grano, denominado cariósido, y para la alimentación se utilizan principalmente los siguientes: arroz (*Oryza sativa L.*), avena (*Avena sativa L.*), cebada (*Hordeum vulgare L.*), centeno (*Secale cereale L.*), maíz (*Zea mays L.*), mijo (*Panicum millaceum L.*), sorgo (*Sorghum vulgare L.*), trigo (*Triticum aestivum L.* y *Triticum durum L.*) y triticale (híbrido de centeno y trigo) [8].

2.6.6. Materias primas utilizadas en conejos

En este artículo se estudiarán las materias primas más utilizadas bajo el punto de vista de la formulación práctica de raciones. En este sentido se señalarán las ventajas e inconvenientes de cada uno de los alimentos en función de los aportes nutritivos, las limitaciones tecnológicas y las limitaciones específicas de cada uno de ellos. En base a estos criterios se intentará establecer los niveles máximos recomendables de las distintas materias primas para su inclusión en la dieta [24].

2.6.7. Normas de Referencia para la Investigación

2.6.7.1. NTE INEN 0027-2012 (Aceite de maíz. Requisitos)

Objetivo: Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el aceite de maíz [25].

2.6.7.2. NMX-F-030-1985 Alimentos. Aceite comestible puro de maíz. Foods. Edible pure corn oil. Normas mexicanas

Objetivo: Esta Norma Mexicana establece las especificaciones mínimas de calidad que debe cumplir el producto denominado Aceite comestible puro de maíz [26].

2.6.7.3. Norma técnica peruana ITINTEC 205.207-1986 (Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial)

Objetivo: La presente Norma establece los requisitos y condiciones que debe cumplir la harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial [27].

2.6.7.4. NTE INEN 1737-1990 (Harina de maíz precocida. Requisitos)

Objetivo: Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la harina de maíz precocida, para consumo humano [28].

2.6.7.5. Gustav Heess 2013 (Aceite de germen de maíz refinado)

Objetivo: Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el aceite obtenido de germen de maíz.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El presente proyecto de investigación se lo llevó a cabo en condiciones rigurosamente controladas en los laboratorios de procesamiento de alimentos de la carrera de Ingeniería Agroindustrial del campus "Manuel Haz Álvarez" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el Km 1 ½ vía Santo Domingo. Las coordenadas de estas instalaciones son 79°28'30" situadas en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador.

Las investigaciones realizadas en el presente proyecto se efectuaron en la empresa "RANGUPACORP S.A." ubicada en el cantón Quevedo, Km 2 ½ vía Valencia.

La muestra de las cuatro variedades de maíz "materia prima principal en la extracción del aceite" se obtuvieron de dos sitios diferentes, la variedad Iniap H-551, del centro de acopio "Estación Experimental Tropical Pichilingue" ubicado en el Km 5 vía Quevedo - El Empalme, Cantón Mocache, provincia de Los Ríos, y la variedad Trueno NB7443, se la obtuvo de la Finca del Sr. Mariano Limones, la cual está ubicada en el Recinto "San Vicente" perteneciente al cantón Quinsaloma, provincia de Los Ríos, las variedades Pioneer 4226 y Mocacheño, de la Finca del Sr. Jaime Solís, que está ubicada en el Recinto Barro Colorado #2, perteneciente al cantón Mocache, provincia de Los Ríos.

3.2. Tipos de investigación

Para el estudio de las características de las diferentes variedades (Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226, Mocacheño) de Zea mays L. para la obtención del aceite para la alimentación, se utilizó:

- **Investigación descriptiva.-** Se aplicó para describir la problemática que concierne en el proceso de extracción del aceite de maíz para la alimentación.
- **Investigación experimental.-** La comparación entre los métodos de extracción (variable independiente) aplicadas a las variedades de maíz (variable dependiente).

- **Investigación de tipo bibliográfica y documental.-** Fue necesaria la aplicación de teorías, normativas que se obtuvieron de libros, revistas, artículos, páginas de internet con información de la problemática a solucionar.

3.3. Métodos de investigación

- **Método inductivo**

Mediante las observaciones realizadas en el proceso para la extracción de aceite, se pudo conocer que no hubo un buen rendimiento final, lo que es necesario que se realice un reproceso para obtener un aceite de calidad.

- **Método analítico**

Este método analítico permitió determinar cuál era la mejor manera de lograr buenos resultados en cuanto a la extracción de aceite de maíz, con la aplicación de dos métodos de extracción, los cuales ayuden a obtener una mejor calidad del producto final.

3.4. Fuentes de recopilación e información

Se utilizó fuentes primarias y secundarias de información, por lo tanto se obtuvo información de textos, artículos científicos, revistas y documentos.

3.5. Diseño de la investigación

Para determinar el efecto de las variables de manera eficiente y eficaz, los datos fueron sometidos a ANOVA mediante modelos estadístico $A \times B$: donde A = variedades de maíz (Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño) y B = métodos de extracción (químico y mecánico) para un total de 16 tratamientos, con 2 repeticiones.

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes: (T1= Iniap H-551 y químico, T2= Iniap H-551 y mecánico, T3= Trueno NB7443 y químico, T4= Trueno NB7443 y mecánico, T5= Pioneer 4226 y químico, T6= Pioneer y mecánico, T7= Mocacheño y químico, T8= Mocacheño y mecánico). Las variables en estudio: pH, acidez, humedad, ceniza, fibra, contenido de almidón, proteína, y la diferencias entre los niveles de los factores de estudio se determinó mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

3.5.1. Factores de estudio

A continuación en la Tabla 1 se muestran los factores de estudio:

Tabla 1 Factores de estudio que intervienen en el proceso de extracción del aceite.

Factores	Simbología	Descripción
A: Variedades	a ₀	➤ Iniap H-551
	a ₁	➤ Trueno NB7443
	a ₂	➤ Pioneer 4226
	a ₃	➤ Mocacheño
B: Métodos de extracción	b ₀	➤ Químico
	b ₁	➤ Mecánico

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

3.5.2. Análisis estadístico

A continuación en la Tabla 2 el esquema de análisis de varianza:

Tabla 2 Esquema de análisis de varianza

Fuentes de Variación	Grado de Libertad
Factor A (Variedades de maíz)	3
Factor B (Métodos de extracción)	1
AB	1
Residuos	3
Total	7

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Método de extracción de aceite de maíz

Químico

Las muestras de las variedades: Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226, se los colocó en recipientes herméticos, limpios y secos, donde se procedió a extraer el germen grano por grano, hasta obtener 20 g. para la extracción del aceite. Luego este se colocó a la estufa en recipientes de aluminio para secar a una temperatura de 90 °C por un periodo de 12 horas. Posteriormente se procedió a secar los vasos beakers en la estufa a 100 °C, por un tiempo estimado de una hora. Se transfirió al desecador y se pesó con aproximación al 0,1 mg., cuando se alcanzó la temperatura ambiente. Se pesó 4 g. de muestra sobre un papel filtro y se lo situó en el interior del dedal, se taponó con suficiente algodón hidrófilo y luego se lo introdujo en el portadedal. Se adicionó en el vaso beaker 50 ml. de solvente (éter dietílico) al mismo tiempo de abrir el reflujo de agua.

Se colocó el anillo en el vaso para luego ser llevado a la hornilla del aparato golfish, donde se sometió a una temperatura de 55 °C, durante 4 horas. Luego la muestra se llevó a la estufa a 105 °C hasta que se evaporó por completo el solvente por 30 min y enfriar. Se calculó el porcentaje de extracto etéreo mediante la fórmula de diferencia de peso.

Mecánico

El primer paso que se realizó fue la limpieza (insectos, piedras, granos partidos, entre otros) de las cuatro variedades de maíz (Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño) donde se tomó una muestra de 495 g, se colocó en recipientes plásticos para su posterior remojo durante 48 h con el fin de que el grano adquiriera el 45% de humedad (la humedad inicial era de 13 – 15%). Pasado este periodo de tiempo, se sometió el grano a una molienda gruesa para de esta forma separar el germen de maíz, luego se sometió a remojo por 24 h con el fin de que el germen se suspenda por flotación para que de esta manera ocurra una separación natural del germen. El germen separado se lavó y eliminó cualquier tipo de partícula que no pertenezca a este, se tamizó para eliminar el agua y

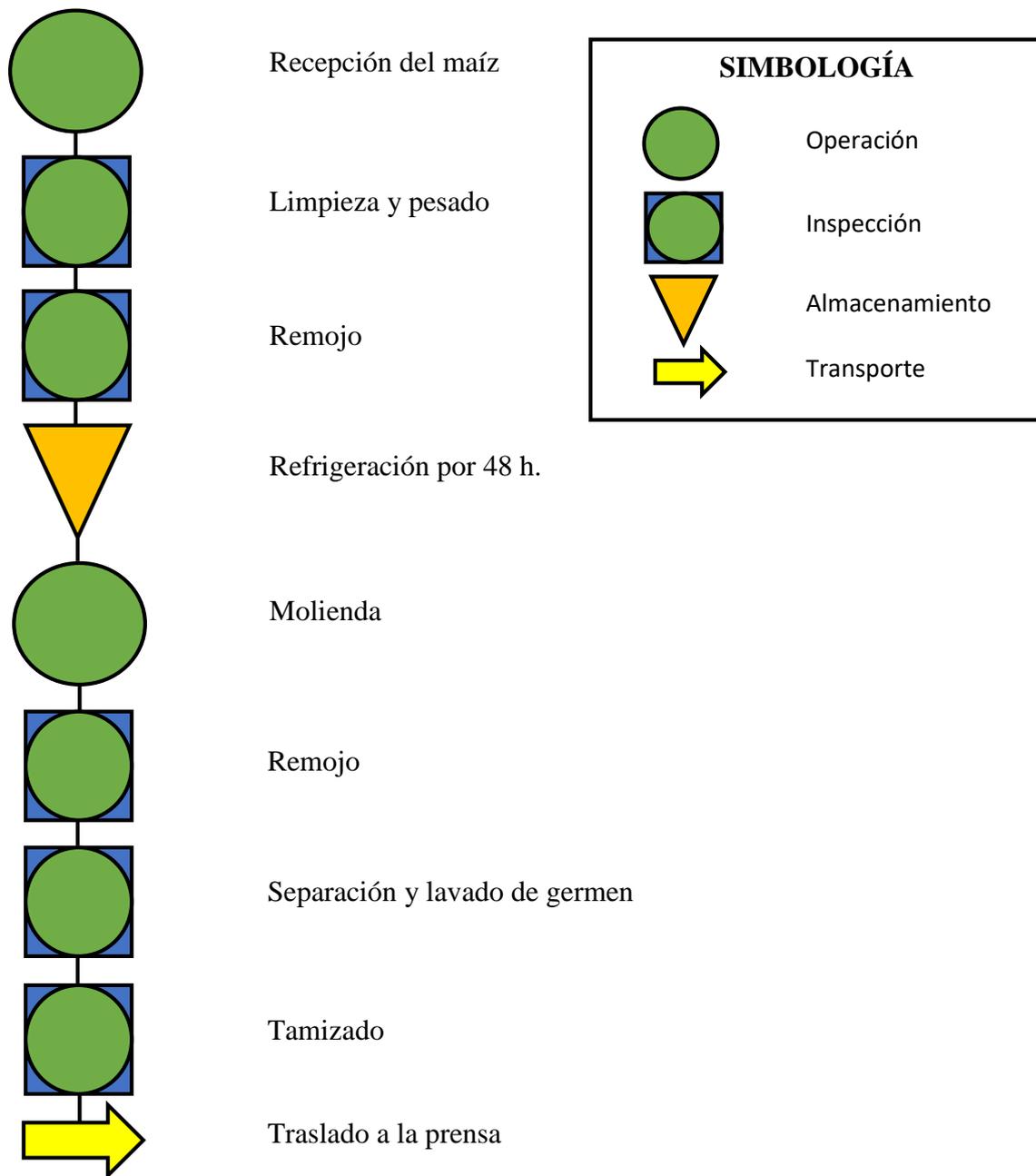
residuos restantes del grano, después el germen fue llevado a una estufa a una temperatura de 80°C para disminuir el contenido de humedad y quede listo para su posterior extracción. El germen ya listo, fue llevado a una prensa hidráulica de 50 toneladas de presión, para esto se fabricó un pistón con una camisa de 15 cm de alto por 30 de diámetro y se ejerció la presión máxima, con el objetivo de que se rompa la estructura celular para lograr extraer el aceite crudo de maíz.

