

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AGROINDUSTRIAL**



**“DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA Y  
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE SEMILLA DE  
*Cucurbita máxima Y Cucurbita ficifolia*”**

**PRESENTADO POR**

**Bach. HIDALGO CASTRO, Daniel Alexis**

**Bach. NUÑEZ MORALES, Seleni Milagros**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**  
**2021**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

#### AGROINDUSTRIAL



#### HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado “DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE SEMILLA DE *Cucurbita máxima* Y *Cucurbita ficifolia*”, para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. HIDALGO CASTRO DANIEL ALEXIS y Bach. NUÑEZ MORALES SELENI MILAGROS, ha sido revisado y aprobado por el asesor Dr. Víctor Castro Zavaleta, designado mediante resolución decanal N° 504-2019-UNS-FI



Dr. Víctor Castro Zavaleta



### HOJA DE AVAL DE JURADO EVALUADOR

En el presente trabajo de tesis titulado: "DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE SEMILLA DE *Cucurbita máxima* y *Cucurbita ficifolia*", para obtener el título profesional de ingeniero agroindustrial, presentado por los bachilleres: HIDALGO CASTRO DANIEL ALEXIS y NUÑEZ MORALES SELENI MILAGROS, teniendo como asesor al Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta, designado mediante resolución decanal N° 504-2019-UNS-FI, ha sido revisado y aprobado el día 23 de Febrero del 2021 por el siguiente jurado evaluador, designados mediante resolución N° 280-2020-UNS-CFI

Dra. Elza Berta Aguirre Vargas  
Presidenta

Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta  
Secretario

Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar  
Integrante



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 8:00 am, del 05 de Marzo del Dos Mil Veintiuno se habilitó la plataforma virtual ZOOM, con el enlace: <https://uns-edu-pe.zoom.us/j/83433163962?pwd=eC9DQk13ZGx4aUVkd29icTc0Q2pTd09&fbclid=IwAR2zlp-3vceTbXNC-hCgAhN4gm2tF0ZGzQiEsOEsTh9rKhtR7QjroB3zRDs>, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 280-2020-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Presidente)
- **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta** (Secretario)
- **Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar** (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

**“DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE SEMILLA DE *Cucurbita máxima* y *Cucurbita ficifolia*”,** elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- **Hidalgo Castro Daniel Alexis**
- **Núñez Morales Seleni Milagros**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta**

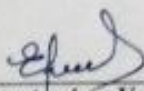
Finalizada la sustentación, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.


El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

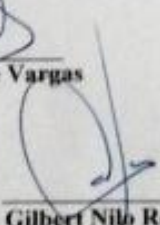
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
HIDALGO CASTRO DANIEL ALEXIS	18	MUY BUENO

Siendo las 09:30 am del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 05 de Marzo del 2021

  
**Dra. Elza Berta Aguirre Vargas**  
 Presidenta

  
**Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta**  
 Secretario

  
**Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar**  
 Integrante



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 8:00 am, del 05 de Marzo del Dos Mil Veintiuno se habilitó la plataforma virtual ZOOM, con el enlace: <https://uns-edu-pe.zoom.us/j/83433163962?pwd=eC9DQk13ZGx4aUVkd29icTc0Q2pTdz09&fbclid=IwAR2zlp-3vceTbXNC-hCgAhN4gm2tF0ZGzQiEsOE5Th9rKhtR7QjroB3zRDs>, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 280-2020-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Presidente)
- **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta** (Secretario)
- **Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar** (Integrante); para inicio a la Sustentación y Evaluación de Tesis, titulada:

**“DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE SEMILLA DE *Cucurbita máxima* y *Cucurbita ficifolia*”, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:**

- **Hidalgo Castro Daniel Alexis**
- **Núñez Morales Seleni Milagros**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta**


Finalizada la sustentación, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

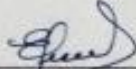
El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
NÚÑEZ MORALES SELENI MILAGROS	18	MUY BUENO

Siendo las 09:30 am del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 05 de Marzo del 2021

  
**Dr. Victor Augusto Castro Zavaleta**  
 Secretario

  
**Dra. Elza Berta Aguirre Vargas**  
 Presidenta

  
**Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar**  
 Integrante



### DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, DANIEL HIDALGO CASTRO

Facultad:	Ciencias	Educación	Ingeniería	<input checked="" type="checkbox"/>
Escuela Profesional:	AGROINDUSTRIAL			
Departamento Académico:				
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado	

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

Determinación de la estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante del aceite de semilla de cucurbita máxima y cucurbita ficifolia

presentado en ..... folios, para la obtención del Grado académico: ( )

Título profesional: (X) Investigación anual: ( )

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 26 de NOVIEMBRE de 2020.

Firma:

Nombres y Apellidos: DANIEL ALEXIS HIDALGO CASTRO

DNI: 48253767



### DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Seleni Milagros Nuñez Morales

Facultad:	Ciencias	Educación	Ingeniería	<input checked="" type="checkbox"/>
Escuela Profesional:	<u>Agroindustrial</u>			
Departamento Académico:				
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado	

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

Determinación de la estabilidad oxidativo y capacidad antioxidante del aceite de semilla de Cucurbita máxima y Cucurbita pepo.

presentado en ..... folios, para la obtención del Grado académico: ( )

Título profesional: (X) Investigación anual: ( )

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 26 de NOVIEMBRE de 20 20.

Firma:

Nombres y Apellidos: Seleni Milagros Nuñez Morales

DNI: 72421454

## **DEDICATORIA**

Primero, a Dios sobre todas las cosas, por darme las fuerzas necesarias para culminar este trabajo de investigación, guiando cada paso que he dado a lo largo de mi vida universitaria.

A mis padres, por su comprensión y apoyo incondicional en todo momento, siendo una fuente de inspiración constante para mí.

Y por último, a mí, por nunca perder el rumbo en este camino llamado vida.

*Daniel Alexis Hidalgo Castro*



## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza necesaria y permitir llegar con salud a concretar una de mis metas profesionales, iluminándome a lo largo de mi carrera universitaria estando conmigo en todo momento, y por colocar a buenas personas en mi camino que me brindaron oportunidades de crecimiento profesional y personal.

A mis padres, María y Antolino, por acompañarme en cada etapa de este proyecto con palabras de aliento y motivación, apoyarme en mi desarrollo profesional, por siempre confiar en mí, ser mi fuerza y fuente de amor infinito.

A mi abuela, Rosario, quién es participe de mis logros, por sus consejos, buenos deseos y anhelos para mí.

A mis amigas de toda la vida, Lucero y Kiara, por su apoyo y motivación, quiénes están conmigo para alentarme en cada paso y logro conseguido.

*Seleni Milagros Nuñez Morales*

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro asesor el Dr. Víctor Castro Zavaleta, por su orientación y enseñanzas en cada etapa de la tesis, así como la disposición presentada para con nosotros frente a cualquier duda en el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Jhon y personal a cargo del IITA por los ambientes y asesorías brindadas, especialmente a la Ing. Soledad, quién nos facilitó el acceso a los laboratorios para los principales análisis realizados en el proyecto, así como también al Ing. Lenin por su ayuda y consejos en la culminación del proyecto

Al Sr. Nilo, agricultor, comerciante y amigo, por habernos dado las facilidades en la recolección de la materia prima que necesitamos para la ejecución del proyecto.

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	MARCO TEORICO .....	3
2.1.	ZAPALLO.....	3
2.1.1.	Taxonomía.....	4
2.1.2.	Características .....	4
2.1.3.	Composición Fisicoquímica .....	5
2.2.	SEMILLA DE ZAPALLO .....	6
2.2.1.	Composición de la Almendra .....	6
2.2.2.	Propiedades .....	7
2.3.	CHICLAYO .....	7
2.3.1.	Taxonomía.....	8
2.3.2.	Características .....	8
2.3.3.	Composición fisicoquímica.....	9
2.4.	SEMILLA DE CHICLAYO.....	9
2.4.1.	Composición de la Almendra .....	10
2.4.2.	Propiedades .....	11
2.5.	ACEITES VEGETALES .....	11
2.5.1.	Ácidos grasos .....	11
2.5.2.	Vitamina E.....	13
2.5.4.	Aceite de semillas de cucurbitáceas .....	14
2.5.6.	Características fisicoquímicas del aceite .....	15
2.5.6.1.	Densidad relativa.....	15
2.5.6.2.	Índice de refracción.....	15
2.5.6.3.	Índice de acidez.....	16
2.5.6.4.	Índice de peróxidos .....	16
2.5.6.5.	Índice de yodo .....	16
2.5.6.6.	Índice de anisidina.....	17
2.5.6.7.	Valor TOTOX. ....	17
2.6.	ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE .....	17
2.6.1.	Método Rancimat .....	18
2.6.2.	Relación entre la estabilidad oxidativa y la temperatura.....	19
2.6.3.	Relación entre el índice de estabilidad oxidativa y la energía de activación. .	20

2.7.	CROMATOGRAFIA DE GASES EN ACEITES VEGETALES .....	21
2.8.	POLIFENOLES TOTALES.....	22
2.8.1.	Compuestos fenólicos .....	23
2.8.2.	Método Folin - Ciocalteu .....	24
2.9.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE .....	26
2.9.1.	Mecanismos de los antioxidantes.....	26
2.9.2.	Método DPPH .....	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN .....	29
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	29
3.2.1.	Materia prima .....	29
3.2.2.	Reactivos .....	29
3.2.3.	Materiales de vidrio.....	30
3.2.4.	Equipos.....	30
3.3.	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS .....	31
3.3.1.	Determinación de tamaño y forma de semillas húmeda y seca.....	31
3.3.1.1.	Diámetro medio aritmético (Da) .....	31
3.3.1.2.	Diámetro medio geométrico (Dg) y esfericidad (Ø). .....	32
3.3.1.3.	Área superficial específica .....	32
3.3.1.4.	Relación de aspecto .....	32
3.3.2.	Análisis proximal para la almendra de <i>Cucurbita máxima</i> y <i>Cucurbita ficifolia</i> .....	33
3.3.2.1.	Humedad .....	33
3.3.2.2.	Cenizas .....	33
3.3.2.3.	Grasa.....	33
3.3.3.	Análisis fisicoquímicos para el aceite de semilla de <i>Cucurbita máxima</i> y <i>Cucurbita ficifolia</i> . .....	33
3.3.3.1.	Densidad.....	33
3.3.3.2.	Índice de refracción.....	33
3.3.3.3.	Índice de acidez .....	33
3.3.3.4.	Índice de Peróxidos .....	33
3.3.3.5.	Índice de Yodo .....	33
3.3.3.6.	Índice de anisidina.....	33
3.3.3.7.	Valor TOTOX .....	33
3.3.4.	Estabilidad oxidativa .....	33
3.3.4.1.	Índice de estabilidad oxidativa. ....	34
3.3.4.2.	Estimación de la vida útil .....	35

3.3.4.3.	Energía de Activación .....	35
3.3.5.	Perfil de Ácidos Grasos .....	36
3.3.6.	Polifenoles Totales .....	36
3.3.7.	Capacidad Antioxidante .....	38
3.4.	METODOLOGÍA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE POR PRENSADO EN FRÍO	40
3.5.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	42
3.6.	DISEÑO ESTADÍSTICO .....	43
3.7.	EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD OXIDATIVA.....	43
3.7.1.	Variables Independientes .....	43
3.7.2.	Variables Dependientes.....	43
3.7.3.	Modelo Matemático Lineal .....	43
3.7.4.	Modelo del Diseño Experimental.....	44
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1.	ANÁLISIS GRAVIMÉTRICOS DE SEMILLAS .....	45
4.2.	CARACTERIZACIÓN PROXIMAL DE LAS SEMILLAS .....	46
4.2.1.	Humedad .....	47
4.2.2.	Cenizas .....	47
4.2.3.	Porcentaje de grasa.....	47
4.3.	EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE ZAPALLO Y CHICLAYO.....	48
4.3.1.	Rendimiento de aceite obtenido por prensado en frío .....	48
4.3.1.1.	Análisis de varianza para el rendimiento de aceite obtenido por prensado en frío	49
4.4.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS ACEITES EXTRAÍDOS DE SEMILLA DE ZAPALLO Y CHICLAYO .....	51
4.4.1.	Densidad relativa.....	52
4.4.1.1.	Análisis de varianza para la densidad relativa.....	53
4.4.2.	Índice de refracción.....	54
4.4.2.1.	Análisis de varianza para el Índice de refracción .....	55
4.4.3.	Índice de acidez.....	56
4.4.3.1.	Análisis de varianza para el índice de acidez .....	57
4.4.4.	Índice de peróxidos .....	59
4.4.4.1.	Análisis de varianza para el índice de peróxido .....	60
4.4.5.	Índice de yodo .....	61
4.4.5.1.	Análisis de varianza para el Índice de Yodo .....	62
4.4.6.	Índice de anisidina.....	64
4.4.6.1.	Análisis de varianza para el índice de Anisidina.....	65

4.4.7.	Valor TOTOX .....	67
4.4.7.1.	Análisis de varianza para el valor Totox .....	68
4.4.8.	Perfil de ácidos grasos.....	69
4.5.	ANALISIS FUNCIONAL.....	73
4.5.1.	Polifenoles totales .....	73
4.5.1.1.	Análisis de varianza para Polifenoles Totales .....	74
4.5.2.	Capacidad antioxidante .....	76
4.5.2.1.	Análisis de varianza para la Capacidad Antioxidante .....	77
4.6.	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE SEMILLA DE ( <i>C. maxima</i> ) Y ( <i>C. ficifolia</i> ) .....	78
4.6.1.	Análisis de varianza de la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de <i>C. maxima</i> y <i>C. ficifolia</i> .....	83
4.6.1.1.	Análisis de Varianza para el aceite de semilla de <i>C. Máxima</i> .....	83
4.6.1.2.	Pruebas de Múltiple Rangos para el Índice de la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de <i>C. Maxima</i> por Temperatura.....	84
4.6.1.3.	Pruebas de Múltiple Rangos para el Índice de la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de <i>C. Maxima</i> por Flujo de aire .....	84
4.6.1.4.	Análisis de Varianza para el aceite de semilla de <i>C. Ficifolia</i> .....	85
4.6.1.5.	Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de <i>C. ficifolia</i> por Temperatura. ....	86
4.6.1.6.	Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de <i>C. ficifolia</i> por Temperatura. ....	86
4.7.	ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEITES EXTRAÍDOS DE SEMILLA DE ZAPALLO ( <i>Cucurbita ficifolia</i> ) Y CHICLAYO ( <i>Cucurbita ficifolia</i> ) .....	87
V.	CONCLUSIONES .....	90
VI.	RECOMENDACIONES .....	91
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92
7.1.	BIBLIOGRAFÍA.....	92
VIII.	ANEXOS.....	97
	Anexo 1. Equipos y materiales.....	97
	Anexo 2. Análisis proximal de almendra de <i>Cucurbita Maxima</i> y <i>Cucurbita ficifolia</i> .....	97
	Anexo 3. Extracción y obtención de semilla de <i>Cucurbita maxima</i> y <i>Cucurbita ficifolia</i> .....	98
	Anexo 4. Análisis físico químico de los aceites extraídos .....	99
	Anexo 5. Determinación de la Estabilidad Oxidativa .....	103
	Anexo 6. Determinación del Perfil de ácidos Grasos.....	104
	Anexo 7. Determinación de polifenoles Totales por el método Folin-Ciocalteu .....	105
	Anexo 8. Curva de calibrado para determinar Polifenoles Totales por el método Folin - Ciocalteu a 739 nm.....	106

Anexo 9. Determinación de la Capacidad Antioxidante por el método DPPH.....	107
Anexo 10. Curva de calibrado para determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH.....	108
Anexo 11. Determinación de humedad en semillas .....	109
Anexo 12. Determinación de ceniza en semillas.....	109
Anexo 13. Determinación de densidad en aceites .....	110
Anexo 14. Determinación de índice de refracción en aceites .....	110
Anexo 15. Determinación de índice de acidez.....	110
Anexo 16. Determinación de índice de peróxido.....	111
Anexo 17. Determinación de índice de yodo .....	111
Anexo 18. Perfil de ácidos grasos de los aceites extraídos .....	112
Anexo 19. Gráficas de Conductividad eléctrica vs tiempo para aceite de semilla de ( <i>C. ficifolia</i> ) y ( <i>C. maxima</i> ).....	116
ANEXO 20. Graficas de Extrapolación para aceite de semilla de ( <i>Cucurbita máxima</i> ) y ( <i>Cucurbita ficifolia</i> ) .....	122

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del Zapallo Macre.....	4
Tabla 2 Composición nutricional del Zapallo Macre.....	5
Tabla 3 <i>Caracterización de semillas de cucurbitáceas colectadas en el norte del Perú</i> .....	6
Tabla 4 Valor nutricional de la almendra de <i>Cucurbita maxima</i> .....	6
Tabla 5 Clasificación taxonómica de la <i>Cucurbita ficifolia</i> .....	8
Tabla 6 Valor nutricional del fruto de <i>Cucurbita ficifolia</i> .....	9
Tabla 7 Valor nutricional de la almendra de <i>Cucurbita ficifolia</i> .....	10
Tabla 8 Principales ácidos grasos.....	12
Tabla 9 Clasificación de los polifenoles y ejemplos .....	23
Tabla 10 Modelo de diseño experimental para OSI.....	44
Tabla 11 Dimensiones axiales de la semilla de zapallo .....	45
Tabla 12 Dimensiones axiales de la semilla de Chiclayo .....	45
Tabla 13 Caracterización proximal de semillas .....	46
Tabla 14 Rendimiento de aceite obtenido por prensado en frío.....	48
Tabla 15 ANOVA para Rendimiento por Tipos de aceite .....	49
Tabla 16. Medias para Rendimiento por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% .....	50
Tabla 17 Resultados generales de la caracterización de los aceites extraídos.....	51
Tabla 18 Densidades relativas para los aceites extraídos.....	52
Tabla 19 ANOVA para Densidad relativa por Tipos de aceite .....	53
Tabla 20 Tabla de Medias para Densidad relativa por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% .....	53
Tabla 21 Índice de refracción para <i>c. maxima</i> y <i>c. ficifolia</i> .....	54
Tabla 22 ANOVA para Índice de refracción por Tipos de aceite .....	55

Tabla 23 Medias para Índice de refracción por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% .....	55
Tabla 24 Índice de acidez para las muestras de aceite .....	56
Tabla 25 ANOVA para Índice de acidez por Tipos de aceite .....	58
Tabla 26 Medias para Índice de acidez por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% .....	58
Tabla 27 Índice de peróxidos para aceite de c. maxima y c. ficifolia .....	59
Tabla 28 ANOVA para Índice de peróxidos por Tipos de aceite.....	60
Tabla 29 Medias para Índice de peróxidos por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% .....	61
Tabla 30 Índice de yodo para aceite de semilla de c. maxima y c. ficifolia.....	62
Tabla 31 ANOVA para Índice de yodo por Tipos de aceite .....	63
Tabla 32 Medias para Índice de yodo por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% .....	63
Tabla 33 Índice de anisidina de los aceites extraídos.....	64
Tabla 34 ANOVA para Anisidina por Tipos de Aceite .....	65
Tabla 35 Medias para Anisidina por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% ....	66
Tabla 36 Valor Totox para aceite de semilla de c. maxima y c. ficifolia .....	67
Tabla 37 ANOVA para Valor Totox por Tipos de aceite .....	68
Tabla 38 Medias para Valor Totox por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% .....	68
Tabla 39 Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de Cucurbita maxima .....	70
Tabla 40 Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de c. ficifolia .....	71
Tabla 41 Relación entre ácidos grasos saturados e insaturados .....	72
Tabla 42 Polifenoles totales para aceite de semilla de c. maxima y c. ficifolia .....	73
Tabla 43 ANOVA para Polifenoles Totales por Tipos de aceite .....	74
Tabla 44 Medias para Polifenoles Totales por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% .....	75
Tabla 45 Capacidad antioxidante para aceite de semilla de c. maxima y c. ficifolia.....	76
Tabla 46 ANOVA para capacidad antioxidante por Tipos de aceite .....	77
Tabla 47 Medias para DPPH por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0% .....	78
Tabla 48 Índice de estabilidad oxidativa OSI .....	79
Tabla 49 Análisis de varianza en el índice de estabilidad oxidativa del aceite de semilla de C. máxima 83	
Tabla 50 Prueba de múltiples rangos para el Índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de C. máxima. Por Temperatura.....	84
Tabla 51 Prueba de múltiples rangos para el Índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de C. máxima. Por flujo.....	84
Tabla 52 Análisis de varianza para el índice de estabilidad oxidativa del aceite de semilla de C. ficifolia 85	
Tabla 53 Valores de regresión lineal, A y B de los aceites extraídos .....	87
Tabla 54 Valores de extrapolación de OSI a 20°C.....	88
Tabla 55 Valores de Humedad obtenida la muestra de semilla de Cucurbita máxima .....	109
Tabla 56 Valores de Humedad obtenida la muestra de semilla de Cucurbita ficifolia .....	109
Tabla 57 Valores de cenizas obtenida la muestra de semilla de Cucurbita maxima .....	109
Tabla 58 Valores de cenizas obtenida la muestra de semilla de Cucurbita ficifolia .....	109
Tabla 59 Valores obtenidos de densidad para la muestra aceite cucúrbita maxima.....	110
Tabla 60 Valores obtenidos de densidad para la muestra aceite cucúrbita ficifolia.....	110
Tabla 61 Valores obtenidos de densidad para ambas muestras.....	110



Tabla 62 Valores de Porcentaje de Acidez obtenidos para la muestra AZ .....	110
Tabla 63 Valores de Porcentaje de Acidez obtenidos para la muestra ACH .....	111
Tabla 64 Valores de Índice de peróxido obtenidos para la muestra AZ .....	111
Tabla 65 Valores de Índice de peróxido obtenidos para la muestra ACH .....	111
Tabla 66 Valores de Índice de Yodo obtenidos para la muestra AZ.....	111
Tabla 67 Valores de Índice de Yodo obtenidos para la muestra ACH.....	112

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Frutos de zapallo Macre.....	3
<i>Figura 2.</i> Cultivo de <i>Cucurbita maxima</i> .....	4
<i>Figura 3.</i> Frutos de Chiclayo .....	7
<i>Figura 4.</i> Exterior e interior del fruto de Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> ).....	9
<i>Figura 5.</i> Semillas del fruto de Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> ). .....	10
<i>Figura 6.</i> Estructura molecular de algunos ácidos grasos. ....	13
<i>Figura 7.</i> Estructura del tocoferol y tocotrienol.....	13
<i>Figura 8.</i> Diagrama del $\alpha$ -caroteno y del $\beta$ -caroteno.....	14
<i>Figura 9.</i> Principio del método Rancimat Fuente: (METROHM, 2010). .....	18
<i>Figura 10.</i> Esquema de cromatógrafo de gases. ....	21
<i>Figura 11.</i> Estructura química del grupo fenol.....	22
<i>Figura 12.</i> Núcleo estructural de los principales grupos de polifenoles.....	24
<i>Figura 13.</i> Mecanismo de acción del reactivo de Folin - Ciocalteu.....	25
<i>Figura 14.</i> Estructura del ácido gálico. ....	25
<i>Figura 15.</i> Método del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).....	27
<i>Figura 16.</i> Vista de los tres diámetros de una semilla de zapallo, A) (vista frontal vertical), B) (Vista frontal horizontal), C) (Vista de perfil). ....	32
<i>Figura 17.</i> Diagrama de bloque de extracción de aceite de almendra de <i>C. maxima</i> y <i>C. ficifolia</i> por el método de prensado en frío. ....	41
<i>Figura 18.</i> Diagrama del diseño experimental.....	42
<i>Figura 19.</i> Gráfica de medias para rendimiento en extracción de aceite de semilla de <i>c. maxima</i> y <i>c. ficifolia</i> .....	50
<i>Figura 20.</i> Gráfico de medias para densidad .....	54
<i>Figura 21.</i> Gráfico de medias para índice de refracción.....	56
<i>Figura 22.</i> Gráfica de medias para Índice de acidez.....	59
<i>Figura 23.</i> Gráfica de medias para índice de peróxidos. ....	61
<i>Figura 24.</i> Gráfica de medias para Índice de yodo.....	64
<i>Figura 25.</i> Gráfica de medias para Índice de anisidina .....	66
<i>Figura 26.</i> Gráfica de medias para valor Totox.....	69
<i>Figura 27.</i> Relación entre ácidos grasos saturados e insaturados en aceite de semilla de <i>c. maxima</i> y <i>c. ficifolia</i> .....	73
<i>Figura 28.</i> Gráfica de medias para polifenoles totales .....	75
<i>Figura 29.</i> Gráfica de medias para capacidad antioxidante.....	78
<i>Figura 30.</i> Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de <i>C. máxima</i> a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 15 L/h.....	80

Figura 31. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. máxima a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 20 L/h.....	80
Figura 32. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. máxima a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 25 L/h.....	81
Figura 33. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. ficifolia a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 15 L/h.....	81
Figura 34. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. ficifolia a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 20 L/h.....	82
Figura 35. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. ficifolia a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 25 L/h.....	82
Figura 36. Interacciones entre Temperatura y flujo con el Índice de Estabilidad oxidativa para aceite de Semilla de C. máxima.....	85
Figura 37. Interacciones entre Temperatura y flujo con el Índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de C. ficifolia.....	87
Figura 38. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita máxima - 1° repetición.....	112
Figura 39. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita máxima - 2° repetición.....	113
Figura 40. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita máxima - 3° repetición.....	113
Figura 41. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita ficifolia - 1° repetición.....	114
Figura 42. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita ficifolia - 2° repetición.....	114
Figura 43. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita ficifolia - 3° repetición.....	115
Figura 44. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) a temperatura de 110°C y flujo de 15 L/h.....	116
Figura 45. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) a temperatura de 120°C y flujo de 15 L/h.....	116
Figura 46. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) a temperatura de 130°C y flujo de 15 L/h.....	116
Figura 47. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) a temperatura de 110°C y flujo de 20 L/h.....	117
Figura 48. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) a temperatura de 120°C y flujo de 20 L/h.....	117
Figura 49. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) a temperatura de 130°C y flujo de 20 L/h.....	117
Figura 50. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) a temperatura de 110°C y flujo de 25 L/h.....	118
Figura 51. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) a temperatura de 120°C y flujo de 25 L/h.....	118
Figura 52. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) a temperatura de 130°C y flujo de 25 L/h.....	119
Figura 53. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. ficifolia a temperatura de 110°C y flujo de 15L/h.....	119
Figura 54. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. ficifolia a temperatura de 120°C y flujo de 15 L/h.....	119
Figura 55. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. ficifolia a temperatura de 130°C y flujo de 15 L/h.....	120
Figura 56. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. ficifolia a temperatura de 110°C y flujo de 20 L/h.....	120

Figura 57. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de <i>C. ficifolia</i> a temperatura de 120°C y flujo de 20 L/h .....	121
Figura 58. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de <i>C. ficifolia</i> a temperatura de 130°C y flujo de 20 L/h. ....	121
Figura 59. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de <i>C. ficifolia</i> a temperatura de 110°C y flujo de 25 L/h. ....	121
Figura 60. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de <i>C. ficifolia</i> a temperatura de 120°C y flujo de 25 L/h. ....	122
Figura 61. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de <i>C. ficifolia</i> a temperatura de 130°C y flujo de 25 L/h. ....	122
Figura 62. Extrapolación de aceite de semilla de Zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> ) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 15 L/h .....	123
Figura 63. Extrapolación de aceite de semilla de Zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> ) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 20 L/h. ....	123
Figura 64. Extrapolación de aceite de semilla de Zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> ) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 25 L/h .....	124
Figura 65. Extrapolación de aceite de semilla de Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> ) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 15 L/h .....	124
Figura 66. Extrapolación de aceite de semilla de Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> ) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 20 L/h .....	125
Figura 67. Extrapolación de aceite de semilla de Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> ) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 25L/h. ....	125

## RESUMEN

De acuerdo al análisis proximal se obtuvo los siguientes valores para el aceite de semilla de (*C. maxima*) y (*C. ficifolia*) respectivamente: humedad de  $8.71 \pm 0.2721\%$  y  $6.82 \pm 0.3191\%$ , cenizas  $2.61 \pm 0.0551\%$  y  $2.26 \pm 0.3269\%$  y grasa de  $31.95 \pm 0.1305\%$  y  $34.6 \pm 0.0837\%$ ; el rendimiento de aceite obtenido por prensado en frío fue de  $24.73 \pm 0.5032\%$  (p/p) y  $26.0205 \pm 0.1273\%$  (p/p); las características fisicoquímicas mostraron los siguientes valores; El índice de acidez  $1.0096 \pm 0.0018\%$  de ácido oleico y  $0.6730 \pm 0.0016\%$  de ácido oleico para (*C. maxima*) y (*C. ficifolia*); índice de peróxidos  $1.9587 \pm 0.0058$  (meq O<sub>2</sub>/kg) y  $0.9757 \pm 0.0046$  (meq O<sub>2</sub>/kg) para la variedad (*C. maxima*) y (*C. ficifolia*); índice de yodo  $96.6891 \pm 0.2082$  (g I<sub>2</sub>/100g) y  $82.4425 \pm 0.3000$  (g I<sub>2</sub>/100g) para la variedad (*C. maxima*) y (*C. ficifolia*); índice de anisidina  $3.7514 \pm 0.0075$  (meq O<sub>2</sub>/kg) y  $3.6127 \pm 0.0216$  (meq O<sub>2</sub>/kg) para la variedad (*C. maxima*) y (*C. ficifolia*); valor TOTOX  $7.6689 \pm 0.0141$  (meq O<sub>2</sub>/kg) y  $5.5640 \pm 0.0298$  (meq O<sub>2</sub>/kg) para la variedad (*C. maxima*) y (*C. ficifolia*); capacidad antioxidante por el método DPPH  $38.1717 \pm 0.9063$  (μmol trolox/kg) y  $57.1850 \pm 0.6651$  (μmol trolox/kg) para la variedad (*C. maxima*) y (*C. ficifolia*); polifenoles totales por el método Folin-Ciocalteu  $4.0754 \pm 0.2547$  (mg EAG/100g) y  $3.8721 \pm 0.2133$  (mg EAG/100g) para la variedad (*C. maxima*) y (*C. ficifolia*); para el perfil de ácidos grasos se evidenció valores de  $10.1533 \pm 0.0087$  % palmítico,  $5.7460 \pm 0.0098$  % esteárico,  $35.2467 \pm 0.0030$  % oleico y  $48.8543 \pm 0.0110$  % linoleico para la variedad (*C. maxima*) y para la variedad (*C. ficifolia*) valores de  $13.2510 \pm 0.7320$  % palmítico,  $7.3927 \pm 0.3349$  % esteárico,  $17.6513 \pm 0.3923$  % oleico y  $61.0260 \pm 0.7989$  % linoleico; presentando mayor porcentaje de ácidos grasos saturados la variedad (*C. ficifolia*) de  $20.6437\%$  comparado con la variedad (*C. maxima*) de  $15.8993\%$ , mientras que la variedad (*C. maxima*) presentó mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados  $84.1007\%$  comparado con la variedad (*C. ficifolia*) que presentó  $79.3563\%$ ;

El valor OSI se determinó mediante el método de RANCIMAT con los parámetros de temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$ ,  $120^{\circ}\text{C}$  y  $130^{\circ}\text{C}$  y de flujo de aire de 15, 20 y 25 L/h, obteniendo un valor de OSI de 3.27, 3.46, 1.34 años para *C. máxima* y 4.99, 3.55, 1.29 años para *C. ficifolia* respectivamente, los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0,05.

**Palabras Claves:** Cucurbita máxima, Cucurbita ficifolia, aceite, estabilidad oxidativa, capacidad antioxidante.

## ABSTRACT

According to the proximal analysis, the following values were obtained for the seed oil of (*C. maxima*) and (*C. ficifolia*) respectively: humidity of  $8.71 \pm 0.2721\%$  and  $6.82 \pm 0.3191\%$ , ash  $2.61 \pm 0.0551\%$  and  $2.26 \pm 0.3269\%$  and fat of  $31.95 \pm 0.1305\%$  and  $34.6 \pm 0.0837\%$ ; the oil yield obtained by cold pressing was  $24.73 \pm 0.5032\%$  (p / p) and  $26.0205 \pm 0.1273\%$  (p / p); the physicochemical characteristics showed the following values; The acidity index  $1.0096 \pm 0.0018\%$  of oleic acid and  $0.6730 \pm 0.0016\%$  of oleic acid for (*C. maxima*) and (*C. ficifolia*); peroxide index  $1.9587 \pm 0.0058$  (meq O<sub>2</sub> / kg) and  $0.9757 \pm 0.0046$  (meq O<sub>2</sub> / kg) for the variety (*c. maxima*) and (*c. ficifolia*); Iodine value  $96.6891 \pm 0.2082$  (g I<sub>2</sub> / 100g) and  $82.4425 \pm 0.3000$  (g I<sub>2</sub> / 100g) for the variety (*C. maxima*) and (*C. ficifolia*); anisidine index  $3.7514 \pm 0.0075$  (meq O<sub>2</sub> / kg) and  $3.6127 \pm 0.0216$  (meq O<sub>2</sub> / kg) for the variety (*c. maxima*) and (*c. ficifolia*); TOTOX value  $7.6689 \pm 0.0141$  (meq O<sub>2</sub> / kg) and  $5.5640 \pm 0.0298$  (meq O<sub>2</sub> / kg) for the variety (*C. maxima*) and (*C. ficifolia*); antioxidant capacity by the DPPH method  $38.1717 \pm 0.9063$  (μmol trolox / kg) and  $57.1850 \pm 0.6651$  (μmol trolox / kg) for the variety (*C. maxima*) and (*C. ficifolia*); total polyphenols by the Folin-Ciocalteu method  $4.0754 \pm 0.2547$  (mg EAG / 100g) and  $3.8721 \pm 0.2133$  (mg EAG / 100g) for the variety (*c. maxima*) and (*c. ficifolia*); for the fatty acid profile, values of  $10.1533 \pm 0.0087\%$  palmitic,  $5.7460 \pm 0.0098\%$  stearic,  $35.2467 \pm 0.0030\%$  oleic and  $48.8543 \pm 0.0110\%$  linoleic were evidenced for the variety (*C. maxima*) and for the variety (*C. ficifolia*) values of  $13.2510 \pm 0.7320\%$  palmitic,  $7.3927 \pm 0.3349\%$  stearic,  $17.6513 \pm 0.3923\%$  oleic and  $61.0260 \pm 0.7989\%$  linoleic; presenting a higher percentage of saturated fatty acids, the variety (*C. ficifolia*) of  $20.6437\%$  compared to the variety (*C. maxima*) of  $15.8993\%$ , while the variety (*C. maxima*) had a higher percentage of unsaturated fatty acids  $84.1007\%$  compared to the variety (*C. ficifolia*) that presented  $79.3563\%$ ;

The OSI value was determined using the RANCIMAT method with the temperature parameters of  $110^{\circ}\text{C}$ ,  $120^{\circ}\text{C}$  and  $130^{\circ}\text{C}$  and air flow of 15, 20 and 25 L / h, obtaining an OSI value of 3.27, 3.46, 1.34 years for *C. maximum* and 4.99, 3.55, 1.29 years for *C. ficifolia* respectively, the P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 P-values are less than 0.05 these factors have a statistically significant effect on OSI with a 95.0% confidence level.

**Key Words:** *Cucurbita maximum*, *Cucurbita ficifolia*, oil, oxidative stability, antioxidant capacity.

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las industrias de alimentos poco saludables vienen creciendo si es bien cierto se han adoptado leyes en nuestro país, como el de los octógonos, para mermar esta falta de conocimiento por parte de la población. En general, es tarea de todos tomar conciencia acerca de lo que estamos consumiendo, en este sentido vemos que enfermedades cardiovasculares, urinarias, cáncer, sobrepeso y otras, han venido tornándose común en estos tiempos, es por ello que, surgen estudios en una nueva tendencia donde sugieren que nuestros alimentos sean nuestra medicina, por lo que solemos escuchar términos como alimentos funcionales, poli funcionales, capacidad antioxidante, pro bióticos, pre bióticos, sustancias bioactivos, entre otros.

En esta medida hay un interés significativo por estudiar estos compuestos e intentar incluirlos en las industrias alimentarias y farmacéutica para que pueda contribuir con la salud de la población.

La *Cucurbita maxima* “zapallo” y *Cucurbita ficifolia* “chiclayo”, son vegetales utilizados como alimento por el poblador peruano desde épocas prehispánicas. Según investigaciones en el (Museo de Historia Nacional de la UPAO, 2015) Indican que al realizar las entrevistas a los pobladores de las localidades de Trujillo, Simbal, Poroto, Virú, Chao, Agallpampa, Reque, Monsefú, Ferreñafe y Contumazá, se determinó que el consumo de estos se debe a dos factores: el conocimiento científico del valor nutritivo y por el conocimiento popular (tradición ancestral) que también se tiene de ellos.

En tal sentido por lo expuesto anteriormente el presente trabajo consiste en aprovechar las semillas de zapallo y Chiclayo las cuales son desechadas en muchos lugares de nuestro país, esto debido a una falta de conocimiento en cuanto a sus propiedades muy beneficiosas para la salud que contienen dichas semillas y su aprovechamiento. Estas semillas contienen ácidos grasos poliinsaturados en mayor cantidad a comparación de otros aceites de consumo doméstico. En el Perú existe una diversidad de alimentos que contienen semillas que son desechadas causando contaminación orgánica, tal como el fruto de zapallo y el Chiclayo, los cuales poseen gran cantidad, que al no existir alternativas de uso son destinados y considerados como desechos agroindustriales.

Por lo que, una alternativa de solución a este problema es la extracción de aceite de la semilla de zapallo, dando valor agregado a estos residuos que contienen en su interior

almendras altamente oleaginosas de la cual se puede obtener aceite vegetal a partir del método de extracción más adecuado.

Sin embargo, para poder incentivar su consumo e industrialización es necesario caracterizar fisicoquímicamente al aceite y analizar su contenido de ácidos grasos, así como determinar la estabilidad oxidativa del aceite, estimando el tiempo de vida útil, debido a que la auto oxidación es la principal causa de deterioro de aceites y grasas que define la vida de almacenamiento de este tipo de productos. Es por ello que, se debe realizar el estudio de la estabilidad oxidativa y las características que el aceite contiene, así como su capacidad antioxidante. Como tal, el estudio plantea la siguiente interrogante: ¿Estudio de la estabilidad oxidativa del aceite de dos variedades de semillas, zapallo (*Cucurbita máxima*) y Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*), variando la temperatura y el flujo de aire? teniendo como objetivos específicos:

- Caracterizar la composición proximal y el análisis gravimétrico de las dos variedades de semillas zapallo (*Cucurbita máxima*) y chiclayo (*Cucurbita ficifolia*)
- Evaluar el rendimiento del aceite de semilla de zapallo (*Cucurbita máxima*) y Chiclayo (*Curcubita ficifolia*) extraído por el método de prensado.
- Determinar la estabilidad oxidativa y el tiempo de vida útil para los aceites extraídos.
- Caracterizar fisicoquímicamente el aceite de semillas de zapallo (*Cucurbita máxima*) y Chiclayo (*Curcubita ficifolia*)
- Analizar el perfil de ácidos grasos de los aceites extraídos.
- Determinar la capacidad antioxidante del aceite por el método DPPH.