3.6.2. Método de obtención del almidón de maíz

Las cuatro variedades de maíz: Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño fueron sometidas a remojo por un periodo de 48 h, se las colocó en recipientes plásticos de 11 litros de capacidad por cada variedad, pasada las 48 h, se retiró el agua y el maíz fue sujeto a una molienda gruesa, posteriormente se le añadió 6 litros de agua por cada variedad durante 2 h, luego se decantó, y la muestra fue puesta en recipientes de aluminio para ser colocadas en la estufa por un periodo de 16 h a una temperatura de 120°C. Una vez obtenido el almidón la muestra, se molió y se tamizó.

3.6.3. Diagrama de flujo en proceso de obtención de aceite de maíz

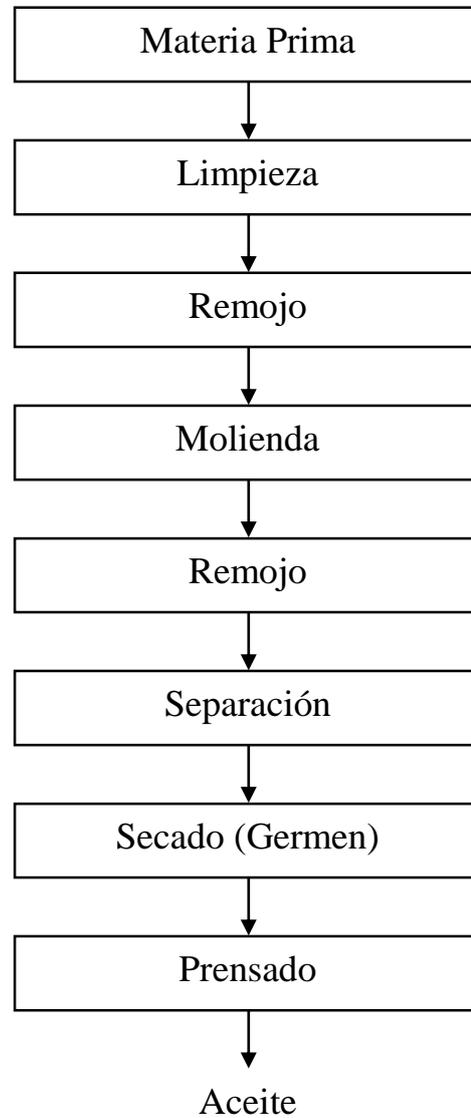
A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso de obtención del aceite de maíz:



Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

3.6.4. Flujograma del proceso de extracción del aceite de maíz

A continuación se muestra el flujograma del proceso de extracción del aceite de maíz:



Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

3.6.5. Análisis fisicoquímicos

Análisis de grasa (Aceite de maíz)

La acidez. Se efectuó por titulación mediante consumo de NaOH (Hidróxido de Sodio) a 0,1 de Normalidad en una muestra de 10 ml de aceite extraído y 50 ml de alcohol neutralizado, como indicador se utilizó C₂₀H₁₄O₄ (Fenolftaleína), dando el resultado expresado en porcentaje de ácido oleico (ácido predominante), procedimiento basado en la norma NTE INEN 0038 (1978). Mientras que la medición del pH se basó en la norma NTE INEN 0973 (1984), la cual consistió en utilizar un pH-metro, introduciendo el electrodo en la muestra líquida del producto y se empleó la muestra del aceite directamente para llevar a cabo la medición.

Determinación de ceniza en aceite de maíz. Se basó en la norma NTE INEN 0401 (2012), el primer paso que se efectuó fue la colocación del crisol a la mufla y se calentó durante 15 min a 550 °C, luego fue llevado al desecador para su enfriamiento y se pesó mediante una balanza analítica con un margen de error de 0,0001 mg, posteriormente se pesó 2 gramos de aceite, se introdujo a la mufla a una temperatura de 105 °C para su evaporación hasta que se obtuvo cenizas blancas luego se pesó el crisol con su contenido y se determinó el porcentaje de ceniza por medio de una fórmula de diferencia de peso.

Contenido de humedad. Se realizó en base a la norma NTE INEN-ISO 662 (2013) en donde se ejecutó el análisis pesando un crisol para cada muestra, mediante una balanza analítica con un margen de error de 0,0001 mg se pesó 2 gramos de muestra, se colocó en cada crisol y luego se situó en la estufa a una temperatura de 130°C por un lapso de 2 horas, una vez cumplido el tiempo, se procedió a pesar cada muestra y por medio de diferencia de peso se determinó el contenido de humedad.

Grano Íntegro

Determinación de proteína por digestión. Se molió 100 g de maíz y se tamizó, luego se pesó 0,3 g de la muestra preparada sobre un papel exento de Nitrógeno y se lo colocó en el micro-tubo digestor, a éste se le añadió una tableta catalizadora y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, se colocó los tubos de digestión con las muestras en el block-digest con el colector de humos fusionando. Se realizó la digestión a una temperatura de 350 a

400 °C y a un tiempo de 2 horas, se dejó enfriar a temperatura ambiente por 30 min y se agitó de vez en cuando para evitar su precipitación. En cuanto a la destilación, en cada micro-tubo se adicionó 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 kjeltec, se adicionó 30 ml de hidróxido de sodio al 40 %, posteriormente se recogió 200 ml de destilado y se retiró del sistema. Para la titulación, del destilado recogido se le añadió 3 gotas de fenolftaleína y se tituló con ácido clorhídrico al 0.1 N, mediante una fórmula de diferencia de pesos se calculó el contenido de proteína.

Determinación de fibra. Se efectuó la homogenización del grano, donde se secó los granos de maíz en la estufa a una temperatura de 103 °C, se procedió a moler y se lo pasó por un tamiz para eliminar impurezas, luego se pesó 2 g de grano de maíz en una balanza analítica, sensible al 0,1 mg, se agregó 1,5 g de fibra cerámica preparada, se le agregó 200 ml H₂SO₄ al 0,255 N, hirviente, gotas antiespumante y perlas de vidrio, posteriormente en el aparato de calentamiento de reflujo se hirvió por 30 min rotando el matraz periódicamente, se filtró, después se lavó con 50 ml de agua hirviente y se repitió el lavado hasta que cesó la reacción ácida, se removió el residuo y se transfirió al crisol, luego se secó en la estufa por 2 horas a una temperatura de 130 °C, se enfrió en el desecador y se pesó, posteriormente se incineró por 30 min a 600 °C, se enfrió en el desecador y se pesó, por último se determinó el contenido de fibra mediante una fórmula de diferencia de pesos.

Almidón

Acidez en la harina. Se realizó por titulación mediante el consumo de NaOH al 0,1 N. en una muestra de harina de 10 g disuelta en 90ml de agua destilada libre de CO₂, donde se agitó hasta completar un volumen de 100 ml, mediante el uso de una pipeta y se filtró, luego se tomó una fracción exacta del filtrado (15ml) y se tituló, usando fenolftaleína como indicador (3–4 gotas), procedimiento basado en la norma NTE INEN 0521 (1980).

Medición de pH. Se realizó en un equipo marca “OHAUS”, basada en la norma NTE INEN 0973 (1983), se procedió a pesar 10 g de almidón y se disolvió con 90 ml de agua destilada libre de CO₂, se agitó y se procedió a tomar la medición de pH.

Determinación de ceniza. Se calentó el crisol vacío en la mufla ajustada a 600 °C, durante 30 min. Se enfrió el crisol y se pesó 5 gramos de la muestra de cada variedad y luego se lo llevó a la mufla a 600 °C por un periodo de 2 horas hasta obtener cenizas de un color gris claro. Se retiró el crisol de la mufla y se lo puso a enfriar en el desecador por 30 min y posteriormente se pesó. El contenido de cenizas en muestra de harinas de origen vegetal se calculó mediante la fórmula de diferencia de pesos, basada en la norma NTE INEN 0520 (1980).

El porcentaje de humedad en el almidón. Se realizó mediante la estufa, previo a esto se pesó el crisol, luego se pesó 5 g de la muestra en una balanza analítica sensible al 0,0001 mg, se llevó la muestra a la estufa a una temperatura de 130°C por un periodo de 2 h, después se colocó las muestras en el desecador por 30 min para que se enfríen, se pesó y se calculó su porcentaje mediante una fórmula, basado en el método 44-19 de la AACC (1995).

3.6.6. Determinación de Fibra Dietaria

El análisis de Fibra Dietaria se realizó al tratamiento que obtuvo mayor rendimiento, donde se determinó la cantidad presente en 100 g de muestra, las especificaciones del procedimiento contienen el método de referencia AOAC 19TH 985.29.

3.7. Tratamientos de los datos

En base a los resultados obtenidos mediante los análisis químicos, se realizó una prueba de significación Tukey ($P \leq 0,05$) mediante el programa STATGRAPHICS Centurión XVI versión 16.1.03, para establecer diferencias entre los datos obtenidos.