Se realizó la presente investigación planteando como hipótesis, el aceite extraído por prensado en frío de las semillas de *Cucurbita ficifolia* tiene mayor estabilidad oxidativa, con vida útil promedio aproximado a 4.5 años, que el aceite de *Cucúrbita máxima* con 3.5 años a las temperaturas de 100°C, 110°C y 120°C y a los flujos de aire de 15 L/h, 20 L/h y 25 L/h.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. ZAPALLO

El género Cucurbita es nativo de América, *C. máxima* y *C. andreana*, que son específicas de América del Sur, el resto es de América del norte (*C. pepo*, *C. texana*, *C. moschata*, *C. mixta*). (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas., 2019).

Según los restos encontrados en el departamento de Lima. El zapallo es una hortaliza, considerado como uno de los alimentos más comunes por las amas de casa peruanas al ser el ingrediente principal de varios platos típicos.



Figura 1. Frutos de zapallo Macre

La variedad más común y que más se comercializa en el Perú, es el zapallo Macre (*Cucurbita máxima*). Se cultiva en las zonas de la costa y sierra de nuestro país durante todo el año, se distingue por su característico color amarillo además del gran tamaño que pueden alcanzar algunos ejemplares. Se puede comercializar en estado de madurez o pintones dependiendo del uso que se les va a dar, ya sea trozados o enteros, tanto en los mercados mayoristas a nivel nacional como en los supermercados de todo el país. (Merino & Otiniano, 2014).

En general, el cultivo de zapallo a nivel nacional es una actividad hortícola de gran importancia económica, al ser uno de los cultivos andinos de mayor difusión a nivel mundial, con un mercado internacional en constante desarrollo. Por otro lado, sigue siendo alimento indiscutible de la cocina peruana. En el campo, su



importancia radica en la demanda continua de este cultivo, así como su rusticidad y la facilidad para transportar sus frutos. (Villalobos, 2013).

### 2.1.1. Taxonomía

El principal centro de producción nacional es desde la región Ancash hasta la región Tacna, y también lo podemos encontrar en la sierra, en la región Apurímac.

Tabla 1  
*Clasificación taxonómica del Zapallo Macre*

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>Sub-reino</b>	Fanerogamas
<b>División</b>	Angiospermas
<b>Clase</b>	Dicotiledonea
<b>Subclase</b>	Metaclamidias
<b>Orden</b>	Cucurbitales
<b>Familia</b>	Cucurbitacea
<b>Género</b>	Cucurbita
<b>Especie</b>	Cucurbita maxima

Fuente: (Villalobos, 2013)

### 2.1.2. Características

El tallo es muy largo, de hecho, existen pocas variedades arbustivas. Las hojas son grandes y tienen lóbulos redondos. (Producción Artesanal de Semillas de Zapallo , 2019). El pedúnculo del fruto es siempre redondo y no tiene lados. Las semillas suelen estar cubiertas por una película con poca adherencia, y su color varía del blanco puro al bistro oscuro. Son elípticas, generalmente hemisféricas.



Figura 2. Cultivo de *Cucurbita maxima*

La especie *Cucurbita máxima* se desarrollará mejor en suelos con pH ácido o neutro. Su parte subterránea crecerá vigorosamente sobre un soporte de textura arenosa, franca o arcillosa, que por lo general se puede mantener húmedo. (Pérez, 2018).

### 2.1.3. Composición Fisicoquímica

Es una fuente útil de muchos nutrientes esenciales para los seres humanos. Además, contiene cantidades útiles de linoleico (92 mg/g de peso seco) y los elementos siguientes (en un g por g peso seco): Potasio (5790), magnesio (5690), manganeso (49,3), zinc (113), selenio (1,29), cobre (15,4), cromo (2.84) y molibdeno (0,81), pero bajas cantidades de calcio y hierro. (Díaz, Lloja, & Carbajal, 2004).

Tabla 2  
*Composición nutricional del Zapallo Macre*

COMPONENTES	CANTIDAD
Energía (cal)	21
Agua (g)	92
Hidratos de carbono (g)	2.2
Fibra (g)	0.5
Proteínas (g)	0.6
Lípidos (g)	4.2
Grasa (g)	-
Ceniza (g)	-
Sodio (mg)	3
Potasio (mg)	300
Calcio (mg)	24
Fosforo (mg)	28
Hierro (mg)	0.6
Zinc (mg)	400
Vit. A (mg)	90
Vit. B <sub>1</sub> (mg)	0.03
Vit. B <sub>2</sub> (mg)	0.04
Vit. B <sub>3</sub> (mg)	13
Vit. C (mg)	22

*Fuente:* (Díaz, Lloja, & Carbajal, 2004)

## 2.2. SEMILLA DE ZAPALLO

En el estudio de (Delgado, Rojas, Sencie, & Vázquez, 2014), menciona que las semillas piriformes son variables en tamaño y color, con medias de ancho y longitud de 10.8 y 20.1 mm, con coeficientes de variación de 25.2% y 31.6 %, respectivamente, siendo notable la alta variación en el tamaño de las semillas. En la tabla 3 se muestra las medidas de diferentes variedades de cucurbitáceas procedentes del norte del Perú.

Tabla 3  
*Caracterización de semillas de cucurbitáceas colectadas en el norte del Perú*

Variedad	C. ficifolia	C. máxima	C. moschata	Cucurbita sp. (Loche)
Largo (mm)	20.1	20.1	16.9	15.1
Ancho (mm)	11.7	10.8	8.5	8.3
Peso (g)	25.24	34.46	11.28	6.42
Forma	Piriforme	Piriforme	Piriforme	Piriforme

*Fuente:* (Delgado, Rojas, Sencie, & Vázquez, 2014)

### 2.2.1. Composición de la Almendra

Las semillas de zapallo, también llamada pepas y especialmente su almendra contiene hasta un 45% de grasa y proteínas. (Hayqui, 2016).

Tabla 4  
*Valor nutricional de la almendra de Cucurbita maxima*

COMPONENTES	CANTIDAD
Calorías	547.0
Agua (%)	4.9
Proteínas (g)	30.3
Fibra	2.2
Grasas (g)	45.8
Calcio (mg)	38.0
Fósforo (mg)	1.064
Hierro (mg)	9.2
Vitamina A (UI)	15.0
Tiamina(mg)	0.23
Riboflavina (mg)	0.16
Niacina (mg)	2.9

*Fuente:* (Hayqui, 2016)

### 2.2.2. Propiedades

Los beneficios para el organismo son numerosos tal como lo menciona, (Pino, 2018), dentro de ellos están principalmente:

- Debido al alto contenido de zinc, ayudan a tratar la osteoporosis, retrasando así la disminución de la densidad mineral ósea, reduce la inflamación. El alto contenido de  $\beta$ -caroteno tiene efectos antioxidantes y antiinflamatorios, por lo que ayudará a la prevención del dolor articular, la artritis y la inflamación de los tendones.
- los compuestos llamados fitosteroles presentes en las semillas de zapallo ayudan a prevenir el cáncer de próstata al estimular la secreción de sustancias químicas en el cuerpo que actúan evitando la conversión de testosterona en dihidrotestosterona, ligado al desarrollo de cáncer de próstata.
- Contienen L-triptófano, que puede actuar como antidepresivo natural y promover la producción de serotonina.
- Ayudan a reducir el nivel de triglicéridos en la sangre y mejorar el sistema circulatorio. por su contenido de fitosteroles. El cuerpo humano no produce Omega 3, por lo que debemos obtener los beneficios a través de la dieta.

### 2.3. CHICLAYO

En el caso de la *Cucurbita ficifolia*, la ubicación exacta del centro de domesticación aún es incierta. Sin embargo, las evidencias fisiológicas y arqueológicas actuales proponen a los Andes como centro de origen.



Figura 3. Frutos de Chiclayo

Inicialmente se plantaba para aprovechar sus semillas en el lugar de consumirla como hortaliza, costumbre que desapareció paulatinamente con la aparición de variedades más pulposas y afrutadas.

El cultivo de forma rudimentaria se distribuye por la costa y sierra del Perú, pero su cultivo para consumo y desarrollo agroindustrial se concentran en los departamentos de Junín, Arequipa y Apurímac. Entre 2001 y 2004, su producción fluctuó entre 2.000 toneladas y 3.000 toneladas, concentrando la mayor producción en los sectores antes mencionados. Su comercialización y exportación motivó su traslado a Lima, principal mercado de cerca de 10 millones de habitantes, y, por tanto, la fruta se pueda adquirir en los principales mercados de la capital. (Reátegui, 2017).

### 2.3.1. Taxonomía

De todas las especies de *Cucurbita*; la taxonomía de *Cucurbita ficifolia* y su relación con otras especies dentro del género es la que posee menor información científica e investigaciones dedicadas al tema.

Tabla 5  
*Clasificación taxonómica de la Cucurbita ficifolia*

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Rosidae
<b>Orden</b>	Cucurbitales
<b>Familia</b>	Cucurbitaceae
<b>Género</b>	Cucurbita
<b>Especie</b>	Cucurbita ficifolia

Fuente: (Reátegui, 2017)

### 2.3.2. Características

Los frutos son más o menos esférico, de 35 cm de largo hasta 20 cm de ancho, con cáscara dura, de color verde con rayas o hileras de manchas longitudinales color crema; el pedúnculo puede medir 6 cm de largo, y se expande en la unión al fruto. Cabe recalcar que la cáscara es la corteza del fruto, es una capa delgada y rígida que separa

el exterior del ambiente con el interior de fruto; de coloración verde amarillenta con manchas irregulares blancas o amarillas.



Figura 4. Exterior e interior del fruto de Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*).

Morfológicamente, los cambios más importantes son los patrones de color del fruto, de blanco a verde con patrones de manchas o rayas blancas y bronceado, semillas de color marrón oscuro o negro (OECD, 2012).

### 2.3.3. Composición fisicoquímica

En cuanto a las vitaminas, además de sus propiedades antioxidantes, también es rico en  $\beta$ -caroteno o vitamina A y vitamina C (García C. , 2016). En la tabla 6 se ven los componentes presentes en el fruto.

Tabla 6  
*Valor nutricional del fruto de Cucurbita ficifolia*

COMPONENTES	CANTIDAD
Calorías kcal	26.00
Agua (g)	91.60
Proteínas (g)	1
Fibra	0.5
Grasas (g)	0.1
Calcio (mg)	21
Fósforo (mg)	44
Hierro (mg)	0.8
Magnesio (mg)	12
Potasio (mg)	340
Zinc (mg)	0.32

*Fuente:* (USDA, 2014)

## 2.4. SEMILLA DE CHICLAYO

Las semillas son aplanadas y redondeadas, generalmente de diversos tamaños y contornos. Se encuentran en la cavidad central del fruto, y su color varía entre

café oscuro a negro. (Balbín, 2018). El centro de las semillas es de color pardo oscuro y dependiendo de la polinización, son blanquecinas o amarillentas. (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019)



Figura 5. Semillas del fruto de Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*).

Por lo general, hay de 3 a 4 semillas por gramo, para algunos frutos de tamaño mediano, pueden contener más de 500 semillas. (Rachel, 2012). Se recomienda almacenarlas a una humedad relativa del 7 % y temperatura de 3 °C a 8 °C. Contiene agua 5.9%. Proteínas 21.6%, fibra 1.7% y grasa 32% (FAO, 2020), determinado en función (p/p) en base seca.

#### 2.4.1. Composición de la Almendra

Son ricas en lípidos y proteínas, con un alto contenido de fibra, consumido en las dietas nutricionales y ayudando en la mejora del tránsito intestinal (Pettao, 2015).

Tabla 7

Valor nutricional de la almendra de *Cucurbita ficifolia*

COMPONENTES	CANTIDAD
Calorías	321.0
Agua (g)	5.9
Proteínas (g)	21.6
Fibra	1.7
Grasas (g)	32.6
Calcio (mg)	31.2
Fósforo (mg)	0.077
Hierro (mg)	6.8
Tiamina(mg)	0.19
Riboflavina (mg)	0.17

Fuente: (González & Yáñez, 2012)

#### **2.4.2. Propiedades**

Las semillas crudas y secas, son un sano aperitivo. De acuerdo a estudios realizados por (Asto, 2019), además de su beneficiosa capacidad antioxidante, también contiene gran cantidad de compuestos fenólicos  $201,095 \pm 5,31$  mg (EAG)/100gm.s.

Por otra parte, su riqueza en zinc, poco habitual en los alimentos vegetales, mantiene un buen sistema inmunológico. Según (Bressani, 2015), las semillas completas se utilizan como desparasitantes, se muelen hasta obtener harina, la cual es mezclada con agua para lograr una emulsión que se pueda consumir.

### **2.5. ACEITES VEGETALES**

Las grasas derivadas de productos vegetales contienen más ácidos grasos insaturados, casi siempre son líquidas a temperatura ambiente y se denominan aceites. Según el Codex Alimentarius, el aceite vegetal comestible es un alimento compuesto principalmente por glicéridos de ácidos grasos obtenidos únicamente de fuentes vegetales.

Los aceites más utilizados son los de soja, oliva, maíz, maní, girasol, sésamo, algodón y coco. En su forma pura, son 100% grasas y no contienen agua ni otros nutrientes. (FAO, 2020).

#### **2.5.1. Ácidos grasos**

Los ácidos grasos son los componentes más importantes de los aceites y grasas, moléculas lineales, químicamente formadas por una larga cadena de átomos de carbono e hidrógeno y un grupo carboxilo. (FAO, 2020). La longitud de los ácidos grasos, el número y la posición de los dobles enlaces entre carbonos consecutivos ( $C = C$ ) son diferentes entre sí. De esta forma, se pueden dividir en saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.

Muchos ácidos grasos insaturados se agrupan en las llamadas series o familias, destacando el omega-3, omega-6, que son esenciales, y el



omega-9. Cada una de estas familias comienza en un precursor, el ácido alfa-linolénico en caso del omega-3, ácido linoleico en el caso del omega-6 y ácido oleico en el caso del omega-9.

Tabla 8  
*Principales ácidos grasos*

NOMBRE COMÚN	NOMBRE SISTEMÁTICO	ABREVIATURA	FAMILIA DE ÁCIDO GRASO
Cáprico	Decanoico	10:0	
Láurico	dodecanoico	12:0	
Mirístico	tetradecanoico	14:0	
Palmítico	hexadecanoico	16:0	
Esteárico	octadecanoico	18:0	
Araquídico	Eicosanoico	20:0	
Behénico	docosanoico	22:0	
lignocérico	tetracosanoico	24:0	
palmitoleico	9-hexadecenoico	16:1	n-7
Oleico	9-octadecenoico	18:1	n-9
Gadoleico	11-eicosaenoico	20:1	n-9
Cetoleico	11-docasaenoico	22:1	n-11
Erúxico	13-docasaenoico	22:1	n-9
Nervónico	15-tetracosanoico	24:1	n-9
Linoleico	9,12-octadecadienoico	18:2	n-6
α-linolénico	9,12,15-octadecatrienoico	18:3	n-3
γ-linolénico	6,9,12-octadecatrienoico	18:3	n-6
dihomo-γ-linolénico	8,11,14-eicosatrienoico	20:3	n-6
	5,8,11-eicosatrienoico	20:3	n-9
araquidónico	5,8,11,14-eicosatetraenoico	20:4	n-6
AEP	5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	20:5	n-3
Adrénico	7,10,13,16-docosatetraenoico	22:4	n-6
	7,10,13,16,19-docosapentaenoico	22:5	n-3
ADP	4,7,10,13,16-docosapentaenoico	22:5	n-6
ADH	4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	22:6	n-3

*Fuente:* (FAO, 2020)

La composición química de los aceites es diferente para todos, cada uno tiene diferente contenido de ácidos grasos saturados, mono insaturados y poliinsaturados, especialmente en la aportación de ácidos grasos omega-6 y omega-3. (Culebro, 2017).

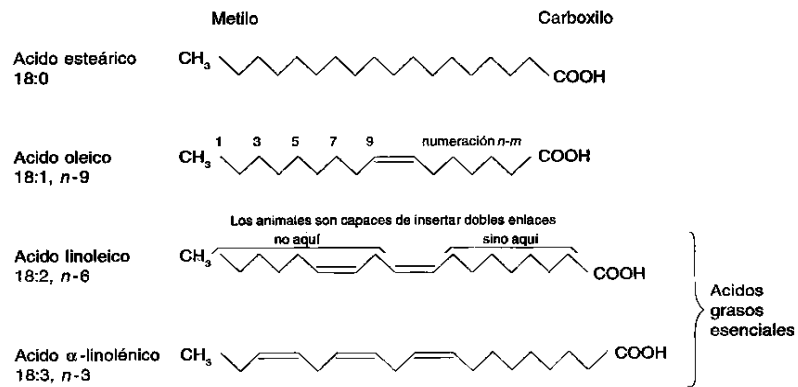


Figura 6. Estructura molecular de algunos ácidos grasos.  
Fuente: (FAO, 2020)

Los ácidos grasos esenciales (AGE), se denominan así porque no pueden ser sintetizados por el organismo y deben ser proporcionados por la dieta. Estos son el ácido linoleico y el ácido  $\alpha$ -linolénico.

### 2.5.2. Vitamina E

Los submiembros de la vitamina E son los tocoferoles y tocotrienoles, que pertenecen a isoprenoides mixtos. Los tocoferoles derivados de la vitamina E, son antioxidantes naturales solubles en lípidos.

La vitamina E está compuesta por una mezcla de fenoles liposolubles, se caracteriza por un anillo cromano y una cadena lateral de 16 átomos de carbono. Los tocoferoles tienen una cola de hidrocarburo saturada, mientras que los tocotrienoles una cola isoprenoide insaturada. El número y la posición de los grupos metilo en el anillo de cromanol dan lugar a diferentes isómeros  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - y  $\delta$ -tocoferol e isómeros de tocotrienol.

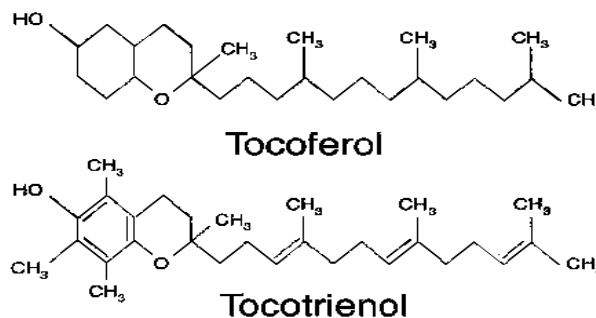


Figura 7. Estructura del tocoferol y tocotrienol.  
Fuente: (FAO, 2020)

### 2.5.3. Carotenoides

Los carotenoides son hidrocarburos liposolubles altamente insaturados derivados del poliisopreno. Se sabe que existen más de 75 carotenoides diferentes en grasas animales y vegetales. Los más comunes  $\alpha$ ,  $\beta$  y licopina, luteína y las xantofilas. Los carotenoides y sus derivados son generalmente los que hacen que las frutas, verduras, granos y el aceite de palma crudo sean de color amarillo a rojo intenso. Los carotenoides son los precursores de la vitamina A, siendo el  $\beta$ -caroteno el que tiene la mayor actividad de provitamina A.

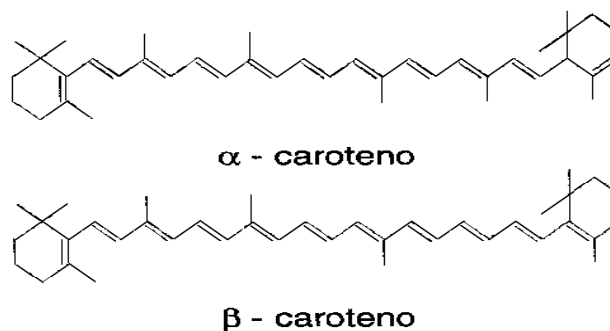


Figura 8. Diagrama del  $\alpha$ -caroteno y del  $\beta$ -caroteno  
Fuente: (FAO, 2020).

### 2.5.4. Aceite de semillas de cucurbitáceas

El aceite de semilla de *Cucurbita máxima* se usa comúnmente en ensaladas, producido en el este de Eslovenia y el sur de Austria.

El tostado de las semillas a altas temperaturas conduce a la producción de aceites con fuertes propiedades aromáticas, mientras que a condiciones leves, generalmente se emplean para obtener un aceite con características terapéuticas o, dar lugar a un producto con aroma más bajos característicos del aceite de semilla de zapallo. (Hayqui, 2016). Por otra parte, el Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*), tiene propiedades funcionales, sus semillas y pulpa se consumen y utilizan para preparar diversos platos y dulces típicos. (Ruiz, 2006).

### **2.5.5. Mecanismos de extracción de aceites**

El método de prensado en frío es el más recomendado, se realiza a muestras vegetales, que se someten a alta presión aplicada mecánicamente para separar el aceite, luego se recogen y filtran. En el prensado en frío, al no calentarse se pueden conservar antioxidantes y compuestos fotoquímicos. (Torres, 2018).

### **2.5.6. Características fisicoquímicas del aceite**

#### **2.5.6.1. Densidad relativa**

Dado que existen muchos tipos de aceite, no existe una única densidad del aceite. Generalmente, la densidad relativa de la mayoría de los aceites minerales y vegetales está entre 0.840 y 0.960 (Aceites de las Valdesas, 2020). La densidad del aceite es siempre menor que la densidad del agua, por lo que todo aceite flota en ella y permanece en la superficie.

La densidad del aceite cambia con la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, el aceite se dilata, por lo que su densidad disminuye. Por lo tanto, es necesario expresar la densidad del aceite en relación a la temperatura.

#### **2.5.6.2. Índice de refracción**

El índice de refracción mide el cambio de dirección que se produce cuando un rayo de luz pasa a través de la sustancia problema, este valor relaciona el índice de incidencia de un rayo luminoso sobre una muestra con el ángulo de refracción.

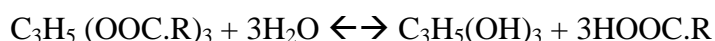
$$\eta = \frac{\sin \alpha}{\sin \theta}$$

Siendo  $\sin \alpha$ , el ángulo de incidencia de un rayo luminoso y  $\sin \theta$  el ángulo de refracción. Este valor es de gran importancia, al estar relacionado con la instauración de los ácidos grasos, aumenta a medida que aumenta el grado de instauración, el

porcentaje de ácidos insaturados y el incremento en el peso molecular de los ácidos grasos. (Paucar, 2016).

#### 2.5.6.3. *Índice de acidez*

Los aceites manifiestan su acidez según el grado de hidrólisis de sus ácidos grasos, que consiste en determinar los ácidos grasos libres presentes, que se forman por la hidrólisis de triglicéridos, de acuerdo a la ecuación:



El porcentaje de acidez es muy variable, trabajando en condiciones adecuadas, no debe ser superior a 0.4 - 0.5 % en ácido oleico. Generalmente, la acidez del 1% en ácido oleico se toma como límite para calificar comercialmente aceites finos o calidad extra. Sin embargo, el producto puede considerarse comestible aún con valores mayores y según la reglamentación de cada país. (Paucar, 2016).

#### 2.5.6.4. *Índice de peróxidos*

Mide el estado de oxidación de un aceite durante su almacenamiento, los enlaces insaturados absorben oxígeno y reaccionan a los peróxidos, estos reaccionan con el yoduro de potasio en una solución ácida, el yodo que se libera se titula con tiosulfato de sodio. Considerando a los peróxidos como producto de la oxidación de las grasas, se puede tomar como la capacidad que tiene el aceite de continuar oxidándose. (Hernandez, Mieres, Niño, & Pérez, 2007).

#### 2.5.6.5. *Índice de yodo*

Es una medida del número total de dobles enlaces presentes en el aceite. Se expresa como el número de gramos de yodo que reaccionará con los dobles enlaces en 100 gramos de grasas o de aceites.

El análisis se realiza disolviendo una muestra, tras pesarla, se incorpora un disolvente apolar como el ciclohexano y luego añadiendo el ácido acético glacial, los dobles enlaces reaccionan con el exceso de una solución de cloruro de yodo en el ácido acético glacial (solución de Wijs). Una vez completada la reacción, el exceso de cloruro de yodo se descompone en yodo al agregar una solución acuosa de yoduro de potasio, que posteriormente se valora con una solución patrón de tiosulfato de sodio. (Lee & Rodriguez , 2009)

#### **2.5.6.6. Índice de anisidina**

Se le considera como una medida de los productos de la oxidación secundaria, es muy útil para evaluar las etapas posteriores y la historia oxidativa completa del aceite. (Grompone, 1991). Este valor mide los niveles de aldehídos utilizándolos como un indicador que determina la cantidad de ácidos grasos peroxidado que ha sido desdoblado dando lugar a diferentes tipos de compuestos carbonílicos.

#### **2.5.6.7. Valor TOTOX.**

TOTOX (valor total de oxidación) se utiliza para describir la oxidación total a la cual se ha expuesto un aceite. (SALFRESH, 2012).

$$TOTOX = 2xIP + IA$$

Donde, IP es el valor de índice de peróxidos expresado en meqO<sub>2</sub>/kg, IA el índice de anisidina expresado también en meqO<sub>2</sub>/kg.

## **2.6. ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE**

La estabilidad oxidativa es la resistencia de una matriz lipídica a la oxidación principalmente por efecto de la temperatura, luz, oxígeno, lo que genera el deterioro de un aceite en un período de tiempo corto. (Alberca & Huanca, 2015).

La determinación de la resistencia a la oxidación de los aceites es muy importante para su comercialización porque determina el tiempo que pueden permanecer almacenados sin que pierdan sus propiedades o adquieran olores y sabores desagradables. La evaluación de la estabilidad bajo condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente permite obtener la estabilidad de un aceite; sin embargo, es un proceso que requiere de mucho tiempo ya que las reacciones de oxidación pueden tener periodos de inducción muy largos. Por lo tanto, se han desarrollado pruebas de oxidación acelerada, y el método de Rancimat uno de los más utilizados (METROHM, 2010).

### 2.6.1. Método Rancimat

En el método Rancimat, el proceso de oxidación se acelera calentando el recipiente de reacción y haciendo pasar aire continuamente a través de la muestra, esto conduce a la oxidación de las moléculas de ácidos grasos. Primero, se forman peróxidos como productos de oxidación primaria. Luego, al cabo de un tiempo, los ácidos grasos se descompondrán completamente para formar productos de oxidación secundaria, entre ellos, ácidos orgánicos volátiles de bajo peso molecular como el ácido acético y ácido fórmico, los cuales serán transportados mediante una corriente de aire a un segundo recipiente con agua destilada. Allí tiene lugar una medición continua de la conductividad.

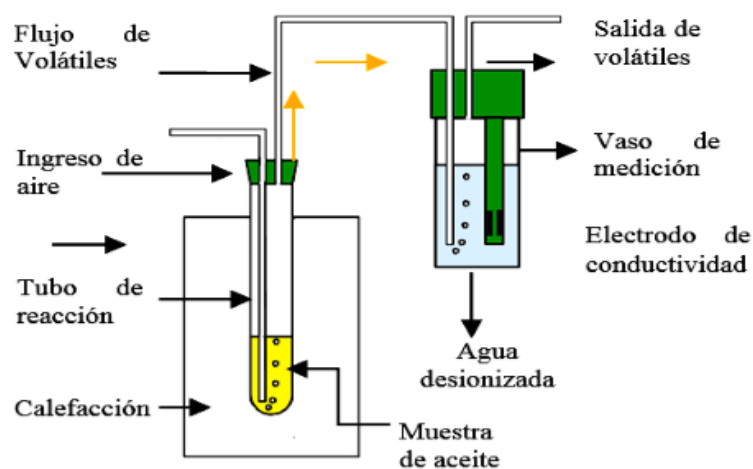


Figura 9. Principio del método Rancimat

Fuente: (METROHM, 2010).

El aumento de la conductividad indica la presencia de ácidos volátiles.

El tiempo que se tarda en formar estos productos de reacción secundarios se denomina tiempo de inducción, período de inducción o índice de estabilidad oxidativa (OSI).

Este valor indica la resistencia de la muestra a la oxidación. Cuanto más largo es el tiempo de inducción, más estable es la muestra. (METROHM, 2010).

### **2.6.2. Relación entre la estabilidad oxidativa y la temperatura**

Se estableció la relación matemática entre los valores de OSI y la temperatura que utiliza el equipo Rancimat, como lo señala (Villanueva, Castillo, & Rodriguez, 2013)

En la ecuación (1), el termino A representa el coeficiente de temperatura, que indica la susceptibilidad del aceite virgen al aumento de la temperatura durante el ensayo de oxidación acelerada, dicho valor se calcula a partir de la pendiente de las rectas que se obtienen al representar el logaritmo decimal de OSI en función a la temperatura. El termino B corresponde a un valor empírico sin significación física.

$$\log(OSI) = AT + B \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

A: Coeficiente de temperatura, calculado de la pendiente de las rectas logaritmo decimal de OSI vs Temperatura.

B: Valor empírico sin significancia física.

La ecuación (1) se puede utilizar para calcular el valor OSI a diferentes temperaturas a aquellas utilizadas en la oxidación acelerada, para lo cual se aplica un procedimiento matemático de interpolación o extrapolación; en este último caso, se extrapolaría a las temperaturas usuales de almacenamiento de los aceites.



**2.6.3. Relación entre el índice de estabilidad oxidativa y la energía de activación.**

(Villanueva, Castillo, & Rodriguez, 2013) Establecen la siguiente ecuación que establece la relación que existe entre el Índice de estabilidad oxidativa y la Energía de activación.

Según nos indican, la adición de los radicales de oxígeno a los ácidos grasos se produce preferentemente en los dobles enlaces entre los átomos de carbono, siguiendo cinéticas de primer orden. Según estos autores se puede hacer uso de la ecuación:

$$\alpha = \frac{x}{a_0 - x} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde  $\alpha$ , representa el grado de transformación de las moléculas,  $a_0$  las instauraciones iniciales y  $x$  la formación de los productos secundarios de la oxidación.

Integrando la ecuación (2), obtenemos:

$$\int_{\alpha=\alpha_0}^{\alpha=\alpha^*} \frac{d\alpha}{1-\alpha} = \int_{t=t_0}^{t=t^*} dt \dots\dots\dots (3)$$

Dónde  $\alpha^*$  representa el grado de transformación para un tiempo  $t^*$  o período de inducción, resolviendo la integral (3), se obtiene la ecuación (4).

$$-\ln(1 - \alpha^*) = Kt \dots\dots\dots (4)$$

Definiendo  $t^*$  como OSI y resolviendo se obtiene la ecuación (5)

$$OSI = \frac{-\ln(1-\alpha^*)}{K} \dots\dots\dots (5)$$

Se establece una relación entre la contante de velocidad  $K$  y la temperatura termodinámica  $T$  usando la ecuación de Arrhenius (6)

$$K = Z e^{-\frac{E_a}{RT}} \dots\dots\dots (6)$$

Dónde  $Z$ , es el factor pre – exponencial de la ecuación de Arrhenius,  $R$  constante universal de los gases y  $E_a$  la energía de activación

Finalmente, sustituyendo (5) en (6) y aplicando el logaritmo se obtiene la ecuación (7)

$$\ln(OSI) = \ln\left(\frac{-\ln(1-\alpha^*)}{Z}\right) + \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \dots\dots\dots (7)$$

## 2.7. CROMATOGRAFIA DE GASES EN ACEITES VEGETALES

Como indica (Andrade, 2014) la cromatografía es una técnica de separación. Por su versatilidad y facilidad de manejo, su uso se ha extendido a diversos campos de la investigación científica y la industria, siendo una herramienta fundamental para determinar la calidad de materias primas y productos a comercializar.

Mediante la cromatografía gases se pueden separar, identificar y cuantificar los componentes de mezclas complejas con características muy similares, imposibles de separar por otros métodos; además, se pueden detectar sustancias de hasta 10 - 12 mg/L. Debido a la complejidad de la estructura de los ácidos grasos y la dificultad de determinar su composición exactamente, utilizando métodos de análisis tradicionales, la cromatografía de gases se ha convertido en una herramienta indispensable para establecer el perfil de ácidos grasos.

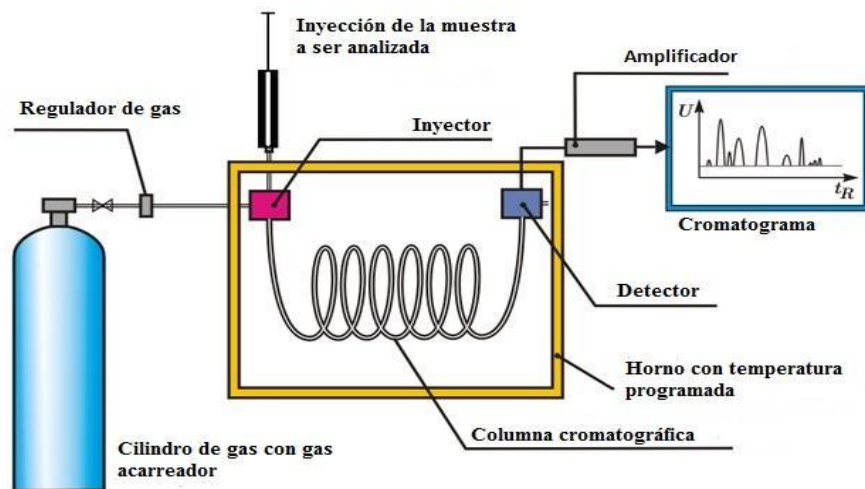


Figura 10. Esquema de cromatógrafo de gases.

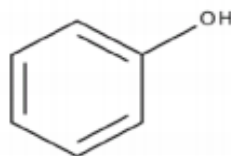
Fuente: (Lifeder, 2020)

Es una técnica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la parte superior de una columna cromatográfica, la cual es un tubo lleno de un polímero líquido. La secuencia del análisis por cromatografía de gases es la siguiente:

- Se realiza un tratamiento de la muestra para obtener un extracto concentrado con los analitos de interés; en este caso, los triglicéridos se convierten en ácidos grasos, que luego se convierten en ésteres de metanol simples en lugar de glicerol.
- La muestra se inyecta a la columna en forma líquida con una micro jeringa a través de una membrana o septa. Luego ingresa a la cámara de vaporización instantánea situada en el cabezal de la columna.
- El flujo continuo de un gas de arrastre (helio) conduce la muestra en forma de vapor a través de la columna cromatográfica y la transporta desde el inyector hasta el detector. La columna se mantiene en un horno a temperatura constante para asegurar el movimiento continuo y uniforme de los analitos.
- Cada soluto contenido en la mezcla se mueve a su propia velocidad según sus propiedades físicas y químicas (peso molecular, punto de ebullición, polaridad). Los componentes entran a un detector conectado a la salida de la columna.
- El tiempo de aparición de cada pico identifica cada componente de la mezcla, y el área representa la fracción presente.

## 2.8. POLIFENOLES TOTALES

La actividad biológica de los polifenoles está relacionada con sus propiedades antioxidantes. Además de los efectos sobre la salud, muchos compuestos polifenólicos también tienen un impacto en la calidad de los alimentos que contienen estos compuestos porque provocan ciertas propiedades sensoriales. (García, Segovia, & López, 2015).



*Figura 11.* Estructura química del grupo fenol.

Fuente: (García, Segovia, & López, 2015)

### 2.8.1. Compuestos fenólicos

Los compuestos polifenólicos tienen uno o más anillos de benceno y uno o más grupos hidroxilados con algún elemento común en su estructura química, como ésteres, ésteres de metílicos, glicósidos, ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, aminoácidos, lípidos y otros grupos funcionales. (García, Segovia, & López, 2015).

Tabla 9  
*Clasificación de los polifenoles y ejemplos*

TIPO	EJEMPLO DE POLIFENOL
Fenol simple	Eugenol
Ácido fenólico	Ácido gálico
Ácido benzoico	Ácido elógico
Taninos hidrolizables	
Ácido fenil acético	
Ácido hidroxicinámico	Ácido cafeico
Cumarinas	Ácido ferúlico
Lignanos	
Benzofenonas	
Xantonas	
Esbitenos	Resveratrol
Flavonoides	Antocianinas
	Flavonoides
	Flavonas
	Flavononas
	Isoflavonas
	Flavanales
Chalconas	
Proantocianinas (taninos $4 \leq n \leq 11$ )	

*Fuente:* (García, Segovia, & López, 2015)

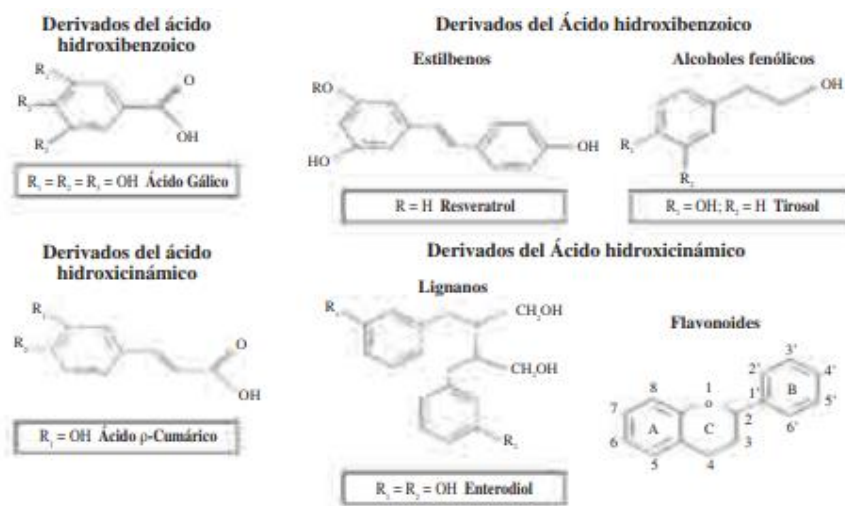


Figura 12. Núcleo estructural de los principales grupos de polifenoles

Fuente: (Quiñones, Miguel, & Aleixandre, 2012)

### 2.8.2. Método Folin - Ciocalteu

Según (García, Segovia, & López, 2015) describe el ensayo Folin-Ciocalteu basado en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin - Ciocalteu, a pH alcalino, dando lugar a una coloración azul, que puede medirse mediante espectrofotometría a 765 nm. Se utiliza como medida del contenido en compuestos fenólicos totales en productos vegetales, este reactivo contiene una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico y reacciona con los compuestos fenólicos presentes en la muestra. El ácido fosfomolibdotúngstico (formado por las dos sales en el medio ácido), de color amarillo, al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad es la que medimos para evaluar el contenido en polifenoles.

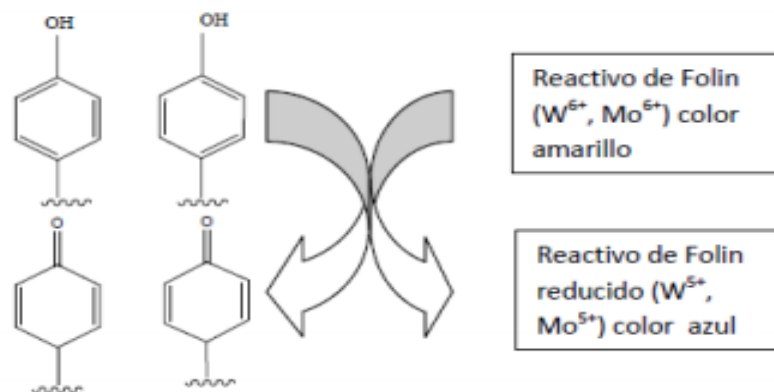


Figura 13. Mecanismo de acción del reactivo de Folin - Ciocalteu.