3.8. Materiales y equipos

En el desarrollo de la investigación se empleó diversos materiales y equipos según la fase de investigación, los cuales se especificó por etapa en el cuadro 2 que se muestra a continuación:

Cuadro 2 Materiales y Equipos utilizados en los análisis fisicoquímicos del aceite

Materia prima	Equipos	Materiales y otros	Materiales de laboratorio	Reactivos
<i>Zea mays L.</i> (Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226, Mocacheño)	Prensa Hidráulica Prensa Expeller Prensa neumática Balanza analítica Estufa Refrigerador Deshidratador Aparato Golfish	Molino Tamiz Papel aluminio Bolsas plásticas Recipientes de aluminio Batán (piedra para moler) Recipientes plásticos Papel filtro Cuchillos Tela lienzo Pinza Universal	Vaso de precipitación 500 ml Bureta graduada de 25 ml Erlenmeyer 250 ml Pipeta 10 ml Probeta de 100 ml Vasos Beaker para grasa Dedales de extracción Algodón liofilizado e hidrolizados	Éter dietílico Agua destilada Hidróxido de sodio Agua purificada

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Almidón

En el Cuadro 3 se presentan los materiales y equipos utilizados en los análisis fisicoquímicos realizados al almidón:

Cuadro 3 Materiales y equipos utilizados en los análisis fisicoquímicos del almidón

Análisis	Instrumentos	Reactivos
pH (NT-INEN-0973, 1983)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pHmetro ➤ Bureta graduada y porta bureta ➤ Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Agua destilada ➤ Solución Buffer para calibración ➤ Agua destilada ➤ Solución de hidróxido de sodio 0.1 N.
Acidez (NT-INEN-0521, 1980)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Agitador ➤ Matraz Erlenmeyer de 250 ml ➤ Crisol de porcelana ➤ Mufla 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indicador fenolftaleína solución alcohólica al 1%.
Ceniza (NT-INEN-0520, 1980)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desecador ➤ Balanza analítica, sensible al 0,0001 mg ➤ Crisol de porcelana ➤ Estufa 	
Humedad (MÉTODO 44-19 AACC, 1995)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desecador ➤ Balanza analítica, sensible al 0,0001 mg 	

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados de los análisis realizados al Grano de maíz

En la tabla 3 que se encuentra a continuación, se presenta los resultados en porcentajes realizados al grano de las cuatro variedades de maíz:

Tabla 3 Resultados de los análisis efectuados al Grano de maíz

Variedades	Fibra Bruta (%)	Proteína (%)	Almidón (%)	Grasa (%)
Iniap H-551	0,866	1,75	42,85	3,50
Trueno NB7443	1,06	2,98	60,64	3,23
Pioneer 4226	0,766	1,51	67,96	3,17
Mocacheño	0,756	3,02	71,69	1,60

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: Los datos presentados en la tabla 3., muestra las características de las cuatro variedades estudiadas, fueron obtenidos por medio de una serie de análisis hechos al grano de maíz, señalaron que los valores exhibidos se encuentran dentro de los parámetros determinados.

En la tabla 4 que se encuentra a continuación, se presenta el resultado de fibra dietaria realizado al grano de maíz de la variedad Iniap H-551:

Tabla 4. Resultados de Determinación de Fibra Dietaria del grano de maíz de la zona de Quevedo, tomando como referencia la variedad Iniap H-551

Variedad	Fibra Dietaria (g/100g)
Iniap H-551	30,24

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: Se determinó mediante un análisis químico, el cual fue realizado en los laboratorios AVVE, donde se escogió la variedad Iniap H-551, debido a que esta fue la de mayor rendimiento en aceite y dentro de las cuatro variedades en estudio es la más fácil de conseguir libre de metil metánico (granos curados).

4.1.2. Resultados de los análisis realizados al Almidón obtenido a partir del maíz

En la tabla 5 que se encuentra a continuación, se presentan las variables de estudio realizadas al almidón de maíz:

Tabla 5. Variables en estudio del Almidón obtenido a partir del maíz

Variedades	pH	Acidez (%)	Ceniza (%)	Humedad (%)
Iniap H-551	5,1	0,1029	0,6	14,415
Trueno NB7443	6,0	0,2255	0,4	13,505
Pioneer 4226	5,9	0,2746	0,4	16,015
Mocacheño	5,5	0,1716	0,4	15,905

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: Los datos que se muestran en la tabla 5, fueron obtenidos por medio de una serie de análisis, los cuales demostraron que los valores presentados se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

4.1.3. Resultados del Análisis de Varianza de las variables a estudiar

En la tabla 6 que se encuentra a continuación, se presenta el análisis de varianza de pH:

Tabla 6. Análisis de Varianza para pH en aceite

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A (Variedades)	1,13482	3	0,378273	7,00	0,0722
B:Factor B (Métodos)	0,841806	1	0,841806	15,57	0,0290
C:Replicas	0,0540562	1	0,0540562	1,00	0,3910
INTERACCIONES					
AB	0,480219	3	0,160073	2,96	0,1982
RESIDUOS	0,162169	3	0,0540562		
TOTAL (CORREGIDO)	2,88929	15			

Nivel de confianza. ($p < 0,05$). Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: Respecto a pH (tabla 6), existe diferencia significativa entre los niveles del Factor B (b_0 =químico + b_1 =mecánico) es decir, que ambos métodos influyen en el pH del aceite, mientras que en el Factor A (a_0 =Iniap H-551 + a_1 =Trueno NB7443 + a_2 = Pioneer 4226 + a_3 = Mocacheño), la interacción A×B y réplicas no presentaron diferencia significativa.

En la tabla 7 que se encuentra a continuación, se presenta el análisis de varianza de acidez:

Tabla 7 Análisis de Varianza para Acidez en el aceite

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A (Variedades)	0,102419	3	0,0341396	218,49	0,0005
B:Factor B (Métodos)	0,0126562	1	0,0126562	81,00	0,0029
C:Replicas	0,00015625	1	0,00015625	1,00	0,3910
INTERACCIONES					
AB	0,0892687	3	0,0297562	190,44	0,0006
RESIDUOS	0,00046875	3	0,00015625		
TOTAL (CORREGIDO)	0,205594	15			

Nivel de confianza. ($p < 0,05$). Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En la tabla 7. (**Acidez en el aceite**), se muestra diferencia significativa entre los niveles del Factor A ($a_0 = \text{Iniap H-551} + a_1 = \text{Trueno NB7443} + a_2 = \text{Pioneer 4226} + a_3 = \text{Mocacheño}$), los niveles del Factor B ($b_0 = \text{químico} + b_1 = \text{mecánico}$) y el efecto que se produce entre la interacción $A \times B$, mientras que las réplicas no presentaron diferencia significativa.

En la tabla 8 que se encuentra a continuación, se presenta el análisis de varianza de Humedad:

Tabla 8 Análisis de Varianza para Humedad en el aceite

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A (Variedades)	0,011	3	0,00366667	146,67	0,0000
B:Factor B (Métodos)	0,0049	1	0,0049	196,00	0,0000
C:Réplicas	0,000025	1	0,000025	1,00	0,3506
INTERACCIONES					
AB	0,0209	3	0,00696667	278,67	0,0000
RESIDUOS	0,000175	7	0,000025		
TOTAL (CORREGIDO)	0,037	15			

Nivel de confianza. ($p < 0,05$). Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En la tabla 8 (**Humedad del aceite**), se determina que existe diferencia significativa entre los niveles del Factor A ($a_0 = \text{Iniap H-551} + a_1 = \text{Trueno NB7443} + a_2 = \text{Pioneer 4226} + a_3 = \text{Mocacheño}$), los niveles del Factor B ($b_0 = \text{químico} + b_1 = \text{mecánico}$) y la interacción $A \times B$, al contrario de las réplicas que no mostraron diferencia significativa.

En la tabla 9 que se encuentra a continuación, se presenta el análisis de varianza de Densidad:

Tabla 9 Análisis de Varianza para Densidad en el aceite

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A (Variedades)	0,00128475	3	0,00042825	1713,00	0,0000
B:Factor B (Métodos)	0,00003025	1	0,00003025	121,00	0,0000
C:Réplicas	2,5E-7	1	2,5E-7	1,00	0,3506
INTERACCIONES					
AB	0,00308475	3	0,00102825	4113,00	0,0000
RESIDUOS	0,00000175	7	2,5E-7		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00440175	15			

Nivel de confianza. ($p < 0,05$). Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

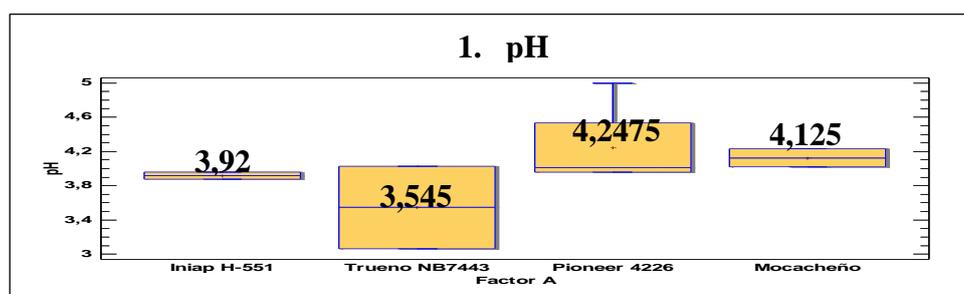
Interpretación: En la tabla 9, (**Densidad**) se pudo observar la diferencia significativa entre los niveles del Factor A ($a_0 = \text{Iniap H-551} + a_1 = \text{Trueno NB7443} + a_2 = \text{Pioneer 4226} + a_3 = \text{Mocacheño}$), los niveles del Factor B ($b_0 = \text{químico} + b_1 = \text{mecánico}$) y también en la interacción $A \times B$, mientras que en las réplicas no se presentó diferencia significativa.

4.1.4. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) con respecto a los factores de estudio para los análisis fisicoquímicos

4.1.4.1. Resultados con respecto al Factor A (variedades de maíz)

En la gráfica 1 que se muestra a continuación, se presentan los resultados de la diferencia de medias entre las variedades de maíz (pH):

Gráfica 1: Resultados de la diferencia de medias entre las variedades de maíz y los métodos de extracción de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$). **1.-pH (DS)**

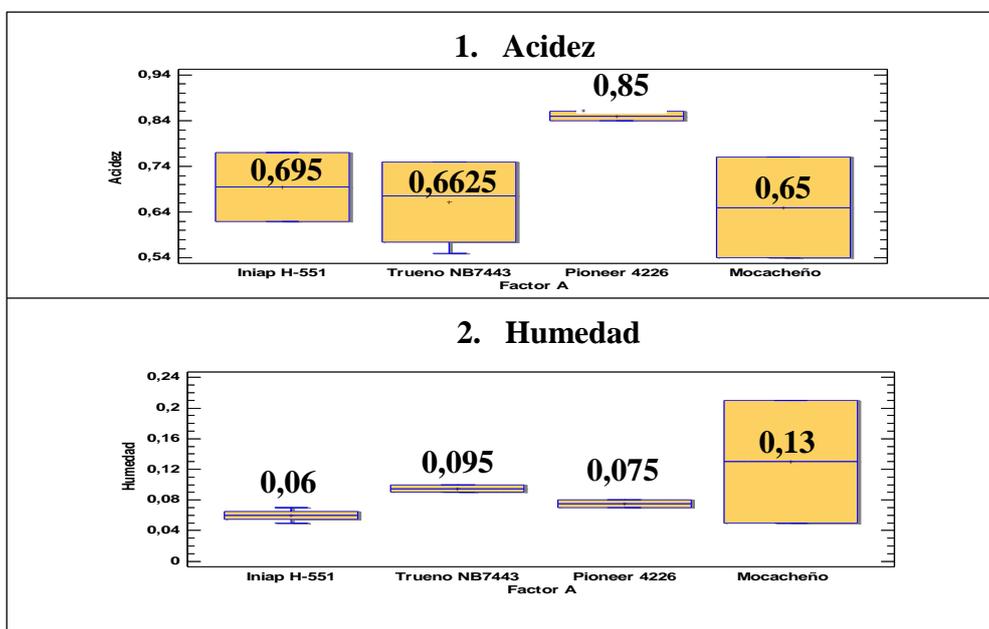


Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En el gráfico N° 1. se observó diferencia significativa en pH, el cual mostró un valor alto (4,2475) en a_2 =(Pioneer 4226), seguido por a_3 =(Mocacheño) que presentó un valor de (4,125), a_0 =(Iniap H-551) con un valor (3,92), mientras que a_1 =(Trueno NB7443) presentó el valor más bajo (3,545).