El mecanismo es una reacción redox, por lo que también puede considerarse, como un método de medida de la actividad antioxidante total. La oxidación de los polifenoles presentes en la muestra, da como resultado una coloración azulada con absorción máxima a 765 nm, que se cuantifica por espectrofotometría en base a una recta patrón de ácido gálico.

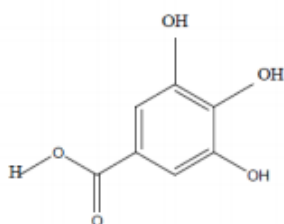


Figura 14. Estructura del ácido gálico.

Es un método preciso y sensible, que puede padecer numerosas variaciones, principalmente relacionados con el volumen de la muestra a analizar, concentración de reactivos y tiempo de reacción, también se pueden producir variaciones en el modo de expresar los resultados. Esta prueba se usa con frecuencia en el estudio de las propiedades antioxidantes de alimentos vegetales, porque suele estar estrechamente relacionado con diferentes métodos de medición de la actividad antioxidante.

## 2.9. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

En un sentido amplio, un antioxidante puede definirse como cualquier molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación (pérdida de uno o más electrones) de otras moléculas, generalmente sustratos biológicos como lípidos, proteínas o ácidos nucleicos. La oxidación de tales sustratos podrá ser iniciada por dos tipos de especies reactivas: los radicales libres, y aquellas especies que, sin ser radicales libres, son suficientemente reactivas para inducir la oxidación.

Desde un punto de vista químico, un radical libre se refiere a cualquier especie (átomo, molécula o ión) que contienen al menos un electrón desapareado en su orbital más externo, y pueden existir de forma independiente (de ahí el término libre). (Portal Antioxidantes Primer Portal de Antioxidantes, 2019).

### 2.9.1. Mecanismos de los antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos o sistemas que retrasan la auto oxidación inhibiendo la formación de radicales libres o mediante la interrupción de la propagación del radical libre en uno (o más) de mecanismos como, el barrido de las especies que inician la peroxidación, la inhibición de iones quelantes metálicos que no son capaces de generar especies reactivas o descomponer los peróxidos un iniciador como los radicales libres, el lipídicos, el bloqueo del  $\bullet\text{O}_2$  para prevenir la formación de peróxidos, la ruptura de la reacción en cadena de la autooxidación y/o reducir la concentración localizada de  $\text{O}_2$ .

La ecuación (1) y (2) describen la donación de átomos de hidrógeno ( $\text{H}\bullet$ ) del antioxidante a los radicales libres para formar compuestos peroxi-antioxidante (ROOA) que es estable e inocuo.



**Interacción directa con especies reactivas:** El mecanismo más conocido, aunque no necesariamente el más relevante a la acción, se refiere a la capacidad de muchos antioxidantes para actuar como estabilizadores o inhibidores de diversas especies reactivas. Esto último

se refiere a la conocida actividad captadora de radicales libres que poseen muchas moléculas antioxidantes.

En el caso de los radicales libres, tal acción significa que se estabilizan por transferencia de electrones a las especies reactivas. Este mecanismo, definido como SET (single electrón transfer), permite que los radicales libres pierdan su condición por “pareamiento” de su electrón desapareado. Como resultado ceder un electrón, es que el antioxidante se convierte en un radical libre y termina oxidándose bajo una forma que es de baja o nula reactividad hacia su entorno. (Portal Antioxidantes Primer Portal de Antioxidantes, 2019).

### 2.9.2. Método DPPH

Se han descrito diversas técnicas para evaluar la capacidad antioxidante, pero la que ha recibido una preferencial atención es la técnica que utiliza el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo conocido por las siglas DPPH, este radical tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo claro al reaccionar con una sustancia antioxidante; la absorbancia es medida a 517 nm.

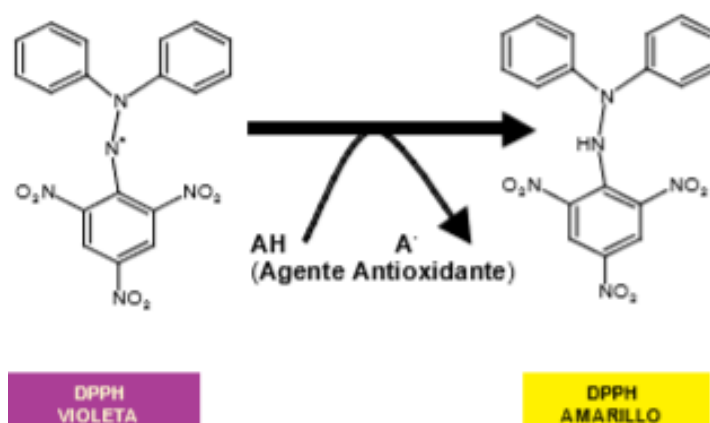


Figura 15. Método del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).

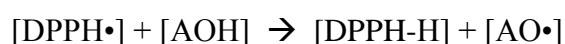
Este radical libre es susceptible de reaccionar con compuestos antioxidantes a través de un proceso caracterizado por la transferencia de un átomo de hidrógeno proporcionado por el agente antioxidante.



Los estudios cinéticos han demostrado que este proceso ocurre a través de una reacción de pseudo primer orden, la que puede seguir midiendo la disminución de la absorbancia en función del tiempo.

Esta medición permite observar una primera fase muy rápida, seguida de una reacción lenta, que puede ocurrir debido a al proceso de dimerización de los productos de la reacción o a reacciones de los productos de ésta.

La reacción antes descrita, entre el DPPH y un antioxidante, podemos representarla de la siguiente manera:



El método DPPH se ha utilizado para determinar la concentración de compuestos antioxidantes durante más de 50 años, pero hemos observado que los autores utilizan diferentes concentraciones de DPPH en los medios de reacción por ello, no permite realizar una evaluación precisa, considerando que el resultado experimental se expresa como el valor IC50, es decir, la concentración de la muestra problema que inhibe un 50% del radical libre DPPH.

Por lo que, podemos considerar que el valor IC50 depende de la concentración de DPPH y de la naturaleza del compuesto antioxidante. (Guija, Inocente, Ponce, & Zarzosa, 2015).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad y el Laboratorio de Nutrición, del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA); y en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) de la Universidad Nacional del Santa en Nuevo Chimbote.

#### 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

##### 3.2.1. Materia prima

Se utilizaron semillas de zapallo Macre (*Curcubita máxima*) y Semillas de Chiclayo (*Curcubita ficifolia*) obtenidos en el mercado La Perla en la ciudad de Chimbote, dichos frutos provienen de la zona la carbonera, Nepeña, Ancash 9°09'01.7"S 78°22'34.6"W.

##### 3.2.2. Reactivos

- Ácido acético glacial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
- Ácido gálico ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$ )
- Alcohol 96%
- Anisidina cristalina
- Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20%
- Cloroformo ( $\text{CHCl}_3$ )
- DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazilo)
- Estándares de ácidos grasos
- Éter de petróleo
- Fenolftaleína (solución etanólica al 1%)
- Folin - Ciocalteu 0.25N
- Gas nitrógeno (de alta pureza)
- Isooctano
- Metanol HPLC ( $\text{CH}_4\text{O}$ )
- Reactivo Wijs
- Solución de almidón al 1%.

- Solución de cloruro de sodio (NaCl) saturado
- Solución de Hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1N y 0.5N
- Solución de Ioduro de potasio (KI) al 15% y saturado
- Solución de Tiosulfato de sodio al 0.1N
- Solución de Trifluoruro de boro (BF<sub>3</sub>) al 12%
- Trolox (Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2 carboxílico)

### **3.2.3. Materiales de vidrio**

- Bureta graduada con llave teflón de 50 ml.
- Celdas para espectrofotómetro de vidrio óptico.
- Crisoles de porcelana.
- Fiolas de 10, 100 y 500 ml.
- Frascos de color ámbar de 50 ml y 250 ml con tapa rosca.
- Matraces Erlenmeyer de 250 y 500 ml.
- Picnómetro de 10 ml.
- Pipetas de vidrio graduadas de 1, 5 y 10 ml.
- Pipetas Pasteur punta larga de 1ml.
- Placas Petri.
- Probetas graduadas de 50 y 100 ml.
- Tubos de reacción para el equipo Rancimat.
- Vasos de precipitado pire de 150, 250, 500 y 1000 ml.
- Viales transparentes y ámbar de 2, 5 y 10 ml, con tapa de goma.

### **3.2.4. Equipos**

- Prensa hidráulica NEO Modelo PH 1020
- Secador de bandejas TORRH Modelo: SBT-10XL
- Potenciómetro Con pH estandarizado
- Equipo: Balanza analítica, Marca: Precisa, Modelo: 220<sup>a</sup>, Serie: 321 LX, Rango: Min.: 0.001 g - Máx.: 220 g, Error: 0.001g
- Equipo: Balanza de precisión, Marca: Precisa, Modelo: 4200C, Serie: 321 LX, Rango: Min.: 0.5 g - Máx.: 4200 g, Error: 0.1g
- Equipo: Baño María, Marca: AQUA BATH, Modelo: N° 18007 A-1CEC

- Equipo: Centrífuga digital refrigerada, Marca: SARTORIUS, Modelo: Sigma-2-16PK, Velocidad máxima: 15000 rpm, Motor: 1 HP
- Equipo: Centrífuga, Marca: SIGMA, Modelo: 2-6, Velocidad máxima: 4 000 rpm
- Equipo: Cromatógrafo de gases, Marca: Shimadzu, Modelo: GC- 2010, equipado con columna capilar: RT-2560 de sílice fundida. Marca= Restek, diámetro interno=0.25 mm, longitud = 100 m, df= 0.2 µm
- Equipo: Espectrofotómetro digital UV- VISIBLE, Marca: JASCO, Modelo: V-670.
- Equipo: Estufa, Marca: POL-EKO APARATURE, Modelo: SW 17TC, Serie: SW-199.
- Equipo: Molino manual, Marca: CORONA, Serie: P-Granos
- Equipo: Mufla, Marca: THERMOLYNE ,Serie: 347034984
- Equipo: Rancimat , Marca: METHROM, Modelo: 743 Ω
- Equipo: Refractómetro digital, Marca: RUDOLPH RESEARCH, Modelo: J-157, Serie: 14265.

### 3.3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

#### 3.3.1. Determinación de tamaño y forma de semillas húmeda y seca

##### 3.3.1.1. *Diámetro medio aritmético (Da)*

Las dimensiones de las semillas es considerado un parámetro muy importante para el procesamiento, por ello se determinó el diámetro medio aritmético mediante la ecuación (1), este fue medido en sus tres dimensiones, diámetro mayor (a), diámetro medio (b) y diámetro menor (c) (Ordóñez, Gely, & Pagano, 2012).

$$Da = (a+b+c) / 3 \quad (1)$$

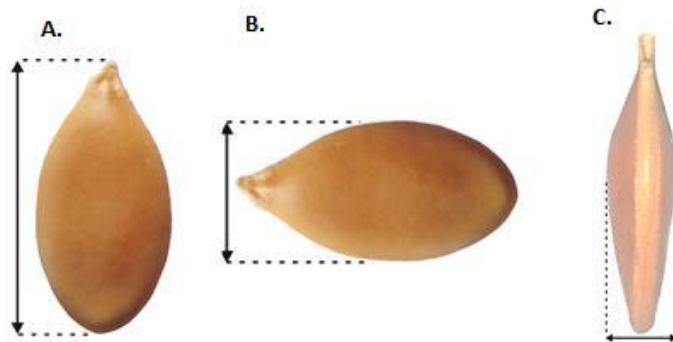


Figura 16. Vista de los tres diámetros de una semilla de zapallo, A) (vista frontal vertical), B) (Vista frontal horizontal), C) (Vista de perfil).

### 3.3.1.2. *Diámetro medio geométrico (Dg) y esfericidad (Ø).*

El diámetro geométrico medio se calculó como la media geométrica de las tres dimensiones utilizando la siguiente expresión (Ordóñez, Gely, & Pagano, 2012), por la Ecuación (2) y la esfericidad de las semilla por la Ecuación (3).

$$Dg = (a \cdot b \cdot c)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

$$\phi = \frac{(a \cdot b \cdot c)^{\frac{1}{3}}}{a} \quad (3)$$

### 3.3.1.3. *Área superficial específica*

Se calculó asumiendo la forma elipsoidal de la semilla, según la siguiente Ecuación (4) (Ordóñez, Gely, & Pagano, 2012):

$$S = \pi Dg^2 \quad (4)$$

### 3.3.1.4. *Relación de aspecto*

Para completar la información sobre la forma de la semilla de zapallo, se calculó la relación aspecto mediante la siguiente Ecuación (5) (Ordóñez, Gely, & Pagano, 2012):

$$Ra = \frac{b}{a} \times 100 \quad (5)$$

**3.3.2. Análisis proximal para la almendra de *Cucurbita máxima* y *Cucurbita ficifolia*.**

**3.3.2.1. *Humedad***

De acuerdo al método AOAC 934.06 (37.1.10).

**3.3.2.2. *Cenizas***

De acuerdo al método AOAC 942.05.

**3.3.2.3. *Grasa***

De acuerdo al método AOAC 922.06 (32.1.14).

**3.3.3. Análisis fisicoquímicos para el aceite de semilla de *Cucurbita máxima* y *Cucurbita ficifolia*.**

**3.3.3.1. *Densidad***

De acuerdo al método dado por la IUPAC 2.101.

**3.3.3.2. *Índice de refracción***

De acuerdo al método dado por la AOCS Cc-7-25.

**3.3.3.3. *Índice de acidez***

Se siguió el método estandarizado descrito en la AOCS Cd 3d-63.

**3.3.3.4. *Índice de Peróxidos***

Conforme al método AOCS Cd 8b-90.

**3.3.3.5. *Índice de Yodo***

Se determinó mediante el método de Wijs: cloroformo establecido por la AOAC 920.158.

**3.3.3.6. *Índice de anisidina***

Conforme al método AOCS Cd 18-90.

**3.3.3.7. *Valor TOTOX***

De acuerdo a lo planteado por Shahidi & Wanasundara (2008).

**3.3.4. Estabilidad oxidativa**

Se desarrolló el método de acuerdo a lo planteado en la norma internacional AOCS Cd 12b-92, con la aplicación del equipo Rancimat marca Metrohm, modelo 743.

#### 3.3.4.1. *Índice de estabilidad oxidativa.*

El método relata que el índice de estabilidad oxidativa (OSI) mide el tiempo de inducción mediante el trazado de la conductividad contra el tiempo, consiste en las siguientes etapas:

##### **A. *Preparación de la muestra***

La preparación de muestra es simple, consiste en el pesado de 3g ( $\pm 0.1$ g) de muestra líquida (aceite de almendra de mango) en cada tubo de vidrio de reacción en una balanza analítica, percatándose que al añadir no se manchen las paredes del tubo. Armar las tapas de cada tubo, y colocarlas.

##### **B. *Colocación de las celdas de conductividad***

Añadir agua destilada en los vasos de policarbonato, seguidamente, colocar los electrodos (previamente lavados). Cada tapa de los vasos tiene integrado la celda de conductividad. La celda conductimétrica integrada es de acero inoxidable, y resiste a las diversas corridas y lavados.

##### **C. *Condiciones del Método Rancimat***

Para evitar variaciones se debe seleccionar unas adecuadas condiciones para la muestra, para ello se debe tener en cuenta que el tiempo OSI no debe pasar de 15 horas, y tampoco debe ser menor de 4 horas.

En el análisis para las muestras, se siguió las siguientes condiciones:

- Temperaturas del bloque de calefacción: 110°C, 120°C y 130°C
- Flujo de aire: 15 L/h , 20 L/h y 25 L/h
- Conductividad del agua destilada: 1.2  $\mu$ S/cm
- Volumen de agua destilada: 60 ml

### 3.3.4.2. *Estimación de la vida útil*

Se estimó la vida útil de las muestras de aceite en horas, por medio del método de extrapolación que relaciona los valores de OSI (tiempo) con la temperatura. En la fórmula matemática el valor A es el coeficiente de temperatura, se obtiene por la pendiente de las rectas que se realizan en las curvas del gráfico conductividad vs tiempo; este valor indica cuan susceptible es el aceite al aumento de temperatura. La constante B es un valor empírico, sin significación física.

$$OSI=10AT+B$$

$$\log(OSI)=AT+B$$

Dónde:

**OSI:** Índice de Estabilidad Oxidativa en horas

**T:** Temperatura en °C

**A:** Constante

**B:** Constante

### 3.3.4.3. *Energía de Activación*

Se determinó mediante la pendiente de la recta en la gráfica del logaritmo natural de los valores de OSI vs el inverso de la temperatura, usando la siguiente fórmula:

$$\ln(OSI)=\ln(-\ln(1-\alpha^*)/Z)+Ea/R * 1/T$$

**Dónde:**

**OSI:** Índice de Estabilidad Oxidativa (h).

**T:** Temperatura (°C).

**Ea:** Energía de Activación (kJ/mol).

**R:** Constante ideal de los gases. (8,314 kJ/mol)

**Z:** Factor de Arrhenius.

**$\alpha^*$ :** grado de transformación de moléculas insaturadas.



### 3.3.5. Perfil de Ácidos Grasos

Se determinó de acuerdo a lo planteado en el método oficial AOAC 996.06, usando el equipo para cromatografía de gases marca Shimadzu; modelo GC-2010, con los siguientes componentes y parámetros de análisis:

- Detector de ionización de llama (FID) - temperatura: 200 °C
- Columna capilar RT-2560 de sílice fundida - longitud: 100m, di: 0.25mm, df: 0.2 µm; velocidad: 1.20 ml/min, Ti = 100°C – Tf= 240°C
- Gases: Hidrógeno, helio y aire
- Gas de arrastre: Helio (He) a velocidad de 124.2 ml/min; y presión 261,5 kPa
- Inyector AOC -20I - volumen de inyección: 1µl; Sistema de inyección: Split Ratio, temperatura del Split: 225°C.

La preparación de muestra se desarrolló de acuerdo al método FAMES.

### 3.3.6. Polifenoles Totales

Se determinó mediante el método establecido por Folin - Ciocalteu (1927). Los resultados se expresan en mg ácido gálico (GAE) /g muestra. Según el método estandarizado se tiene la siguiente metodología para la preparación de reactivos:

a) **Preparación de solución Folin - Denis (solución Folin - Ciocalteu 0.25N)**

Tomar 1.25 ml del reactivo Folin - Ciocalteu y enrasar a 10 ml con agua destilada en una fiola color ámbar o forrada con papel aluminio.

b) **Preparación de solución de ácido gálico**

Pesar 25 mg de ácido gálico y enrasar a 100 ml con agua destilada; de esta solución tomar 2 ml y enrasar a 10 ml con agua destilada.

c) **Preparación de solución de carbonato de sodio al 20%**

Pesar 2 g de carbonato de sodio, y agregar agua destilada hasta enrase de 10 ml, agitar y calentar a 70°C y 80°C hasta disolución y enfriar.

Para la preparación de muestra se siguió el método establecido por Bail et al. (2008), quienes relatan que para obtener el extracto acuoso de la muestra de aceite se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Pesar 1g de cada muestra de aceite en cada tubo de ensayo.
- Agregar 3 ml de una solución metanol: agua (90:10), seguidamente agitar durante 4 minutos en el vortex.
- Centrifugar durante 5 minutos a 3000 rpm por minuto.
- Repetir el procedimiento de extracción 3 veces para cada aceite.
- Combinar todos los extractos metanólicos, y concentrar hasta sequedad añadiendo nitrógeno.
- En caso la muestra se deba almacenar, guardar en oscuridad a 20°C hasta su análisis, y al momento de usar disolver la materia seca con 1ml de metanol: agua (10:90).