En la gráfica 2 que se muestra a continuación, se presentan los resultados de la diferencia de medias entre las variedades de maíz (Acidez y Humedad):

Gráfica 2: Resultados de la diferencia de medias entre Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). **1.- Acidez (DS); 2.- Humedad (DS).**

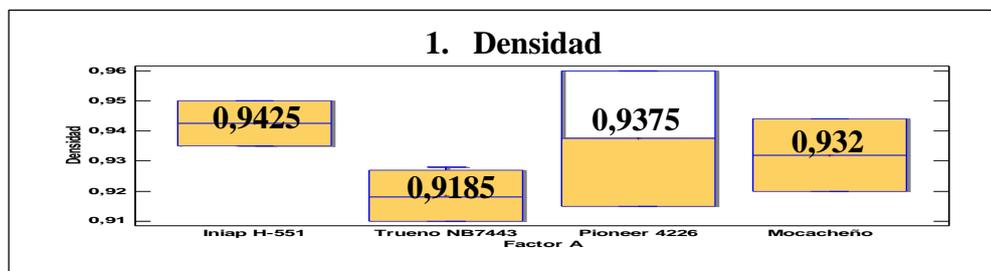


Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En el gráfico N° 2, Se halló diferencia significativa en Acidez con un valor más bajo (0,65) en a_3 =(Mocacheño), mientras que a_2 =(Pioneer 4226) presentó el valor más alto (0,85), los valores intermedios se encontraron en a_0 =(Iniap H-551) y a_1 =(Trueno NB 7443) con los valores (0,695) y (0,6625) respectivamente. Con lo que se refiere a Humedad, se encontró diferencia significativa, donde a_3 =(Mocacheño) presentó el valor más alto (0,13), a_1 =(Trueno NB 7443) mostró un valor intermedio de (0,09) mientras que a_2 =(Pioneer 4226) y a_0 =(Iniap H-551) presentaron los valores más bajos (0,07) y (0,06) respectivamente.

En la gráfica 3 que se muestra a continuación, se presentan los resultados de la diferencia de medias entre las variedades de maíz (Densidad):

Gráfica 3: Resultados de la diferencia de medias entre Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). **1.- Densidad (DS).**



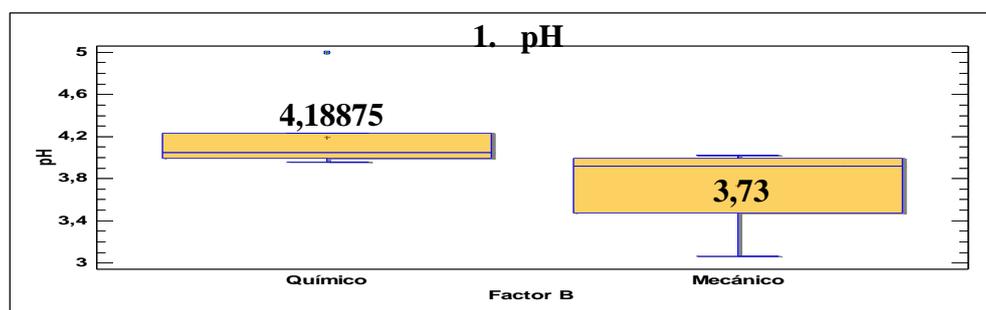
Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En el gráfico N° 3, Se encontró diferencia significativa en Densidad donde el menor valor (0,9185) lo mostró $a_1 =$ (Trueno NB7443), mientras que $a_0 =$ (Iniap H-551) presentó el valor más alto (0,9425), los valores intermedios se encontraron en $a_2 =$ (Pioneer 4226) y $a_3 =$ (Mocacheño) con (0,9375) y (0,932) respectivamente.

4.1.4.2. Resultados con respecto al Factor B (métodos de extracción)

En la gráfica 4 se presentan las diferencias de medias entre métodos de extracción (pH):

Gráfica 4: Los resultados de la diferencia de medias entre los métodos de extracción: químico y mecánico de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). **1.- pH**

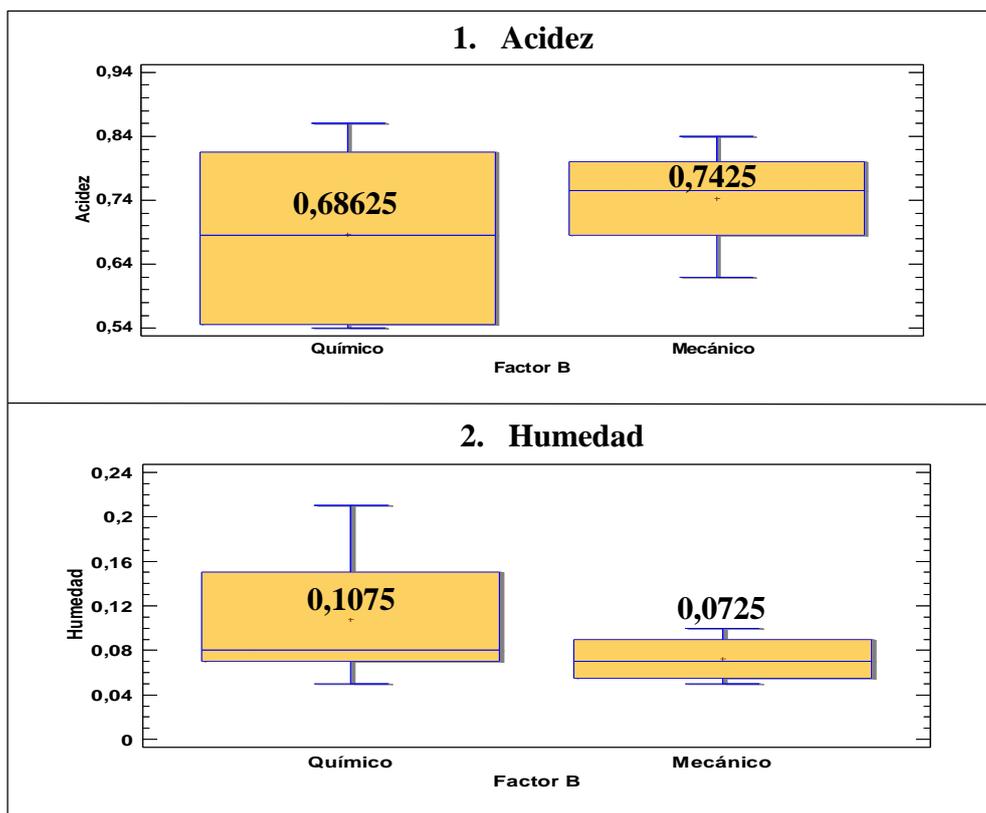


Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En la gráfica N° 4, Se observó diferencia significativa en pH, donde se obtuvo un valor inferior (3,73), en $b_1 =$ (Mecánico), mientras que $b_0 =$ (Químico) se diferenció un valor superior (4,18875).

En la gráfica 5 que se muestra a continuación, se presentan los resultados de la diferencia de medias entre los métodos de extracción (Acidez y Humedad):

Gráfica 5: Resultados de la diferencia de medias entre métodos de extracción: químico y mecánico de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). **1.- Acidez (DS); 2.- Humedad (DS).**

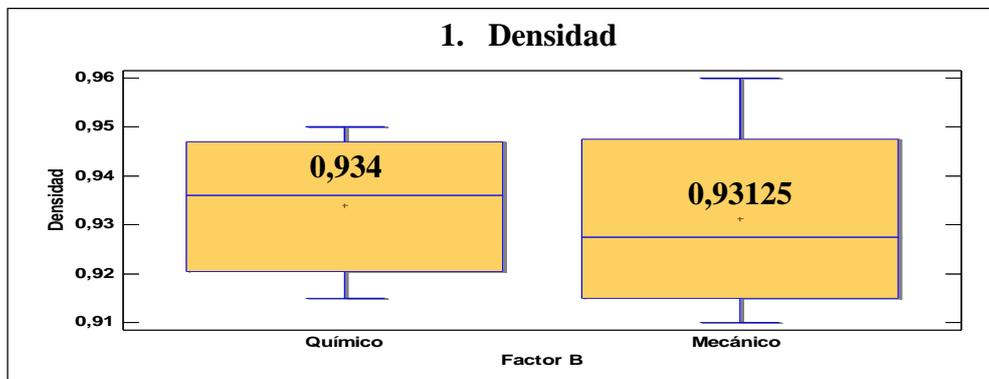


Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En la gráfica N° 5, se observó diferencia significativa en Acidez, presentó un valor bajo (0,68625) en el nivel b_0 (Químico), mientras que b_1 (Mecánico) mostró el valor más alto (0,7425), y en lo que respecta a Humedad, el valor superior (0,1075) lo exhibió b_0 (Químico), mientras que el valor inferior (0,0725) lo dio b_1 (Mecánico).

En la gráfica 6 que se muestra a continuación, se presentan los resultados de la diferencia de medias entre los métodos de extracción (Densidad) de medias entre los métodos de extracción (Densidad):

Gráfica 6: Resultados de la diferencia de medias entre métodos de extracción: químico y mecánico de la prueba de significación Tukey ($p < 0.05$). **1.- Densidad (DS**



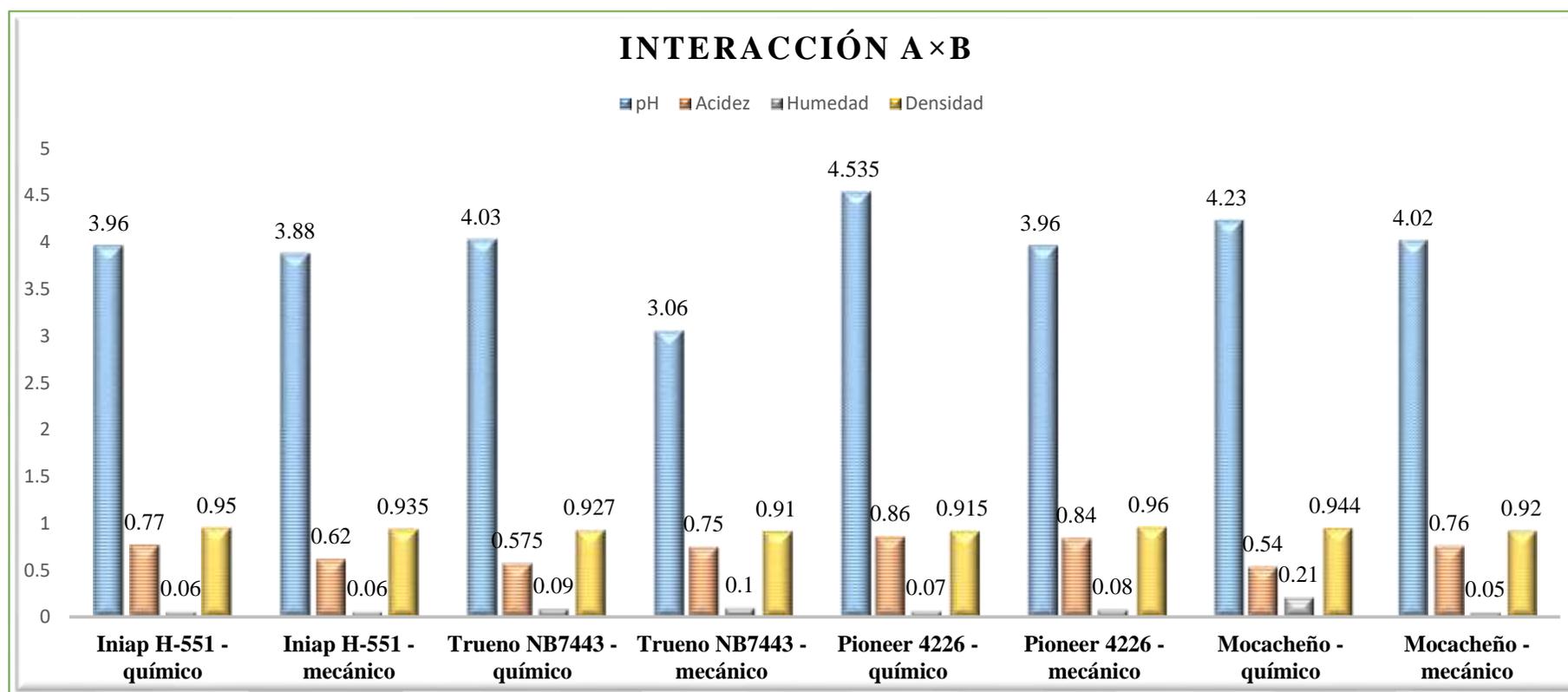
Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En la gráfica N° 6, respecto a Densidad, se pudo observar que si existió diferencia significativa y el valor superior (0,934) lo presentó $b_0 =$ (Químico), mientras que el valor inferior (0,93125) se lo obtuvo de $b_1 =$ (Mecánico).

4.1.4.3. Resultados con respecto a la interacción A×B

En la gráfica 7 que se muestra a continuación, se presentan los resultados de las media de las interacciones (variedades vs métodos de extracción)

Gráfica 7: Representación de las medias de la interacción A×B (Variedades vs Extracción)



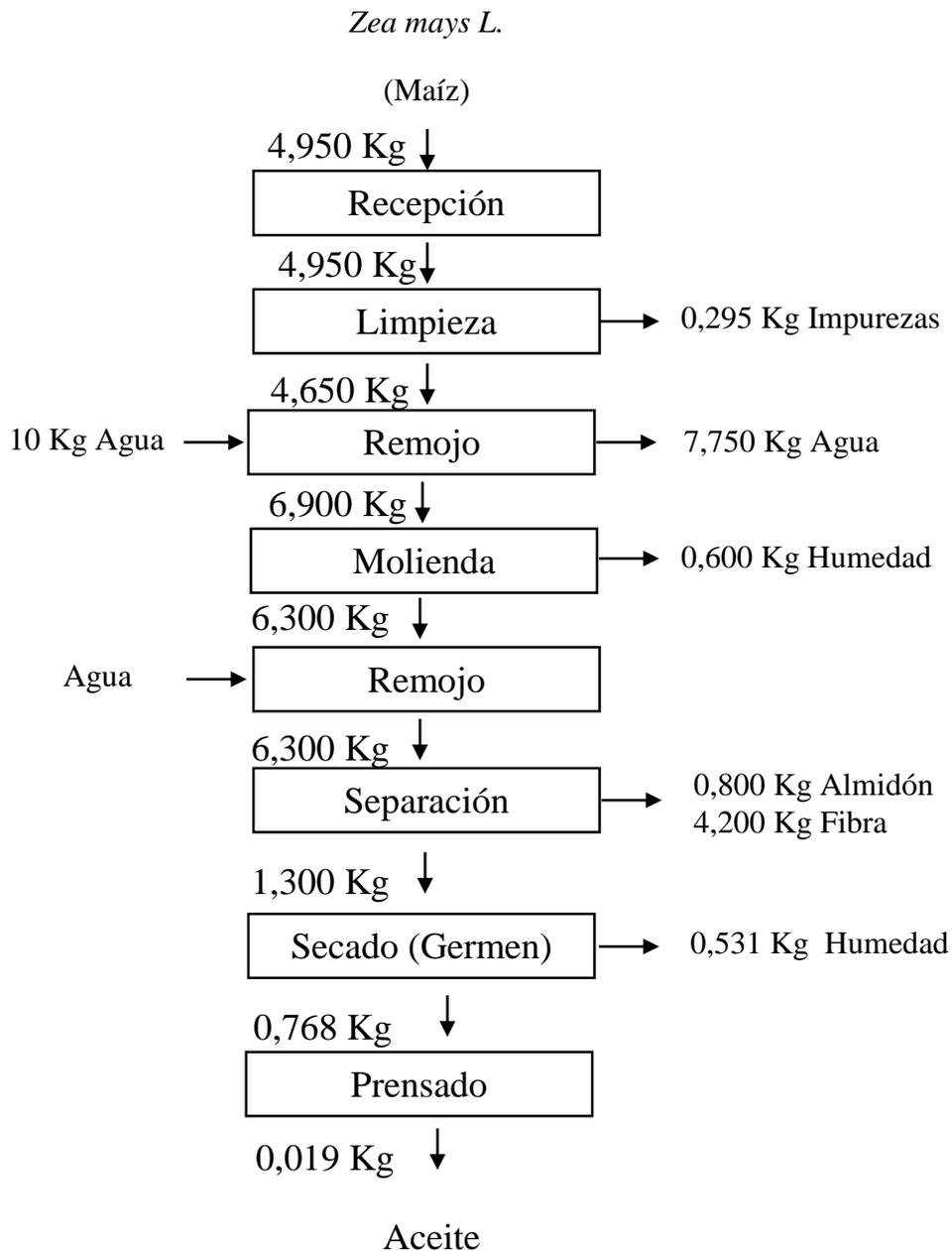
Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En la gráfica N° 7, se observan los tratamientos en función al pH, en donde no mostró diferencia significativa, sin embargo, el valor más bajo 3,06 fue de la interacción a_1+b_1 (Trueno NB7443 + Mecánico), mientras que el valor más alto 4,53 se lo obtuvo de la interacción a_2+b_0 (Pioneer 4226 + Químico). En lo que respecta a Acidez, presentó diferencia significativa y el valor más bajo fue 0,54 que pertenece a la interacción a_3+b_0 (Mocacheño + Químico) y el valor más alto fue 0,86 de la interacción a_2+b_0 (Pioneer 4226 + Químico). En referencia a la Humedad, se encontró diferencia significativa entre sus interacciones, donde, 0,05 de la interacción a_3+b_2 (Mocacheño + Mecánico) fue el valor más bajo, mientras que 0,21 fue el valor más alto perteneciente a la interacción a_3+b_0 (Mocacheño + Químico). En densidad se encontró diferencia significativa, cuyo valor más bajo 0,91 fue de la interacción a_1+b_1 (Trueno NB7443 + Mecánico), mientras que el valor más alto 0,96 se lo obtuvo de la interacción a_2+b_2 (Pioneer 4226 + Mecánico).

4.1.5. Balance de materia

4.1.5.1. Balance de materia en el proceso de obtención del Aceite

En el diagrama de flujo que se encuentra a continuación se muestra el balance de materia del proceso de obtención del Aceite de Maíz:



Variedad INIAP H-551
Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

4.1.5.2. Rendimiento del aceite de maíz

R= Rendimiento

Pf= Peso final

Pi= Peso inicial

$$R = \left(\frac{Pf}{Pi} \right) * 100 \%$$

$$R = \left(\frac{19,8 \text{ g}}{4950 \text{ g}} \right) * 100 \%$$

$$R = 0,4 \%$$

En la tabla 10 que se encuentra a continuación, se presenta el rendimiento en base al peso del grano y en base a la muestra de germen:

Tabla 10 Rendimiento en base al peso de la muestra y en base a la Muestra de Germen de cada tratamiento

Tratamientos	Muestra (g)	Muestra (Germen) (g)	Extracto de aceite (g)	% de aceite en base a la muestra	% de aceite en base de MG
a ₀ b ₀	12	2	0,25	2,08	12,50
a ₀ b ₁	4950	768	19,80	0,40	2,57
a ₁ b ₀	12	2	0,43	3,58	21,50
a ₁ b ₁	4950	710	18,30	0,36	2,57
a ₂ b ₀	12	2	0,47	3,92	23,50
a ₂ b ₁	4850	690	17,78	0,36	2,57
a ₃ b ₀	12	2	0,49	4,08	24,50
a ₃ b ₁	4950	722	18,61	0,37	2,57

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Interpretación: En la tabla 10 se muestra el rendimiento de todos los tratamientos, donde destaca el tratamiento a₀b₁ (Iniap H-551 + Mecánico), con un resultado de 0,4 % en base a la muestra total de maíz y el tratamiento a₃b₀ (Mocacheño + Químico) presentó el mayor contenido de aceite con un porcentaje de 4,08 en base a la muestra total.

4.2. Discusión

4.2.1. Discusión de resultados

4.2.1.1. Con respecto a los resultados de las interacciones (Variedades de Maíz + Métodos de extracción)

En lo que respecta a pH, el valor mayor (4,53) se obtuvo de la interacción (Pioneer 4226 + Químico), el cual es el más cercano a lo establecido por Dr. Norberto Feldman, 2012 [29], donde menciona que el aceite de maíz debe de estar entre 5,5 – 6,0.

En el porcentaje de Acidez, la interacción (Mocacheño + Químico) presentó el menor porcentaje (0,54%), según los parámetros estipulados por NTE INEN 0027-2012 [25], indica que el contenido de acidez debe ser máximo 0,2%.

De acuerdo al contenido de Humedad (%) la interacción (Mocacheño + Mecánico) presenta el mismo valor (0,05%) al establecido en la norma NMX-F-030-1985 [26], seguido por las interacciones (Iniap H-551 + Químico) e (Iniap H-551 + Mecánico) que con un valor de (0,06%) se encuentra cerca de lo establecido por dicha norma.

En lo referente a Densidad, la norma NTE INEN 0027-2012 [25], establece valores entre 0,910 y 0,920 (g/cc), donde, las interacciones (Trueno NB7443 + Mecánico); (Pioneer 4226 + Químico) y (Mocacheño + Mecánico), con valores (0,91 g/cc); (0,915 g/cc) y (0,92 g/cc) respectivamente, se encuentran dentro del rango establecido por dicha norma.

4.2.1.2. Con respecto al Factor A variedades de *Zea mays L.* (Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño)

En lo que concierne al Factor A (variedades de *Zea mays L.*), se realizó un análisis de pH donde se obtuvo los siguientes valores: a_0 = (Iniap H-551) = 3,92; a_1 = (Trueno NB7443) = 3,545; a_2 = (Pioneer 4226) = 4,2475 y a_3 =

(Mocacheño)= 4,125; donde las variedades Pioneer 4226 y Mocacheño son las más cercanas a los valores reportados según el informe del Dr. Norberto Feldman, 2012 [29], la cual indica que el pH del aceite de maíz se encuentra entre 5,5-6,0; por lo tanto, todas las variedades se encuentran por debajo de los parámetros establecidos por dicho autor.

En los resultados obtenidos para la acidez, la norma NTE INEN 0027-2012 [25] indica que el porcentaje máximo de acidez en el aceite de maíz es 0,2%, donde la variedad Mocacheño fue la que obtuvo una acidez más baja 0,65 %, sin embargo está por encima de los parámetros antes mencionados, es decir, que presenta elevaciones en lo que respecta al ácido oleico.