Para determinar la cantidad de polifenoles totales en la muestra primero se debe preparar la curva estándar, y para ello se sigue la siguiente metodología Folin y Ciocalteu (1927).

a) **Determinación de la curva estándar**

- En tubos de vidrio previamente forrados con papel aluminio, añadir 150 µl, 300 µl, 600 µl, 900 µl, 1200 µl de solución de ácido gálico respectivamente.
- Añadir 300 µl de solución Folin-Denis, agitar y reposar por 5 minutos.
- Añadir 150 µl de carbonato de sodio a cada tubo, y agitar.
- Enrasar con agua destilada hasta completar un volumen de 3750 µl, homogenizar y reposar por 2 minutos.
- Leer en el espectrofotómetro a 726 nm.

**b) Blanco**

- En un tubo de vidrio oscuro colocar 100  $\mu$ l de solución de Folin - Denis.
- Añadir 50  $\mu$ l de carbonato de sodio, enrasar hasta 1250  $\mu$ l, agitar y dejar reposar por 5 minutos.
- Leer en el espectrofotómetro a 726 nm.

**c) Determinación de Polifenoles Totales**

- Tomar 900  $\mu$ l del extracto de la muestra, y colocar en tubos de vidrio forrados con aluminio o ámbar.
- Anadir 300  $\mu$ l de solución Folin. Denis en cada tubo de vidrio, agitar y reposar por 5 minutos.
- Anadir 150  $\mu$ l de carbonato de sodio, agitar, y enrasar a un volumen de 3750  $\mu$ l con agua destilada. Agitar y homogenizar.
- Reposar por 5 minutos y leer en el espectrofotómetro a 726 nm.

**3.3.7. Capacidad Antioxidante**

Se determinó la capacidad antioxidante mediante el método DPPH, aplicando la metodología establecida por Plank et al. (2012), cuyo método fue validado por la AOAC internacional. Los resultados son expresados en  $\mu$ g Trolox/g muestra. El procedimiento validado para preparación de reactivos es el siguiente:

**a) Preparación de la solución DPPH (40 ppm)**

- Añadir 20 mg de reactivo DPPH a una fiola color ámbar de 500 ml.
- Agregar 250 ml con metanol grado HPLC, y agitar por 20 minutos.
- Añadir 250 ml de agua destilada, y agitar por 20 minutos.
- Aforar con metanol, y agitar por 10 ml, protegiendo de la luz.

**b) Preparación de la solución estándar de Trolox (500 ppm)**

- Disolver 5 mg de Trolox con 5 ml de metanol grado HPLC en una fiola oscura de 10 ml, agitando por 5 minutos.
- Añadir 5 ml de agua destilada y agitar por 5 minutos.
- Aforar con metanol.
- Proteger la solución estándar de Trolox de la luz en cada paso.

Para la preparación del extracto de la muestra se siguió el procedimiento establecido por Bail et al. (2008) explicado anteriormente, donde en términos generales se le añadía metanol, pasaba por agitación, centrifugación y filtración.

La determinación de la capacidad antioxidante se realiza preparando primero la curva estándar y luego pasando la muestra en el equipo, para ello se sigue la siguiente metodología dada por Plank et al. (2012)

**a) Determinación de la curva de calibrado**

- En tubos de vidrio previamente forrados con papel aluminio, añadir alícuotas de 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 ml de la solución del estándar de Trolox (cada punto por triplicado).
- Añadir 6.25 ml de solución de DPPH, homogenizar, y tapar los tubos.
- Llevar a incubación a 37°C por 2 horas.
- Transcurrido el tiempo, retirar los tubos y proceder a lecturar a 517 nm, usando agua destilada como blanco.

**b) Determinación de la capacidad Antioxidante**

- Tomar 100 µl de cada muestra de aceite y añadir en tubos de vidrio forrados con aluminio.
- Añadir 6.25 ml de solución de DPPH, homogenizar, y tapar los tubos.
- Llevar a incubación a 37°C por 2 horas.
- Transcurrido el tiempo, retirar los tubos y proceder a lecturar a 517 nm, usando blanco para la muestra.

### **3.4. METODOLOGÍA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE POR PRENSADO EN FRIO**

#### **3.4.1. Recepción de materia prima**

Se obtendrá las semillas de zapallo y Chiclayo en el mercado local “La Perla” seleccionadas previamente, para luego extraer la almendra trabajándolo para cada variedad.

#### **3.4.2. Lavado**

Se da un ligero lavado para eliminar rastro de pulpa en las semillas y otras impurezas; se escurre el agua excedente.

#### **3.4.3. Pesado de las semillas**

Se determinará la cantidad de almendra obtenida para cada variedad para más adelante sacar rendimientos.

#### **3.4.4. Secado de las semillas**

El secado superficial de las semillas se realizó por exposición solar en el techo del instituto de investigación tecnológico agroindustrial (IITA) con el fin de eliminar la humedad de las semillas y facilitar la extracción de las almendras.

#### **3.4.5. Extracción de las Almendras**

Una vez seca la semilla la extracción de la almendra resulta más fácil de realizar, estas se extraen y se secan en una estufa por un tiempo de 4 horas a 60°C hasta alcanzar una humedad de 4 – 6 %.

#### **3.4.6. Acondicionamiento de la muestra**

Se calentará la muestra en una estufa eléctrica por 1 minuto a 90 °C con el fin de facilitar la extracción de aceite.

#### **3.4.7. Montaje de la prensa**

Se colocará la malla metálica dentro del cilindro de extracción y las piezas necesarias para el proceso.

### 3.4.8. Extracción del aceite

Se trabajará hasta una presión máxima de 10 TON en la prensa hidráulica.

### 3.4.9. Recolección del aceite crudo

Se obtendrá el aceite de semilla de zapallo en una bandeja acoplada a la prensa el cual debe ser recopilado en envases ámbar inmediatamente.

### 3.4.10. Centrifugado

Se colocará el aceite crudo extraído en una centrifuga a 3500 rpm por 15 minutos con el fin de separar los sólidos y residuos de semilla contenidos en el aceite.

### 3.4.11. Almacenamiento

Se almacenará en refrigeración a 4 °C luego de añadir nitrógeno al 99.99% de pureza.

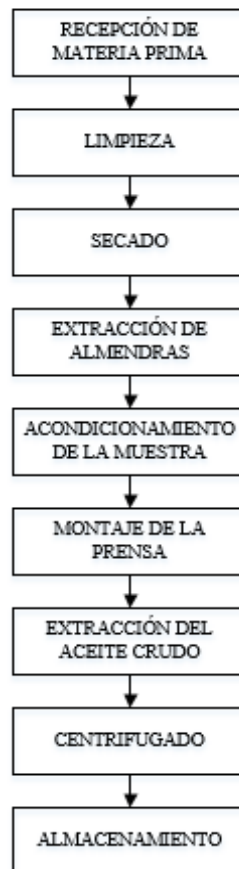


Figura 17. Diagrama de bloque de extracción de aceite de almendra de *C. maxima* y *C. ficifolia* por el método de prensado en frío.

### 3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

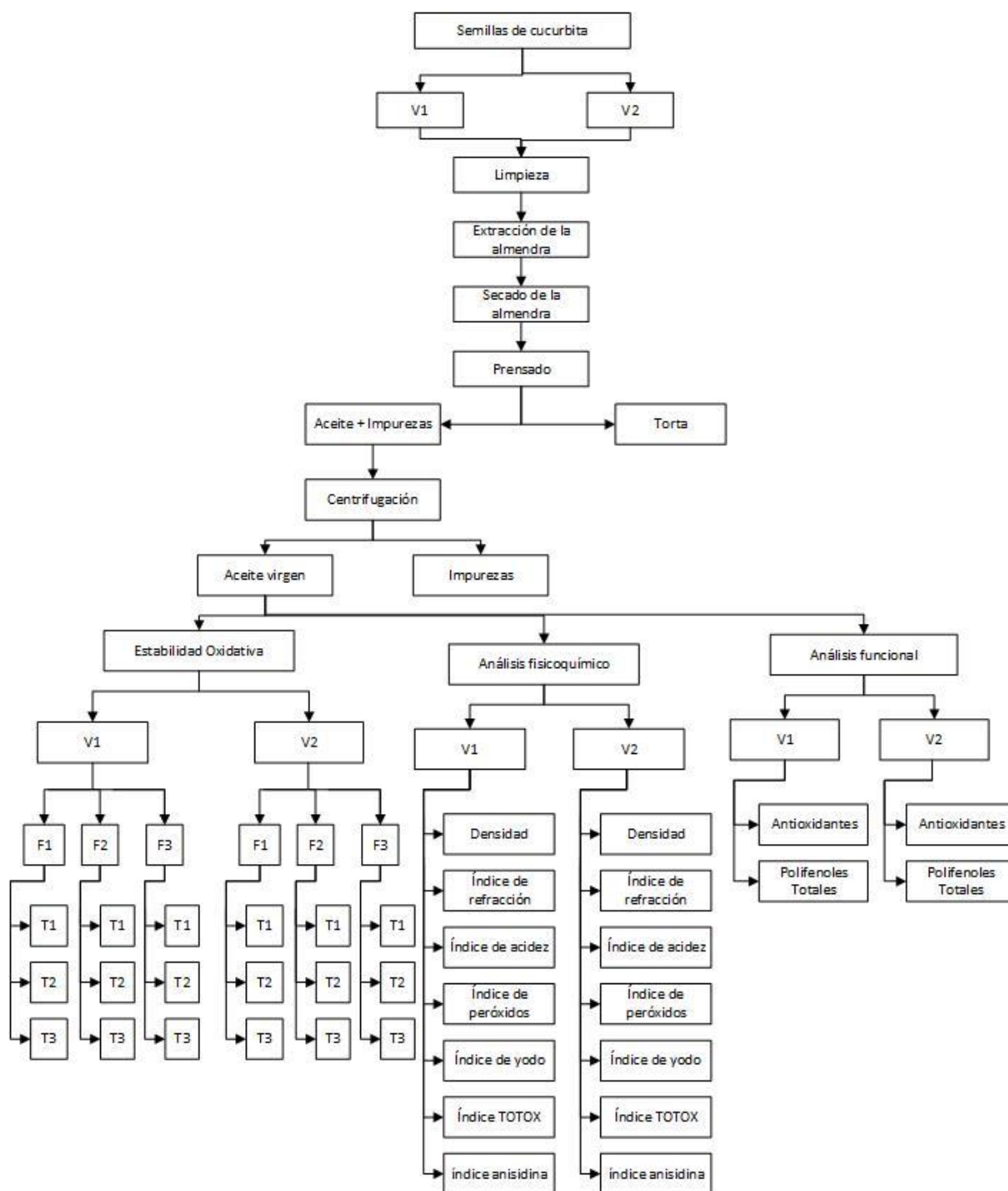


Figura 18. Diagrama del diseño experimental

**V1:** Variedad Cucurbita Máxima

**V2:** Variedad Cucurbita Ficulfolia

**F1:** Flujo de aire en el equipo Rancimat (15L/h)

**F2:** Flujo de aire en el equipo Rancimat (20L/h)

**F3:** Flujo de aire en el equipo Rancimat (25L/h)

**T1:** Temperatura en el equipo Rancimat (110°C)

**T2:** Temperatura en el equipo Rancimat (120°C)

**T3:** Temperatura en el equipo Rancimat (130°C)

### **3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO**

El diseño estadístico es el soporte en el cual los valores obtenidos de los diversos análisis realizados a la muestra de aceite de *Cucurbita máxima*. y *Cucurbita ficifolia*, van a poder ser manejados e interpretados con el fin de establecer relaciones de causalidad. Los programas estadísticos usados para la evaluación de los datos fueron Statgraphics Centurion.

### **3.7. EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD OXIDATIVA**

Para evaluar la OSI en las muestras de aceites, se trabajó el factor temperatura con 3 niveles (110°C, 120°C y 130°C) y factor flujo de aire se fijó con 3 niveles (15 L/h, 20 L/h, 25 L/h) a la variedad *Cucurbita máxima* y variedad *cucúrbita ficifolia*

Se empleó el diseño DCA con un arreglo factorial de  $2 \times 3 \times 3 = 18$ , es decir 18 tratamientos con tres repeticiones, siendo un total de 54 corridas, las cuales fueron evaluadas estadísticamente para su posterior análisis estadístico.

#### **3.7.1. Variables Independientes**

Variedades: C. maxima y C. ficifolia

Temperatura del Equipo: 110°C, 120°C y 130°C

Flujo de aire: 15 L/h, 20 L/h, 25 L/h

#### **3.7.2. Variables Dependientes**

Índice de Estabilidad oxidativa (OSI).

#### **3.7.3. Modelo Matemático Lineal**

Los datos se sometieron a un diseño completamente al azar en el software Statgraphics Centurion para análisis estadístico y modelos de regresión, es la siguiente ecuación se relaciona OSI con las interacciones entre flujo de aire y temperatura (variables de entrada):

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$



Dónde:

- **Y<sub>ijk</sub>**: Es el tiempo de estabilidad de aceite de semilla, obtenido con la i-ésimo flujo de aire y el j-ésima temperatura.
- **μ**: Es el efecto medio general.
- **τ<sub>i</sub>**: Es el efecto del i-ésimo nivel del factor flujo de aire.
- **β<sub>j</sub>**: Es el efecto del j-ésimo nivel del factor temperatura.
- **(τβ)<sub>ij</sub>**: Es el efecto de la interacción entre τ<sub>i</sub> y β<sub>j</sub>
- **E<sub>ijk</sub>**: es el componente del error aleatorio.

### 3.7.4. Modelo del Diseño Experimental

Tabla 10  
Modelo de diseño experimental para OSI

Variedad de las semillas	Flujo (L/h)	Temperatura (°C)		
		c <sub>0</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>
		OSI ±SD	OSI ±SD	OSI ±SD
<b>a<sub>0</sub></b>	<b>b<sub>0</sub></b>	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>2</sub>
	<b>b<sub>1</sub></b>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>
	<b>b<sub>2</sub></b>	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>0</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>
<b>a<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>0</sub></b>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>2</sub>
	<b>b<sub>1</sub></b>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>
	<b>b<sub>2</sub></b>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>

OSI: horas; SD: desviación estándar (n=3)

Dónde:

a<sub>0</sub> = C. maxima 0

a<sub>1</sub> = C. ficifolia 1

b<sub>0</sub> = Flujo 0

b<sub>1</sub> = Flujo 1

b<sub>2</sub> = Flujo 2

c<sub>0</sub> = Temperatura 0

c<sub>1</sub> = Temperatura 1

c<sub>2</sub> = Temperatura 2

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANALISIS GRAVIMÉTRICOS DE SEMILLAS

Tabla 11  
*Dimensiones axiales de la semilla de zapallo*

SEMILLA DE ZAPALLO ( <i>Cucurbita maxima</i> )								
	Diámetro mayor (a)	Diámetro medio (b)	Diámetro menor (c)	Da	Dg	S	Ra	$\phi$
<b>Promedio</b>	2.5925	1.3493	0.5834	1.5084	1.2662	5.0440	52.3143	0.4902
<b>Mínimo</b>	2.2100	1.1400	0.5000	1.3467	1.1424	4.0999	42.3792	0.4334
<b>Máximo</b>	2.9100	1.5200	0.6800	1.6600	1.4173	6.3106	67.7130	0.5731
<b>Desviación</b>	0.1826	0.0865	0.0460	0.0671	0.0499	0.3979	5.1276	0.0306
<b>Mediana</b>	2.6000	1.3550	0.5800	1.5133	1.2666	5.0401	52.0557	0.4872
<b>Varianza</b>	0.0330	0.0074	0.0021	0.0045	0.0025	0.1567	26.0289	0.0009

\*Datos expresados como media  $\pm$  desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

Tabla 12  
*Dimensiones axiales de la semilla de Chiclayo*

SEMILLA DE CHICLAYO ( <i>Cucurbita ficifolia</i> )								
	Diámetro mayor (a)	Diámetro medio (b)	Diámetro menor (c)	Da	Dg	S	Ra	$\phi$
<b>Promedio</b>	1.8067	1.0263	0.2726	1.0352	0.7948	1.9903	56.9422	0.4408
<b>Mínimo</b>	1.5200	0.8600	0.1700	0.9033	0.6837	1.4685	44.8980	0.3419
<b>Máximo</b>	2.0000	1.2000	0.3200	1.1600	0.8940	2.5108	69.0476	0.5014
<b>Desviación</b>	0.1051	0.0878	0.0279	0.0513	0.0427	0.2156	5.3292	0.0251
<b>Mediana</b>	1.8000	1.0000	0.2800	1.0267	0.7903	1.9620	56.3377	0.4418
<b>Varianza</b>	0.0109	0.0076	0.0008	0.0026	0.0018	0.0460	28.1162	0.0006

\*Datos expresados como media  $\pm$  desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

Los valores obtenidos para las siguientes mediciones considerando a 100 unidades para cada variedad, fueron en promedio de diámetro mayor, diámetro medio y diámetro menor 2.5925, 1.3497 y 0.5834 cm respectivamente para *Cucurbita*.

*maxima*, mientras que para la variedad *Cucurbita ficifolia* fueron de 1.8067, 1.0263 y 0.2726 cm.

(Hayqui, 2016) reporta medidas de las semillas para la variedad *Cucurbita maxima*, frutos de la Ciudad de Juliaca en el departamento de Puno con valores de 2.406, 1.162 y 0.290 cm para diámetro mayor, diámetro medio y diámetro menor respectivamente, evidenciándose una diferencia como producto de la zona donde fue cultivada. De igual manera para las semillas de *Cucurbita ficifolia* de Huancayo en el departamento de Junín evaluadas por (Asto, 2019) con valores de 1.98, 1.25 y 0.283 cm y para la variedad *Cucurbita* spp., con 2.61 de diámetro mayor, 0.859 de diámetro medio y diámetro menor de 2.51 cm; todos estos valores evaluados a la semilla con cáscara; sin embargo a su vez se determinó que la cáscara es una parte significativa en la semilla de las cucurbitáceas (Durán García, 2018), ya que reduce el tamaño alrededor de 37.1% en el largo, es decir, diámetro mayor, 22% en el ancho, diámetro medio, y un 15.2% en el espesor, diámetro menor.

#### 4.2. CARACTERIZACIÓN PROXIMAL DE LAS SEMILLAS

Se realizó el análisis de la composición química proximal de la semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) y Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*) en base a la metodología AOAC, los cuales se expresan en la tabla 13.

Tabla 13  
*Caracterización proximal de semillas*

Componentes	Semilla de Zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> )	Semilla de Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> )
Humedad %	8.71 ± 0.2721	6.82 ± 0.3191
Proteínas %	41.87 ± 0.1256	36.45 ± 0.0842
Fibra %	2.46 ± 0.1311	8.37 ± 0.0526
Cenizas %	2.61 ± 0.3269	2.26 ± 0.0551
Grasa %	31.95 ± 0.1305	34.6 ± 0.0837
Carbohidratos* %	12.10 ± 0.1972	11.50 ± 0.1189

\*Valor hallado por diferencia

#### **4.2.1. Humedad**

Las semillas de Zapallo y Chiclayo presentaron valores de humedad de 8.71% y 6.82% respectivamente, contrastando con lo obtenido por (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019) que obtuvieron 8.4% para (*Cucurbita ficifolia*) y 6.87% para (*Cucurbita máxima*) por el método AOAC (2008) hasta obtener un peso constante.

Del mismo modo (Durán García, 2018) reporta un valor de 7.229 % de humedad para calabaza de la región de potosí.