Para la Humedad, los valores presentados fueron $a_0 = (\text{Iniap H-551}) = 0,06 \%$; $a_1 = (\text{Trueno NB7443}) = 0,09 \%$; $a_2 = (\text{Pioneer 4226}) = 0,07 \%$ y $a_3 = (\text{Mocacheño}) = 0,13 \%$; según la norma NMX-F-030-1985 [26]; indica que el porcentaje de Humedad máximo en el aceite de maíz es de 0,05 %, por lo tanto, se pudo observar que los valores obtenidos no se encuentran lejos del rango establecido, siendo Iniap H-551, la más cercana.

Tomando como referencia la Densidad, se obtuvo valores como $a_0 = (\text{Iniap H-551}) = 0,9425 \text{ g/cc}$; $a_1 = (\text{Trueno NB7443}) = 0,9185 \text{ g/cc}$; $a_2 = (\text{Pioneer 4226}) = 0,9375 \text{ g/cc}$ y $a_3 = (\text{Mocacheño}) = 0,932 \text{ g/cc}$; donde la norma NTE INEN 0027-2012 [25], muestra que el rango de Densidad relativa del aceite de maíz se encuentra entre 0,910 y 0,920 g/cc, es decir, que $a_1 = (\text{Trueno NB7443}) = 0,9185 \%$ se encuentra entre los rangos permitidos, mientras que los tratamientos $a_1 = (\text{Trueno NB7443}) = 0,9185 \text{ g/cc}$; $a_2 = (\text{Pioneer 4226}) = 0,9375 \text{ g/cc}$ y $a_3 = (\text{Mocacheño}) = 0,932 \text{ g/cc}$, se encuentran cerca de los parámetros establecidos por dicha norma.

4.2.1.3. Con respecto al Factor B (métodos de extracción) químico y mecánico

Según los resultados de pH, el método de extracción $b_0 = \text{Químico}$ presento el valor mayor (4,1887) y el valor menor (3,73) correspondiente a la extracción

b_1 = Mecánico, ambas están por debajo a lo establecido por el Dr. Norberto Feldman, 2012 [29], en donde menciona que el rango establecido de pH es de 5,5 – 6,0.

En el porcentaje de Acidez, el valor mayor (0,7425 %) estuvo presente en la extracción mecánica, mientras que el valor menor (0,68625 %) se obtuvo en la extracción química, estos valores están muy por encima a los establecidos por la norma NTE INEN 0027-2012 [25], la cual establece que el porcentaje de acidez de maíz no debe de exceder del 0,2%, mientras que Carlos Hernández, Ysamar Rodríguez, Zulay Niño & Sergio Pérez, 2009 [21], en su estudio del Efecto del almacenamiento de granos de maíz *Zea mays L.* sobre la calidad del aceite extraído, presenta resultados en acidez de (1,90 - 2,67 %) los cuales están elevados con respecto a los obtenidos en esta investigación.

Así mismo, los resultados para Humedad, el aceite extraído mecánicamente obtuvo un valor de 0,0725 %, el cual, está cerca al rango establecido por la norma NMX-F-030-1985 [26], en donde establece que la humedad máxima debe de estar en 0,05%.

En lo que concierne a la Densidad, los valores obtenidos en las extracciones química (0,934 g/cc) y mecánica (0,93125 g/cc) están cercanos a los valores (0,917 – 0,924 g/cc) establecidos por la norma Gustav Heess, 2013 [30].

4.2.1.4. Con respecto a los análisis realizados al Grano de maíz

Tomando en cuenta los análisis efectuados al Grano de las cuatro variedades de maíz, se obtuvo porcentajes de Fibra Bruta a_0 = (Iniap H-551) = 0,866; a_1 = (Trueno NB7443) = 1,06; a_2 = (Pioneer 4226) = 0,766 % y a_3 = (Mocacheño) = 0,756 %; donde el Dr. Pedro Costa B., 1984 [24], indica en su estudio que el porcentaje de fibra bruta tiene como máximo 2,6 %, donde la variedad más cercana a dicho parámetro es Trueno NB7443 con un valor de 1,06 %.

En relación a la Proteína se mostró los siguientes datos: a_0 = (Iniap H-551) = 1,75 %; a_1 = (Trueno NB7443) = 2,98 %; a_2 = (Pioneer 4226) = 1,51% y a_3 = (Mocacheño) = 3,02 %, según indica la investigación de Méndez; Solorza; Velázquez; Gómez; López & Bello, 2005 [22]; los rangos de proteína se encuentran entre 8,3 – 11,3 %; por lo tanto se pudo observar que ninguna variedad está dentro del rango establecido por el autor.

De acuerdo a los valores obtenidos del Almidón, fueron a_0 = (Iniap H-551) = 42,85 %; a_1 = (Trueno NB7443) = 60,64 %; a_2 = (Pioneer 4226) = 67,96 % y a_3 = (Mocacheño) = 71,69 %; donde según Ángel Gil, 2010 [8]; indica que el porcentaje de Almidón se encuentra entre 72-73 %, lo que quiere decir que las variedades Mocacheño y Pioneer 4226 son las más cercanas al rango establecido por dicho autor.

Según los porcentajes de Grasa, los valores fueron a_0 = (Iniap H-551) = 3,50 %; a_1 = (Trueno NB7443) = 3,23 %; a_2 = (Pioneer 4226) = 3,17 % y a_3 = (Mocacheño) = 1,60 %; donde la variedad de Iniap H-551 es la que más se acerca a los valores reportados según Méndez; Solorza; Velázquez; Gómez; López & Bello, 2005 [22]; los cuales van de 4,0-7,0 %; sin embargo se puede observar que los porcentajes de grasa de las 4 variedades de maíz son bajas.

El análisis de Fibra Dietaria realizado al grano de la variedad Iniap H-551, obtuvo una cantidad de 30,24 (g/100g), el cual se encuentra superior al registrado según la FAO, 1988 en su publicación El maíz en la nutrición humana [2], el cual menciona que el rango se encuentra desde 12,19-14,91% según la zona y la variedad; de acuerdo a Ángel Gil, 2010 [8], indica que el rango de la fibra dietaria en diferentes variedades es del 12-15%; mientras que Méndez; Solorza; Velázquez; Gómez; López & Bello, 2005 [22], que el porcentaje de fibra dietaria tiende a estar entre 7,14-13,05%.

4.2.1.5. Con respecto a los análisis realizados al Almidón de maíz

En lo que se refiere al Almidón obtenido a partir del Factor A (variedades de *Zea mays L.*), se realizó análisis de pH, en el cual se obtuvieron los valores: a_0 =

(Iniap H-551)= 5,1; a_1 =(Trueno NB7443)= 6,0; a_2 =(Pioneer 4226)= 5,9 y a_3 =(Mocacheño)= 5,5; donde las variedades Trueno NB7443; Pioneer 4226 y Mocacheño, se encuentran dentro de los valores de pH (5,5-6,3), reportados por Bressani; Turcios; Reyes & Mérida, 2001 [23].

En base a los valores obtenidos de Acidez, indica que a_0 =(Iniap H-551)= 0,1029 %; a_1 =(Trueno NB7443)= 0,2255 %; a_2 =(Pioneer 4226)= 0,2746 % y a_3 =(Mocacheño)= 0,1716 %; donde la Norma Técnica Peruana ITINTEC 205.207-1986 [27]; indica que el rango de acidez va de 0,10 a 0,18 %, por lo tanto las variedades Iniap H-551 y Mocacheño, se encuentra dentro de los parámetros establecidos por dicha norma.

En Ceniza, se obtuvo valores de: a_0 =(Iniap H-551)= 0,6 %; a_1 =(Trueno NB7443)= 0,4 %; a_2 =(Pioneer 4226)= 0,4 % y a_3 =(Mocacheño)= 0,4 %; donde la norma NTE INEN 1737-1990 [28]; indica que el límite máximo de cenizas en el almidón es de 1,0 % (porcentaje sobre base seca), por ende las cuatro variedades de maíz se encuentran dentro del rango establecido.

Según la norma NTE INEN 1737-1990 [28]; muestra que la Humedad tiene un rango máximo de 13,5 %, mientras que los valores obtenidos: a_0 =(Iniap H-551)= 14,415 %; a_1 =(Trueno NB7443)= 13,505 %; a_2 =(Pioneer 4226)= 16,015 % y a_3 =(Mocacheño)= 15,905 %; donde la variedad Trueno NB7443 se encuentra dentro del rango permitido según la norma mencionada.

4.3. Tratamientos de Hipótesis

- De acuerdo a los resultados obtenidos acerca de las variedades de *Zea mays* L. (Iniap H-551, Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño) y los métodos de extracción (Químico y Mecánico), éstos influyeron en la obtención final del aceite, por lo que se acepta la Hipótesis “ H_a = Las variedades de maíz y los métodos de extracción aplicados, influyen en las características químicas y rendimiento del producto final.”

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Respecto al análisis del Grano de maíz, la variedad Mocacheño obtuvo mejores resultados en los análisis de Almidón y Proteína, mientras que la variedad Iniap H-551, presentó mejor contenido de Grasa y en el análisis de Fibra Bruta todas las variedades estudiadas se encuentran dentro del rango permitido. De acuerdo al análisis de Fibra Dietaria realizada a la variedad Iniap H-551, se concluye que posee una cantidad mayor a los parámetros establecidos.
- Referente al Almidón de maíz, las variedades Trueno NB7443, Pioneer 4226 y Mocacheño presentaron resultados óptimos de pH; mientras que la variedad Iniap H-551 y Mocacheño destacan en los resultados obtenido en Acidez; en lo que respecta a Ceniza, todas las variedades investigadas se encuentran dentro del rango permitido; y en lo referente a Humedad la variedad Trueno NB7443 es la que presenta mejores resultados.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que la variedad de maíz con mejores resultados en pH fueron Pioneer 4226 y Mocacheño, la Acidez de las variedades estuvieron por encima del rango permitido, siendo la más cercana la variedad Mocacheño (0,65 %), en cuanto a la Humedad, la variedad Iniap H-551 es la más cercana a los parámetros permitidos y con lo que se refiere a la Densidad, el mejor valor fue Trueno NB7443.
- En lo que concierne al método de extracción, la extracción química presenta mejores valores adecuados de pH y Acidez, mientras que la extracción mecánica mostró mejor contenido de Humedad y en el análisis de Densidad se obtuvo valores similares entre las dos extracciones. En interacciones (Variedades de Maíz + Métodos de extracción), se destaca la interacción Pioneer 4226+Químico, que presentó las mejores características químicas del aceite.
- Según el balance aplicado, se determinó que la variedad de maíz Iniap H-551, fue la que presentó un mejor rendimiento en cuanto a la extracción mecánica y la variedad Mocacheño, en cuanto a la extracción química del aceite.

5.2. Recomendaciones

- Tomando como referencia al Grano de maíz local, considerando las excelentes características obtenidas de Fibra Dietaria de la variedad Iniap H-551, éste debería ser motivo de futuras investigaciones referentes a Nutrición.
- Es recomendable que la variedad Mocacheño sea utilizada en la obtención de almidón, debido sus características químicas.
- Se debería utilizar la variedad Iniap H-551 ya que presentó un mejor rendimiento en cuanto al aceite, así mismo, para la extracción mecánica es recomendable utilizar el germen de maíz ya que en éste se concentra la mayor cantidad de aceite.
- Para la obtención del aceite de maíz, es recomendable el método de extracción químico, ya que aprovecha al máximo el contenido total de aceite en el grano, sin embargo se debe considerar futuras investigaciones a fin de obtener una prensa acorde a nuestra economía con la suficiente presión para dicha extracción.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- [1] V. Corcuera, M. Pennisi, M. Kandus y J. Salerno, «Determinación de la Composición de Ácidos Grasos en Granos de Maíz de Uso Especial,» *Comisión de Investigaciones Científica*, vol. 25, pp. 8-11, 2006.
- [2] FAO, «El maiz en la nutricion humana,» 1988.
- [3] B. Torres Morales, «Selección para contenido de aceite en el grano de variedades de maíz de la raza comiteco de Chiapas, México.,» *Agrociencia*, vol. 44, pp. 679-689, 2010.
- [4] Gustav Heess, «Aceite de germen de maíz,» [En línea]. Available: http://gustavheess.com/productos_ficha.php?i=ESP&id=35&m=2&d=. [Último acceso: 03 Julio 2017].
- [5] E. Narváez, J. Figueroa, S. Taba y E. & Á. E. Castaño, «Efecto del Tamaño del Gránulo de Almidón de Maíz en sus Propiedades Térmicas y de Plastificado,» *Fitotec*, vol. 30, 2007.
- [6] P. Reyes, *El maíz y su cultivo*, México, DF. México.: AGTEditor S.A., 1990.
- [7] R. Paliwal, «FAO,» 2001. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650S/x7650s08.htm>.
- [8] A. Gil, *Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*, 2010.
- [9] R. Jordi, E. Bernat, B. Grau, P. Rita y R. Antoni, «Caracterización de las propiedades físicas de aceites vegetales para ser utilizados como carburante en motores diesel,» 2010.
- [10] J. Gear, «Maíz y Nutrición; El cultivo del maíz en la Argentina,» *Recopilación de ILSI*, Argentina, 2006.
- [11] B. Contreras, «Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico.,» Querétaro, México., 2009.
- [12] B. Torres, B. Coutiño, A. Muñoz, A. Santacruz, A. Mejía, S. Serna y S. & P. N. García, «Selección para contenido de Aceite en el Grano de Variedades de Maíz de la raza Comiteco de Chiapas, México,» *Redalyc*, vol. 44, pp. 1-12, 2010.
- [13] S. Crespo, M. Burbano y A. Vasco, *INIAP H-551 HIBRIDO DE MAIZ PARA LA ZONA CENTRAL DEL LITORAL*, Quito, Ecuador: INIAP, 1990.

- [14] INIAP, «HÍBRIDO INIAP H-551,» [En línea]. Available: http://sinagap.agricultura.gob.ec/infoproductor/maiz/images/tipos_semillas/hibrido_iniap_h551.pdf.
- [15] J. Rodríguez Muñoz, «Comportamiento agronómico de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en estado de choclo cultivados a dos distancias de siembra,» Guayaquil, 2013.
- [16] INDIA, PRONACA, «PRONACA,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.pronaca.com/site/principalAgricola.jsp?arb=1099&cdgPad=26&cdgCat=7&cdgSub=64&cdgPr=751>.
- [17] Pioneer, «PIONEER,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.pioneer.com/web/site/bolivia/menuitem.c6c11eb0c48751ba81c681c6019e63aa/>.
- [18] Karak y N, «Vegetable oils and their derivatives,» *Science Direct*, pp. 54-95, 2012.
- [19] Codex Alimentarius, «Norma para Aceites Vegetales Especificados,» FAO, 1999.
- [20] Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación, «El maíz en la nutrición humana,» Roma, 1933.
- [21] H. Carlos, R. Ysamar, N. Zulay y P. Sergio., «Efecto del Almacenamiento de Granos de Maíz (*Zea mays*) sobre la Calidad del Aceite Extraído,» *SciELO*, p. 10, 2009.
- [22] G. Méndez, J. Solorza, M. Velázquez, N. Gómez y O. & B. L. Paredes, «Composición Química y Caracterización Calorimétrica de Híbridos y Variedades de Maíz Cultivadas en México.,» *Agrociencia*, 2005.
- [23] R. Bressani, J. Turcios, L. Reyes y R. & Mérida, «Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central,» *SciELO*, vol. 51, nº 3, 2001.
- [24] G. Santomá y J. & M. J. Méndez, «Materias Primas utilizadas en Conejos,» Barcelona, 1984.
- [25] INEN 0027, «Aceite de maíz. Requisitos,» Norma Ecuatoriana, 1973.
- [26] NMX-F-030-1985, «ALIMENTOS. ACEITE COMESTIBLE PURO DE MAÍZ. FOODS. EDIBLE PURE CORN OIL. NORMAS MEXICANAS.,» Normas Mexicanas., 1985.

- [27] ITINTEC, «Harina para Consumo Doméstico y Uso Industrial,» Norma Técnica Peruana, 1986.
- [28] INEN 1737, «Harina de Maíz Precocida. Requisitos.,» Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria, 1990.
- [29] N. Feldman, «Los alimentos y la salud,» 30 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <http://rescatatusalud.blogspot.com/2012/12/la-dieta-alcalina-del-dr-norberto-f.html>. [Último acceso: 30 Junio 2017].
- [30] Gustav Heess, «Gustav Heess,» 02 Octubre 2013. [En línea]. Available: http://gustavheess.com/pdf_esp/3144seg.pdf. [Último acceso: 30 Junio 2017].
- [31] J. Rippe, *Su Plan para una Vida Equilibrada*, México DF, 2008.
- [32] H. Lara, R. Galo, Q. Juan y O. Raúl, «INIAP H-551: Híbrido de maíz duro para la zona central del Litoral,» *INIAP*, p. 2, 2014.
- [33] M. Sandal Paucar, «COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* l.). EN EL CANTÓN PUEBLO VIEJO PROVINCIA DE LOS RÍOS.,» 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/478/1/T-UTEQ-0027.pdf>.
- [34] R. Segundo, A. Daniel, C. Rómulo, C. Tarquino, C. Napoleón y C. Caferino, «INIAP - H - 601 HÍBRIDO DE MAÍZ PARA CONDICIONES DE LADERA DEL TRÓPICO SECO ECUATORIANO,» *INIAP*, 2004.
- [35] N. Intriago Solórzano, «FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays*) AMARILLO DURO DK 1040 E INIAP H-553 EN EL EMPALME,» 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/561/1/T-UTEQ-0103.pdf>.
- [36] C. Vasco Pérez, «Evaluación y caracterización morfológica y molecular de germoplasma de maíz duro de altura,» Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador, 2001.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Datos de los análisis realizados a los tratamientos

	Factor A	Factor B	Réplicas	pH	Acidez	Humedad	Densidad
1	1	1	1	3,96	0,77	0,05	0,950
2	1	2	1	3,88	0,62	0,06	0,935
3	2	1	1	4,03	0,55	0,09	0,926
4	2	2	1	3,06	0,75	0,10	0,910
5	3	1	1	4,07	0,86	0,07	0,915
6	3	2	1	3,96	0,84	0,08	0,960
7	4	1	1	4,23	0,54	0,21	0,944
8	4	2	1	4,02	0,76	0,05	0,920
9	1	1	2	3,96	0,77	0,07	0,950
10	1	2	2	3,88	0,62	0,06	0,935
11	2	1	2	4,03	0,60	0,09	0,928
12	2	2	2	3,06	0,75	0,10	0,910
13	3	1	2	5,00	0,86	0,07	0,915
14	3	2	2	3,96	0,84	0,08	0,960
15	4	1	2	4,23	0,54	0,21	0,944
16	4	2	2	4,02	0,76	0,05	0,920

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Anexo 2. Tabla de Medias del Factor A (Variedades de Maíz) y del Factor B (Métodos de extracción)

En la tabla 11 que se encuentra a continuación, se presenta las medias del factor A (variedades de maíz) de los análisis fisicoquímicos efectuados:

Tabla 11 Valores de las medias del Factor A de cada uno de los análisis fisicoquímicos

Factor A	pH	Acidez (%)	Humedad (%)	Densidad (gr/cc)
Iniap H-551	3,92	0,695	0,06	0,9425
Trueno NB7443	3,545	0,6625	0,095	0,9185
Pioneer 4226	4,2475	0,85	0,075	0,9375
Mocacheño	4,125	0,65	0,13	0,932

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

En la tabla 12 que se encuentra a continuación, se presenta las medias del factor B (métodos de extracción) de los análisis fisicoquímicos efectuados:

Tabla 12 Valores de las medias del Factor B de cada uno de los análisis fisicoquímicos

Factor B	pH	Acidez (%)	Humedad (%)	Densidad (gr/cc)
Químico	4,18875	0,68625	0,1075	0,934
Mecánico	3,73	0,7425	0,0725	0,93125

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

En la tabla 13 que se encuentra a continuación, se presenta las medias de las interacciones (variedades vs métodos de extracción) de los análisis fisicoquímicos efectuados:

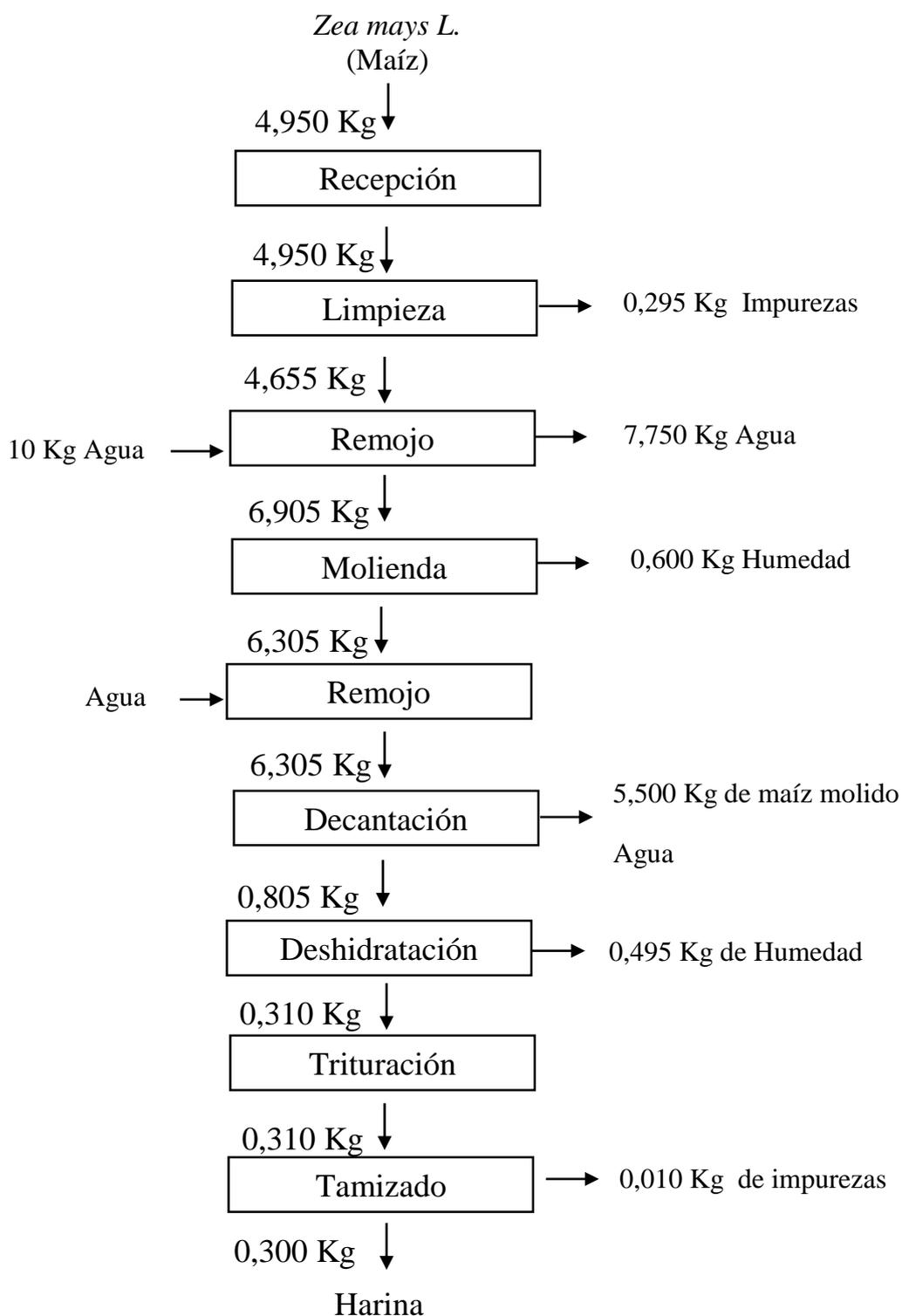
Tabla 13 Valores de las medias de las interacciones de cada uno de los análisis fisicoquímicos