#### **4.2.2. Cenizas**

El contenido de cenizas reportado en los análisis para las almendras de la semilla de zapallo y Chiclayo fueron de 2.61% y 2.26% respectivamente, asemejándose a los valores reportados por (Ortiz Grizales, Pasos López, Rivas Abadia, Valdés Restrepo, & Vallejo Cabrera, 2009) quienes obtuvieron en una prueba de laboratorio con 79 inducciones de zapallo de la región de Colombia, obteniendo como valor promedio  $3.9 \pm 0.47$  %. Así mismo (Durán García, 2018) en su estudio reporta 3.21% en su composición de cenizas totales.

Este contenido de cenizas es el resultado de una oxidación completa de toda la materia orgánica que componen a un alimento, siendo los minerales junto con el agua los únicos componentes que no se pueden oxidar por el organismo para producir energía. El porcentaje de cenizas en los alimentos es un indicador del contenido de minerales total y de materia orgánica, micro elementos que cumplen funciones importantes para el organismo.

#### **4.2.3. Proteína**

El contenido presente en las semillas es alto, siendo 41.87% para la *Cucurbita máxima* y 36.45% para la *Cucurbita ficifolia* que según (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019) obtuvo 41.22% para *Cucurbita máxima* y 34.47% para *Cucurbita ficifolia*. Este tipo de semilla contienen alta cantidad de Cucurbitina, aminoácido característico de las Cucurbitaceas.

#### 4.2.4. Grasa

El porcentaje de grasa obtenido fue de 31.95% en la almendra de semilla de zapallo (*Cucurbita maxima*) y 34.6% para chichlayo (*Cucurbita ficifolia*) comparado con lo obtenido por (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019) con 23.79% y 35.2%, respectivamente, en extracción por prensado igual a la empleada en este trabajo.

La variación del porcentaje de grasa difiere a múltiples factores, entre los más resaltantes, el grado de madurez del fruto y por ende de las semillas, reduciendo el contenido de agua y aumentando el contenido de grasa mientras mayor sea la maduración. Otro factor importante es la zona geográfica donde se desarrolló esta hortaliza.

### 4.3. EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE ZAPALLO Y CHICLAYO

#### 4.3.1. Rendimiento de aceite obtenido por prensado en frío

La extracción del aceite se realizó empleando la técnica de prensado en frío usando como equipo una prensa hidráulica, la cual, al ejercer presión contra las semillas, libera el aceite que se encuentran dentro de las almendras, asimismo se calculó el rendimiento obtenido para cada variedad en base a 1 kg de almendra seca.

Tabla 14  
Rendimiento de aceite obtenido por prensado en frío

VARIEDAD	RENDIMIENTO (%)
Zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> )	24.7300 ± 0.5032*
Chichlayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> )	26.0205 ± 0.1273*

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

Como podemos observar en la tabla 14, los valores obtenidos en el rendimiento de aceite fue 24.73% para la variedad *Cucurbita maxima* valor cercano al obtenido por (Hayqui, 2016) quien obtuvo 22.67% de rendimiento para la variedad *Cucurbita máxima* por el método de

solvente (Hexano). En cuanto a lo obtenido para *Cucurbita ficifolia*, fue 26.0205%. También podemos contrastar con los resultados obtenidos por (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019), quienes reportan valores de rendimiento por tres diferentes métodos de extracción, obteniéndose un rendimiento para la variedad *Cucurbita maxima* de 22.13% por método de prensado en frío, 24.85% por el método de solvente (Etanol) y 26.06% por Solvente (hexano); Así mismo para la variedad *Cucurbita ficifolia* se obtuvo el rendimiento de 32.48% por método de prensado en frío, 34.59% por el método de solvente (Etanol) y 36.66% por el método de solvente (Hexano).

Si bien es cierto que el rendimiento por solventes es mayor al método por prensado en frío, existen desventajas entre ambos métodos por el riesgo de contaminación a la que ésta se expone, así como los costos para emplear solventes y el tiempo de extracción.

#### 4.3.1.1. *Análisis de varianza para el rendimiento de aceite obtenido por prensado en frío*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Rendimiento. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Rendimiento para los 2 diferentes niveles de Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias.

Tabla 15  
*ANOVA para Rendimiento por Tipos de aceite*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2,49831	1	2,49831	18,54	0,0126
Intra grupos	0,538946	4	0,134737		
Total (Corr.)	3,03726	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Rendimiento en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 18,5422, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de

Rendimiento entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 16.  
*Medias para Rendimiento por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%*

<i>Tipos de aceite</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est. (s agrupada)</i>	
			<i>L. Inferior</i>	<i>L. Superior</i>
C. Ficifolia	3	26,0206	0,211925	25,6045 26,4367
C. Maxima	3	24,73	0,211925	24,314 25,1461
Total	6	25,3753		

Esta tabla muestra la media de Rendimiento para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal forma que si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces.

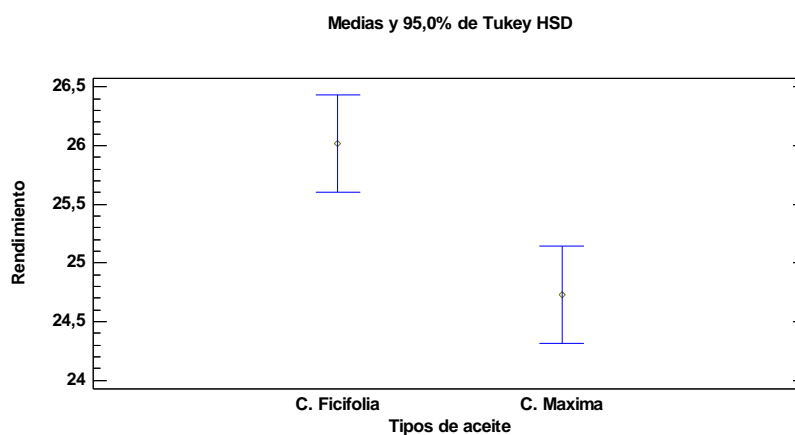


Figura 19. Gráfica de medias para rendimiento en extracción de aceite de semilla de c. maxima y c. ficifolia

#### 4.4. ANALISIS FISICO QUÍMICO DE LOS ACEITES EXTRAÍDOS DE SEMILLA DE ZAPALLO Y CHICLAYO

En la tabla 17, se observa los resultados generales de la caracterización fisicoquímica realizada a los aceites extraídos de las semillas de dos variedades de cucurbitáceas, la *Cucurbita máxima* y *Cucurbita ficifolia*

A partir de los valores obtenidos en el aceite que contienen sus almendras, ambas variedades presentan diferencias significativas para todos sus análisis, siendo similares a los pertenecientes para aceites vegetales, lo que los convierte en un producto útil para su aprovechamiento en la industria alimentaria.

Tabla 17  
Resultados generales de la caracterización de los aceites extraídos

	VARIEDAD	
	zapallo (Cucurbita Máxima)	Chiclayo (Cucurbita Ficifolia)
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0.9295 ± 0.0004*	0.9222 ± 0.0001*
Índice de Refracción	1.4722 ± 0.0000*	1.4716 ± 1.00E-05*
Índice de Yodo (g I <sub>2</sub> /100g)	96.6891 ± 0.2082*	82.4425 ± 0.3000*
Índice de Acidez (% ácido oleico)	1.0096 ± 0.0018*	0.6730 ± 0.0016*
Índice de Peroxido (meq O <sub>2</sub> /kg)	1.9587 ± 0.0058*	0.9757 ± 0.0046*
Índice de Anisidina (meqO <sub>2</sub> /Kg)	7.2846 ± 0.4253*	7.4235 ± 0.9237*
Valor TOTOX (meqO <sub>2</sub> /kg)	11.2021 ± 0.4137*	9.3749 ± 0.9272*
Capacidad Antioxidante (μmol trolox/kg)	38.1717 ± 0.9063*	57.1850 ± 0.6651*
Polifenoles Totales (mgEAG/100g)	4.0754 ± 0.2547*	3.8721 ± 0.2133*

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.



#### 4.4.1. Densidad relativa

La tabla 18 muestra los resultados de densidad obtenidos para el aceite de semilla en ambas variedades. Este análisis se realizó mediante el método del picnómetro a temperatura de 20°C.

Tabla 18  
*Densidades relativas para los aceites extraídos*

VARIEDAD	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> )	0.9295 ± 0.0004*
Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> )	0.9222 ± 0.0001*

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

La densidad obtenida para el aceite de semilla de zapallo (*Cucurbita máxima*) es  $0.9295 \pm 0.0004 \text{ g/cm}^3$  y  $0.92222 \pm 0.0001 \text{ g/cm}^3$  (*Cucurbita ficifolia*) siendo cercano con los datos reportados por (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019) para el aceite de semilla de zapallo extraído por prensado en frío ( $0.91 \pm 0.002 \text{ g/cm}^3$ ), sin embargo, comparado con otros aceites analizados por (Rodríguez, Villanueva, Glorio, & Baquerizo, 2015), es menos denso que el aceite de Ricino ( $0.933 \text{ g/cm}^3$ ) y más denso que el aceite de girasol ( $0.903 \text{ g/cm}^3$ ) y soya ( $0.897 \text{ g/cm}^3$ ). Para el caso del aceite de semilla de Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*) la densidad es el mismo al reportado por (Capuñay, 2015) variando ligeramente en su valor ( $0.9201 \pm 0.0003 \text{ g/cm}^3$ ), así mismo (Aceites de las Valdesas, 2020), menciona que la densidad relativa para la mayor parte de los aceites vegetales se encuentran entre  $0.840$  y  $0.960 \text{ g/cm}^3$ .

En el caso de los aceites evaluados, el aceite de semilla de Chiclayo es menor ligeramente; a medida que un aceite es menos denso es mejor, pues es más digerible y posee un punto de fusión muy bajo. (Paucar Menacho, Salvador Reyes, Guillén Sánchez, Capa Robles, & Moreno Rojo, 2015).

#### 4.4.1.1. *Análisis de varianza para la densidad relativa*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Densidad relativa. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Densidad relativa para los 2 diferentes niveles de Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias.

Tabla 19  
*ANOVA para Densidad relativa por Tipos de aceite*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0000792067	1	0,0000792067	772,62	0,0000
Intra grupos	4,10067E-7	4	1,02517E-7		
Total (Corr.)	0,0000796167	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de densidad relativa en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 772,622, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de densidad relativa entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 20  
*Tabla de Medias para Densidad relativa por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%*

<i>Tipos de aceite</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>		
			<i>(s agrupada)</i>	<i>L. Inferior</i>	<i>L. Superior</i>
C. Ficifolia	3	0,922243	0,000184857	0,92188	0,922606
C. Maxima	3	0,92951	0,000184857	0,929147	0,929873
Total	6	0,925877			

Esta tabla muestra la media de densidad relativa para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La

tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal forma que, si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces.

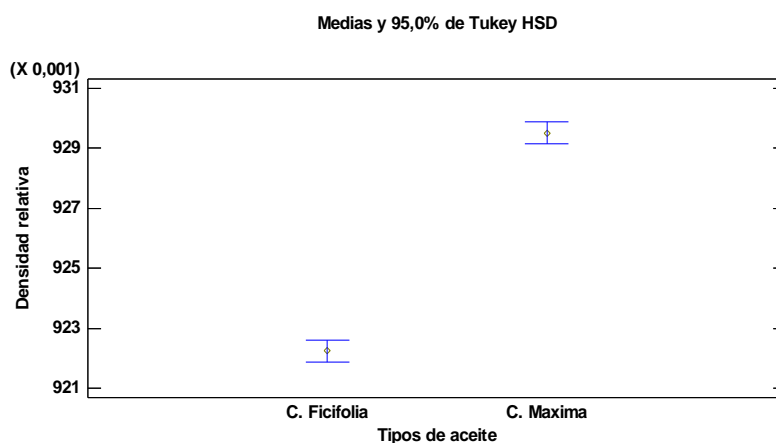


Figura 20. Gráfico de medias para densidad

#### 4.4.2. Índice de refracción

En la tabla 21, observamos los valores para el índice de refracción en el aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita maxima*) y Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*). El análisis se realizó empleando el refractómetro digital automático a temperatura de 20°C.

Tabla 21  
Índice de refracción para *c. maxima* y *c. ficifolia*

VARIEDAD	Índice de Refracción
zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> )	1.4722 ±0,0000*
Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> )	1.4716 ±1,00E-05*

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

El índice de refracción para el aceite de semilla de Zapallo a 20 °C (1.4722±0.00000577) es cercano a lo reportado por (Valenzuela, Giménez, & Soro, Caracterización química y cuantificación de fenoles totales en aceite de semilla de Cucurbita spp., 2018), (1.46 ± 0.01), mientras que el índice de refracción del aceite de semilla de Chiclayo a

20 °C ( $1.4716 \pm 1.00E-05$ ) es igual al valor ( $1.47 \pm 0.01$ ), obtenido por (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019) quién también empleó el método de extracción por prensado en frío; estando estos dentro de los valores para índices de refracción a 20°C de las grasas y aceites más importantes, las cuales varían entre 1.466 y 1.484. Esta propiedad los indica la pureza y calidad de nuestros aceites evaluados y va a aumentar conforme aumenta el grado de insaturación y el porcentaje de ácidos grasos insaturados (MPA, 2010).

#### 4.4.2.1. *Análisis de varianza para el Índice de refracción*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Índice de refracción. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Índice de refracción para los 2 diferentes niveles de Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 22  
*ANOVA para Índice de refracción por Tipos de aceite*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4,056E-7	1	4,056E-7	8112,00	0,0000
Intra grupos	2,E-10	4	5,E-11		
Total (Corr.)	4,058E-7	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Índice de refracción en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 8112,0, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Índice de refracción entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 23  
*Medias para Índice de refracción por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%*

---

*Error Est.*

<i>Tipos de aceite</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>(s agrupada)</i>	<i>L. Inferior</i>	<i>L. Superior</i>
C. Ficifolia	3	1,47163	0,000004082	1,47162	1,47164
C. Maxima	3	1,47215	0,000004082	1,47214	1,47216
Total	6	1,47189			

Esta tabla muestra la media de Índice de refracción para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal forma que si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces.

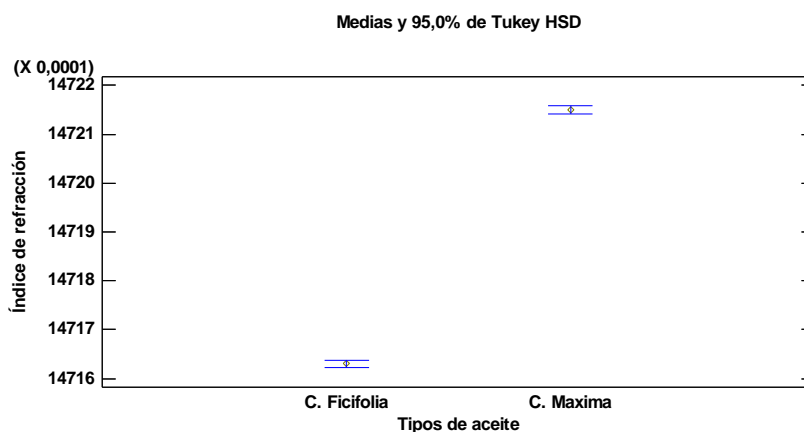


Figura 21. Gráfico de medias para índice de refracción.

#### 4.4.3. Índice de acidez

En la tabla 24, podemos observar los resultados acerca del Índice de acidez realizado por el método de titulación a los aceites extraídos de semilla de Zapallo (*Cucurbita maxima*) y Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*) respectivamente.

Tabla 24  
Índice de acidez para las muestras de aceite

<b>VARIEDAD</b>	<b>Índice de Acidez (% ácido oleico)</b>
<b>zapallo (<i>Cucurbita máxima</i>)</b>	1.0096 ± 0.0018*
<b>Chiclayo (<i>Cucurbita ficifolia</i>)</b>	0.6730 ± 0.0016*

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

El índice de acidez para el aceite de semilla de zapallo ( $1.0096 \pm 0.0018$ ) es menor al valor reportado por (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019) en su estudio al aceite de semilla de *Cucurbita maxima* ( $2.08 \pm 0.41$ ); mostrando así que nuestro aceite extraído es un aceite fresco al igual que el aceite de semilla de Chiclayo que tiene incluso menor %AGL ( $0.6730 \pm 0.0016$ ); por lo tanto, podemos decir que se llevó un buen manejo postcosecha de la materia prima así como las adecuadas condiciones de almacenamiento. (Paucar Menacho, Salvador Reyes, Guillén Sánchez, Capa Robles, & Moreno Rojo, 2015) Menciona que si los aceites extraídos no han estado protegidos de la acción del aire y la luz su acidez crece lentamente al principio y con cierta rapidez después.

#### **4.4.3.1. Análisis de varianza para el índice de acidez**

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Índice de acidez. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Índice de acidez para los 2 diferentes niveles de Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Tabla 25  
ANOVA para Índice de acidez por Tipos de aceite

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,169231	1	0,169231	92542,72	0,0000
Intra grupos	0,0000073	4	0,000001		
Total (Corr.)	0,169238	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Índice de acidez en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 92542,7, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Índice de acidez entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 26  
Medias para Índice de acidez por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%

<i>Tipos de aceite</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>		
			<i>(s agrupada)</i>	<i>L. Inferior</i>	<i>L. Superior</i>
C. Ficifolia	3	0,673728	0,0007807	0,672195	0,675261
C. Maxima	3	1,00962	0,0007807	1,00808	1,01115
Total	6	0,841672			

Esta tabla muestra la media de Índice de acidez para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal forma que, si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces. Puede ver gráficamente los intervalos seleccionando Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas.

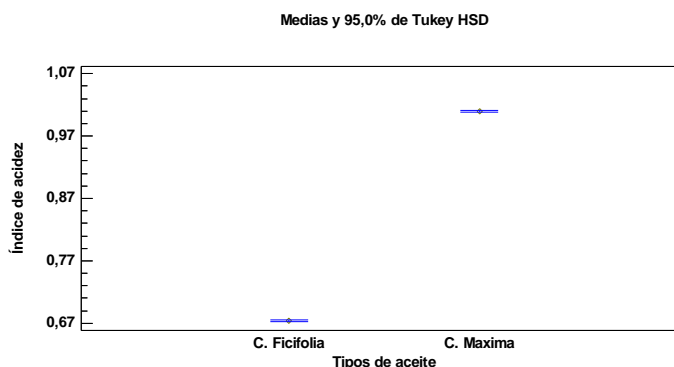


Figura 22. Gráfica de medias para Índice de acidez

#### 4.4.4. Índice de peróxidos

A continuación, en la tabla 27 se exponen los resultados obtenidos en la determinación del Índice de peróxido

Tabla 27

Índice de peróxidos para aceite de *c. maxima* y *c. ficifolia*

VARIEDAD	Índice de Peróxido (meq O <sub>2</sub> /kg)
zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> )	1.9587 ± 0.0058*
Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> )	0.9757 ± 0.0046*

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

Se encontró valores para el índice de peróxido de aceites de semilla de *Cucurbita Maxima* (1.959±0,0058) y *Cucurbita Ficifolia* (0.976±0,0046) expresado en meqO<sub>2</sub>/Kg que comparado con los datos reportados por (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019) para aceite de semilla de Zapallo por prensado en frío (2,83±0,739) y por solvente etanol (3,41±0,401), así como para el aceite de semilla de Chiclayo por prensado en frío (1,30±0,039) y por solvente etanol (2,02±0,061), son menores a los que obtuvimos en la presente investigación y a la vez varían de acuerdo al método de extracción, a su vez según el (CODEX STAN 19-1981, 2015) el límite máximo de índice de peróxido para aceites vírgenes y grasas y aceites prensados en frío es hasta 15 meq O<sub>2</sub>/Kg, por lo que nuestras muestras se encuentran



dentro del rango permitido. Cabe recalcar que, el aumento de la cantidad de peróxidos es evidencia del deterioro del aceite (Rivera, Gutiérrez, Gómez, Matute, & Izaguirre, 2014), un número menor indicará una buena calidad y estado de conservación.