Interacción	pH	Acidez (%)	Humedad (%)	Densidad (gr/cc)
Iniap H-551 + Químico	3,96	0,77	0,06	0,95
Iniap H-551 + Mecánico	3,88	0,62	0,06	0,935
Trueno Nb7443 + Químico	4,03	0,575	0,09	0,927
Trueno Nb7443 + Mecánico	3,06	0,75	0,10	0,91
Pioneer 4226 + Químico	4,535	0,86	0,07	0,915
Pioneer 4226 + Mecánico	3,96	0,84	0,08	0,96
Mocacheño + Químico	4,23	0,54	0,21	0,944
Mocacheño + Mecánico	4,02	0,76	0,05	0,92

Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Anexo 3. Balance de materia en el proceso de obtención del Almidón

En el diagrama de flujo que se encuentra a continuación se muestra el balance de materia del proceso de obtención del almidón de maíz:



Variedad INIAP H-551
Elaborado por: Velasco Adriana. 2017

Anexo 4. Datos de los análisis de Fibra Dietaria realizados al Grano de Maíz



INFORME DE ENSAYOS

Fecha de Informe:	29/06/2017	Orden:	411R	N° de Informe:	3494-17	Página:	1/1
-------------------	------------	--------	------	----------------	---------	---------	-----

INFORMACION DEL CLIENTE:							
Nombre:	VELASCO LIMONES ADRIANA GABRIELA						
Dirección:	CALLE HONDURAS 217 Y ARGENTINA						
Teléfono:	0939838696	Fax:	--	E. Mail:	--		

DATOS DE LA MUESTRA:							
Tipo de Muestra:	Cereales y Derivados						
Nombre:	MAIZ INIAP R-551						
Descripción:	Maíz						
Lote:	--	Fecha de Elab.	--	Fecha de Exp.	--		
Contenido Declarado:	--	Cantidad Recibida:	1 de 402 g	Condición:	Normal, funda plástica		
				Forma de conservación:	Ambiente		
Fecha de Recepción:	19/06/2017	Cód. de Laboratorio:	CG-C-380-19-06-17	Muestra:	Realizado por el cliente		

RESULTADOS					
ANÁLISIS QUÍMICOS					
Fecha de Análisis	20/06/2017	Página R 3B-5.10:	17042		
Condiciones ambientales:		Temperatura:	22°C -33°C	Humedad Relativa:	24% -62%
Parámetros	Unidad	Resultados	Requisitos	Método de Referencia	
Fibra Dietaria	g/100g	30,24	--	AOAC 19TH 985.29	

OBSERVACIÓN

Se podrán realizar modificaciones a este documento, hasta 6 meses después de su emisión, las mismas que deberán ser respaldadas, por un requerimiento de las autoridades de salud o por un sustento técnico válido, de acuerdo al criterio del laboratorio.

La contra muestra se almacena en el laboratorio por 1 Mes.

Prohibida su reproducción total o parcial, sin previa autorización de LABORATORIOS AVVE S.A.

Los registros generados por el análisis de la(s) muestra(s) son mantenidas en los archivos del laboratorio por 5 años

Las observaciones y opiniones no se encuentran dentro del Alcance de Acreditación

Válido solo el informe original


 Dra. Margot Vélez de Avilés
 Gerente Técnico & Calidad

Fuente: Laboratorios AVVE

Anexo 5. Fotos del proceso de extracción mecánica del aceite de maíz

		 <p>300 g Impurezas trueno</p>
<p>Limpieza de granos</p>	<p>Peso de granos</p>	<p>Peso de impurezas</p>
		
<p>Prensa Hidráulica</p>	<p>Torta</p>	<p>Prensa Expeller</p>
		
<p>Masa obtenida de la Prensa</p>	<p>Gata Hidráulica</p>	<p>Aceite</p>

Anexo 6. Fotos del proceso de extracción química del aceite de maíz

		
Extracción del germen	Secado	Molido
		
Peso de la muestra	Preparación de muestra	Medición del éter dietílico
		
Aparato de Goldfish	Método Soxhlet	Aceite extraído

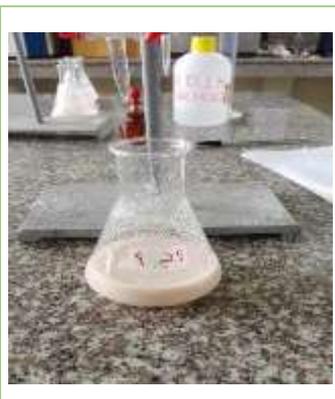
Anexo 7. Fotos del proceso de elaboración de harina de maíz

 <p>Remojo del grano</p>	 <p>Molido</p>	 <p>Tamizado</p>
 <p>Decantación</p>	 <p>Decantación</p>	 <p>Secado</p>
 <p>Molido</p>	 <p>Tamizado</p>	 <p>Harina</p>

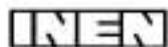
Anexo 8. Fotos de análisis de laboratorio en el aceite



Anexo 9. Fotos de análisis de laboratorio en la harina

 A laboratory flask containing a pink liquid, likely a titration mixture, on a lab bench.	 A digital pH meter with a glass electrode being used to measure a sample.	 A muffle furnace with its door open, showing a crucible inside, used for ash analysis.
<p>Acidez</p>	<p>pH</p>	<p>Ceniza</p>
 A person in a lab coat weighing flour into a container on a scale.	 Four white bowls containing different types of flour, used for moisture determination.	 Four white crucibles containing samples, used for moisture determination.
<p>Peso de la harina</p>	<p>Harina de las cuatro variedades</p>	<p>Determinación de Humedad</p>

Anexo 10. Norma NTE INEN 0027-2012 (Aceite de maíz. Requisitos)



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 27:2012
Primera revisión

ACEITE DE MAIZ. REQUISITOS.

Primera Edición

CORN OIL - REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRPTORES: Tecnología de los alimentos, aceites y grasas comestibles, grasas y aceites animales y vegetales, aceite de maíz
requisitos.
AL: 02.07-409
CDU: 665.333.4
CIIU: 3115
ICS: 67.200.10

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	ACEITE DE MAIZ. REQUISITOS.	NTE INEN 27:2012 Primera revisión 2012-05
---	--------------------------------	--

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el aceite de maíz.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al aceite de maíz crudo y al aceite de maíz comestible.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 7 y la que a continuación se detalla:

3.1.1 *Aceite de maíz*. Es el aceite extraído del germen del maíz (*Zea mays L.*).

4. CLASIFICACIÓN

4.1 De acuerdo con su estado de procesamiento, el aceite de maíz se clasifica de la manera siguiente:

4.1.1 *Aceite crudo de maíz*. Es aquel que no ha sido sometido a un proceso de refinación.

4.1.2 *Aceite comestible de maíz*. Es aquel que, luego de ser sometido a un adecuado proceso de refinación, es apto para consumo humano.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 El aceite crudo de maíz no podrá destinarse a consumo humano directo.

5.2 El producto regulado por las disposiciones de la presente norma se debe preparar y manipular de acuerdo a las Buenas Prácticas de Manufactura.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 El aceite de maíz debe ser extraído de semillas sanas, limpias y en buen estado de conservación, y debe tener el olor y sabor característicos de este aceite.

6.1.2 El *aceite crudo de maíz*, ensayado de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes, debe cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 1, con excepción de: pérdida por calentamiento que podrá alcanzar un máximo de 1 %, y acidez (como ácido oleico) que podrá alcanzar un máximo de 3 % (ver 6.2).

6.1.3 El *aceite comestible de maíz* debe ser refinado, presentar aspecto límpido, color amarillento y no debe contener materias extrañas, sustancias que modifiquen su aroma o color, o residuos de las sustancias empleadas para su refinación. Ensayado de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes, debe cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 1.

TABLA 1. Especificaciones del aceite de maíz

REQUISITO	UNIDAD	Min.	Máx.	METODO DE ENSAYO
Densidad relativa, 25/25°C	-	0,910	0,920	NTE INEN 35
Índice de yodo	cg/g	102	132	NTE INEN 37
Acidez libre (como ácido oleico)	%	-	0,2	NTE INEN 38
Pérdida por calentamiento	%	-	0,05	NTE INEN 39
Índice de refracción a 25°C	-	1,470	1,474	NTE INEN 42
Índice de peróxido	meqO ₂ /kg	-	10,00	NTE INEN 277

6.1.4 Las reacciones de Villavecchia y de Halphen-Gastaldi, efectuadas de acuerdo con la NTE INEN 44 sobre el aceite crudo o comestible de maíz, deben dar resultados negativos.

6.1.5 Las determinaciones de aceite de pescado, de aceites minerales y de sustancias colorantes, efectuadas de acuerdo con la NTE INEN 44 sobre el aceite crudo o comestible de maíz deben dar resultados negativos.

6.1.6 El ensayo de rancidez (Reacción de Kreis), efectuado de acuerdo con la NTE INEN 45 sobre el aceite comestible de maíz, debe dar resultado negativo.

6.1.7 El límite máximo de contaminantes permitidos en aceite de maíz, son los establecidos en la tabla 2.

TABLA 2. Límites máximo para contaminantes

PARAMETRO	Límite máximo (mg/kg)	METODO DE ENSAYO
Hierro	1,5	NTE INEN 2182
Cobre	0,1	NTE INEN 2182
Plomo	0,1	NTE INEN 2183
Arsénico	0,1	AOAC 988.15 15a. Edición

6.1.8 Los residuos de plaguicidas, pesticidas y sus metabolitos, no podrán superar los límites establecidos por el Codex Alimentario en su última edición CAC/MLR 1.

6.1.9 *Aditivos (antioxidantes y sinergistas)*. Se permite la utilización de los aditivos indicados en la NTE INEN 2074

7. REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

7.1 El transporte, distribución, comercialización y el almacenamiento del producto debe realizarse en condiciones que no modifiquen sus características físico-químicas y organolépticas.

8. INSPECCIÓN

8.1 Muestreo

8.1.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo con la NTE INEN 5.

8.2 Aceptación y rechazo.

8.2.1 Se acepta el lote si cumple con los requisitos establecidos en esta norma, caso contrario se rechaza.