El contenido de peróxidos al ser producto de la reacción entre el oxígeno y las grasas del aceite indicará el grado de oxidación primaria dándonos un parámetro de su tendencia al su enranciamiento, por lo que a mayor índice menor será la capacidad antioxidante que presente.

#### 4.4.4.1. *Análisis de varianza para el índice de peróxido*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Índice de peróxidos. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Índice de peróxidos para los 2 diferentes niveles de Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 28  
ANOVA para Índice de peróxidos por Tipos de aceite

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,44961	1	1,44961	51479,88	0,0000
Intra grupos	0,000112635	4	0,0000281588		
Total (Corr.)	1,44972	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Índice de peróxidos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 51479,9, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Índice de peróxidos entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 29  
*Medias para Índice de peróxidos por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%*

<i>Tipos de aceite</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est. (s agrupada)</i>	<i>L. Inferior</i>	<i>L. Superior</i>
C. Ficifolia	3	0,975688	0,0030637	0,969673	0,981703
C. Maxima	3	1,95875	0,0030637	1,95273	1,96476
Total	6	1,46722			

Esta tabla muestra la media de Índice de peróxidos para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal forma que si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces.

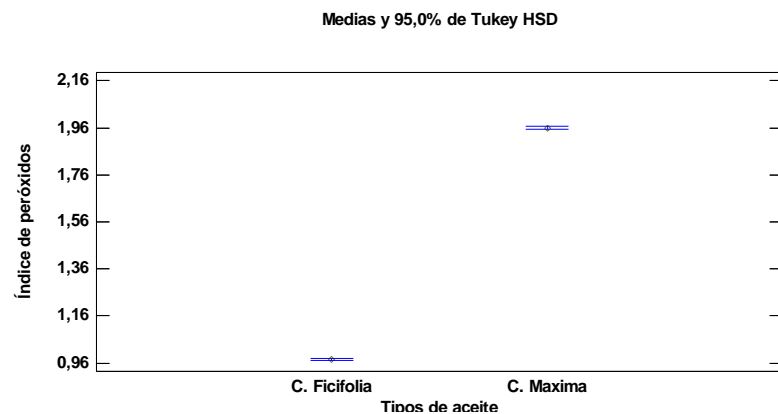


Figura 23. Gráfica de medias para índice de peróxidos.

#### 4.4.5. Índice de yodo

En la tabla 30, se muestra los resultados de Índice de Yodo obtenido para ambas variedades

Tabla 30  
*Índice de yodo para aceite de semilla de c. maxima y c. ficifolia*

<b>VARIEDAD</b>	<b>Índice de Yodo (g I<sub>2</sub>/100g)</b>
<b>Zapallo (<i>Cucurbita máxima</i>)</b>	96.6891 ± 0.2082*
<b>Chiclayo (<i>Cucurbita ficifolia</i>)</b>	82.4425 ± 0.3000*

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

El índice de yodo es una propiedad química que va a relacionada con la insaturación, IR y densidad (Benatmane, Kouba, Youyou, & Mourot, 2011). Entonces es posible decir que, a mayor índice de yodo, mayor IR y mayor densidad, siendo comprobada en la presente investigación pues el aceite de semilla de *Cucurbita máxima* tiene mayor índice de yodo (96.6891 ± 0.2082), IR (1.4722 ± 0.00008) y densidad (0.9295 ± 0.0004) respecto al aceite de semilla de *Cucurbita ficifolia* para la cual se obtuvo (82.4425 ± 0.3000), IR (1.4716 ± 1.00E-05) y densidad (0.9222 ± 0.0001) con menores valores. Según lo reportado por (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019), los valores de índice de yodo para el aceite de semilla de *Cucurbita máxima* por prensado en frío fue (137.46 ± 1.16), mientras que para el aceite de semilla de *Cucurbita ficifolia* (113.17 ± 7.09). Por otro lado, (Hayqui, 2016) en su investigación al aceite de semilla de zapallo con solvente hexano obtuvo 123.16 ± 0.50.

Mientras más bajo es el índice de yodo, más alto será el grado de saturación del aceite (Paucar Menacho, Salvador Reyes, Guillén Sánchez, Capa Robles, & Moreno Rojo, 2015), es por ello que de acuerdo los resultados obtenidos el aceite de semilla de zapallo al tener mayor índice de yodo que el aceite de semilla de Chiclayo, será mucho más rico en ácidos grasos insaturados que este.

#### **4.4.5.1. Análisis de varianza para el Índice de Yodo**

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Índice de yodo. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Índice de yodo para los 2 diferentes niveles de

Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 31  
ANOVA para Índice de yodo por Tipos de aceite

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	304,452	1	304,452	4564,13	0,0000
Intra grupos	0,266821	4	0,06670		
Total (Corr.)	304,718	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Índice de yodo en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 4564,13, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Índice de yodo entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 32  
Medias para Índice de yodo por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%

<i>Tipos de aceite</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>		
			<i>(s agrupada)</i>	<i>L. Inferior</i>	<i>L. Superior</i>
C. Ficifolia	3	82,4425	0,149114	82,1497	82,7352
C. Maxima	3	96,6891	0,149114	96,3964	96,9819
Total	6	89,5658			

Esta tabla muestra la media de Índice de yodo para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal

forma que, si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces.

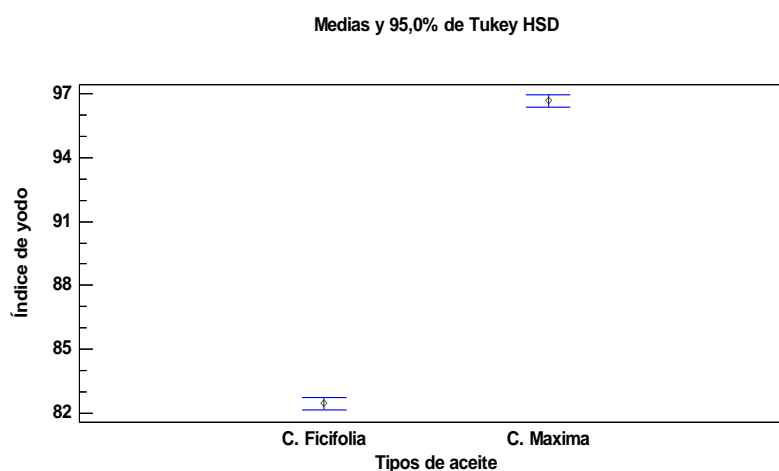


Figura 24. Gráfica de medias para Índice de yodo

#### 4.4.6. Índice de anisidina

Se considera como una medida de los productos de oxidación secundaria (Grompone, 1991), siendo una serie de aldehídos los que se hallan entre estos compuestos producidos durante la oxidación de los lípidos; lo que nos permitirá evaluar la oxidación del aceite.

En la tabla 33, se muestran los resultados obtenidos respecto al índice de anisidina realizado al aceite de semilla de zapallo (*C. máxima*) y semilla de Chiclayo (*C. ficifolia*).

Tabla 33  
Índice de anisidina de los aceites extraídos

VARIEDAD	Índice de Anisidina (meqO <sub>2</sub> /Kg)
zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> )	3.7514 ± 0.0075
Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> )	3.6127 ± 0.0216

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

El valor de anisidina para el aceite de semilla de *Cucurbita máxima* (3.7514 ± 0.0075) y aceite de semilla de *Cucurbita ficifolia* (3.6127 ±

0.0216) comparados con los valores reportados por (Juárez, Hernández, & Rodríguez, 2016) para el aceite de semilla de Cucurbita pepo varían entre 1.91 – 3.69, esto debido al método de extracción y variedad estudiada. Sin embargo, el valor que obtuvimos está dentro de lo que menciona (Knothe, Matheaus, & Ryan, 2003), al estar ubicado por debajo de 10, ya que al tener un valor en índice de anisidina mayor a este se considera aceite de mala calidad por el alto contenido de material oxidado. Un índice de p-anisidina de 1 corresponde alrededor del 0.1% de material oxidado. (Gustone, 2004).

#### 4.4.6.1. *Análisis de varianza para el índice de Anisidina*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Anisidina. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Anisidina para los 2 diferentes niveles de Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Tabla 34  
*ANOVA para Anisidina por Tipos de Aceite*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0288597	1	0,0288597	<b>110,22</b>	<b>0,0005</b>
Intra grupos	0,00104733	4	0,0002618		
Total (Corr.)	0,029907	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Anisidina en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 110,222, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05,

existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Anisidina entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 35

*Medias para Anisidina por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%*

Tipos de aceite	Casos	Media	Error Est.		
			(s agrupada)	L. Inferior	L. Superior
C. Ficifolia	3	3,6126	0,0093422	3,59432	3,63101
C. Maxima	3	3,7513	0,0093422	3,73303	3,76971
Total	6	3,6820			

Esta tabla muestra la media de Anisidina para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal forma que, si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces.

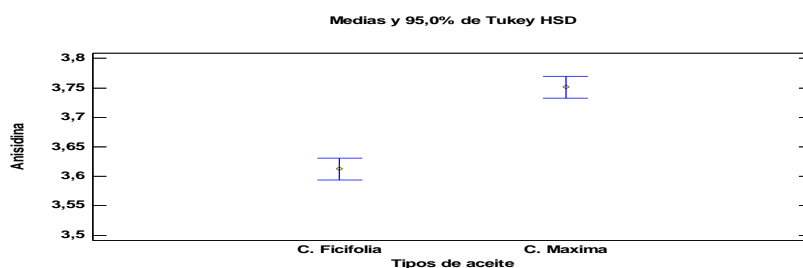


Figura 25. Gráfica de medias para Índice de anisidina

#### 4.4.7. Valor TOTOX

Los valores Totox obtenidos se muestran en la tabla 36 para la cual se empleó la fórmula que establece la relación entre índice de anisidina y el índice de peróxidos.

Tabla 36  
Valor Totox para aceite de semilla de *c. maxima* y *c. ficifolia*

VARIEDAD	Valor TOTOX (meqO <sub>2</sub> /kg)
zapallo ( <i>Cucurbita máxima</i> )	7.6689 ± 0.0141*
Chiclayo ( <i>Cucurbita ficifolia</i> )	5.5640 ± 0.0298*

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

Los resultados obtenidos para el aceite de semilla de *Cucurbita máxima* (7.6689 ± 0.0141) y *Cucurbita ficifolia* (5.5640 ± 0.0298) en cuanto al índice de TOTOX nos van a garantizar la frescura, calidad y seguridad del aceite, en donde de acuerdo a lo estudiado el aceite de zapallo es quién presenta mayor valor TOTOX. Sin embargo, de acuerdo a (Génesis DHA 1000 TG, 2020), a nivel internacional está permitido un máximo de 26 de TOTOX para aceites comestibles.

Este valor está relacionado de manera lineal con el índice de peróxidos y anisidina para así poder determinar el grado de oxidación tanto primaria como secundaria que comparado con los resultados muestran la misma tendencia creciente en mayor proporción para el aceite de zapallo, esto indicaría que los compuestos primarios y secundarios se están generando simultáneamente. (Rodríguez , Villanueva, Glorio, & Baquerizo, 2015) pero debido a los valores bajos en cuanto a índice de peróxidos y anisidina podemos decir que nuestros aceites se encuentran recién en la etapa inicial de oxidación en los ácidos grasos.

El valor TOTOX es muy útil en la determinación del deterioro de aceites ya que se evalúan los compuestos oxidativos, peróxidos y aldehídos, productos de la oxidación primaria y secundaria. (Franco, 2014).



#### 4.4.7.1. *Análisis de varianza para el valor Totox*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Valor totox. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Valor totox para los 2 diferentes niveles de Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 37  
*ANOVA para Valor Totox por Tipos de aceite*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	6,64545	1	6,64545	12217,99	0,0000
Intra grupos	0,00217563	4	0,0005439		
Total (Corr.)	6,64762	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Valor Totox en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 12218,0, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Valor totox entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 38  
*Medias para Valor Totox por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%*

<i>Tipos de aceite</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est. (s agrupada)</i>	<i>L. Inferior</i>	<i>L. Superior</i>
C. Ficifolia	3	5,56404	0,0134649	5,53761	5,59048
C. Maxima	3	7,66887	0,0134649	7,64243	7,6953
Total	6	6,61645			

Esta tabla muestra la media de Valor Totox para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal forma que si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces.

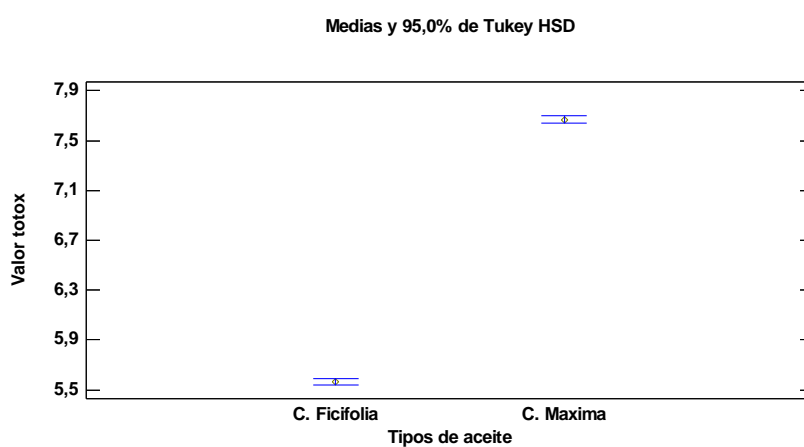


Figura 26. Gráfica de medias para valor Totox

#### 4.4.8. Perfil de ácidos grasos

Las tablas 39 y 40 se muestra el perfil de ácidos grasos obtenido por cromatografía de gases, mediante el (Cromatógrafo de Gas, Shimadzu, modelo GC-2010), que corresponden a los aceites extraídos de las semillas de Zapallo (*Cucurbita máxima*) y Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*) respectivamente.

Tabla 39

*Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de Cucurbita maxima*

Ácidos Grasos	Perfil de ácidos grasos (%)
Palmítico (C <sub>16:0</sub> )	10.1533 ± 0.0087*
Esteárico (C <sub>18:0</sub> )	5.746 ± 0.0098*
Oleico (C <sub>18:1</sub> ω-9)	35.2467 ± 0.0031*
Linoleico (C <sub>18:2</sub> ω-6)	48.8543 ± 0.0111*
AGS	15.8993
AGI	84.1007

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

El ácido graso más abundante en el aceite de semilla de zapallo es el ácido linoleico (~48%), siendo un valor cercano a lo reportado por (Valenzuela, Giménez, & Soro, 2018) en su estudio del aceite de semilla de *Cucurbita máxima* (49.26 %) extraído por solvente, esta variación se da de acuerdo a factores como el método de extracción, clima o lugar de origen de la materia prima con la que se trabaja. Este ácido graso forma parte de los ácidos grasos esenciales omega 6, un ácido que nuestro cuerpo no lo genera siendo necesario el consumo de alimentos que la contengan, al cual se le atribuye múltiples propiedades benéficas para mantener el buen funcionamiento del organismo; tales como la disminución del riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares además de demostrar un efecto antiinflamatorio (Vásquez, Porturas, & Crispín, 2019).

Se encontró también ácido oleico (~35%), monoinsaturado al tener un doble enlace en su estructura química, lo que le permite ser menos susceptible a la oxidación dándole alta estabilidad y vida útil. (Paucar Menacho, Salvador Reyes, Guillén Sánchez, Capa Robles, & Moreno Rojo, 2015); el valor obtenido es mucho mayor a lo analizado por (Valenzuela, Giménez, & Soro, 2018) (~30%), sin embargo se encuentra dentro del rango (27.17% – 38.30%) para las diferentes variedades de *Cucurbitaceas* con las que trabajó. El ácido palmítico (~10%) y esteárico (~6%) presentes en el aceite de semilla de *Cucurbita máxima* están en menor proporción, ambos ácidos grasos

saturados que al ser bajo otorga mejor calidad al aceite vegetal. (Valenzuela, y otros, 2020).

Así mismo (Rezig, Chouaibi, Msaada, & Hamdi, 2012) reporta un perfil de ácidos grasos con los siguientes valores Palmítico (C 16:0)  $15.97 \pm 0.39$ , Esteárico (C 18:0)  $4.68 \pm 0.56$ , Oleico (C 18:1  $\omega$ -9)  $44.11 \pm 0.63$  y Linoleico (C 18:2  $\omega$ -6)  $34.77 \pm 0.95$  para el análisis de aceite de semilla de *Cucurbita máxima* variedad cultivada en el país de Túnez; mientras que (Jafari, Hossein Goli, & Rahimmalek, 2012) reportó el siguiente perfil de ácidos para el aceite de (*c. maxima*) con los siguientes valores Palmítico (C 16:0)  $13.91 \pm 0.11$ , Esteárico (C 18:0)  $6.29 \pm 0.20$ , Oleico (C 18:1  $\omega$ -9)  $23.41 \pm 0.29$  y Linoleico (C 18:2  $\omega$ -6)  $56.14 \pm 0.14$  para una variedad cultivada en la provincia de Isfahán de Irán.

Tabla 40  
Perfil de ácidos grasos para aceite de semilla de *c. ficifolia*

Ácidos Grasos	Perfil de ácidos grasos (%)
Palmítico (C <sub>16:0</sub> )	13.0303 $\pm$ 0.4004*
Esteárico (C <sub>18:0</sub> )	7.0860 $\pm$ 0.3349*
Oleico (C <sub>18:1</sub> $\omega$ -9)	17.6513 $\pm$ 0.3923*
Linoleico (C <sub>18:2</sub> $\omega$ -6)	62.1500 $\pm$ 0.3209*
AGS	20.1163
AGI	79.8837

\*Datos expresados como media  $\pm$  desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

En cuanto al aceite de semilla de Chiclayo, el contenido de ácido linoleico (~62%) se encuentra en mayor proporción seguido por el ácido oleico (~17%), valores que se acercan con (Artica, Baquerizo, Rosales, & Rodriguez, 2019) en su estudio al aceite de semilla de *Cucurbita Ficifolia* obtenido por tres métodos de extracción diferentes donde reporta valores entre 58.99% – 68.39% para ácido linoleico y 16.87% – 27.95% para el ácido oleico. Desde el punto de vista nutricional, (Escobar, Cucurtchet, Zirbesegger, & Márquez, 2012) los aportes de estos ácidos grasos son favorables para la salud humana ya que al ser fuente de omega 6 y omega 9, va a controlar y reducir el

riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas además de tener efectos antiinflamatorios. (Paucar Menacho, Salvador Reyes, Guillén Sánchez, Capa Robles, & Moreno Rojo, 2015)

El ácido palmítico (~13%) y esteárico (~7%) concuerda con (Valenzuela, Giménez, & Soro, 2018), quién reportó valores entre 13.04% - 15.30% para ácido palmítico y 6.49% - 8.11% para ácido esteárico en tres distintas variedades pertenecientes a *Cucurbitaceas*.

En la tabla 41, observamos la relación correspondiente a los ácidos grasos saturados e insaturados presentes los aceites extraídos.

Tabla 41  
*Relación entre ácidos grasos saturados e insaturados*

Ácidos Grasos	Aceite de semilla de Zapallo ( <i>Cucurbita Máxima</i> )	Aceite de semilla de Chiclayo ( <i>Cucurbita Ficifolia</i> )
Saturados (%)	15.8993 ± 0.0093*	20.1163 ± 0.3677*
Insaturados (%)	84.1007 ± 0.0071*	79.8837 ± 0.3566*
AGS/AGI	1/5	1/4

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

El alto contenido de ácidos grasos insaturados para el aceite de semilla de *Cucurbita Máxima* (~84%) y *Cucurbita ficifolia* (~80%) nos permite afirmar que estos aceites tienen un buen potencial benéfico a la salud de sus consumidores.

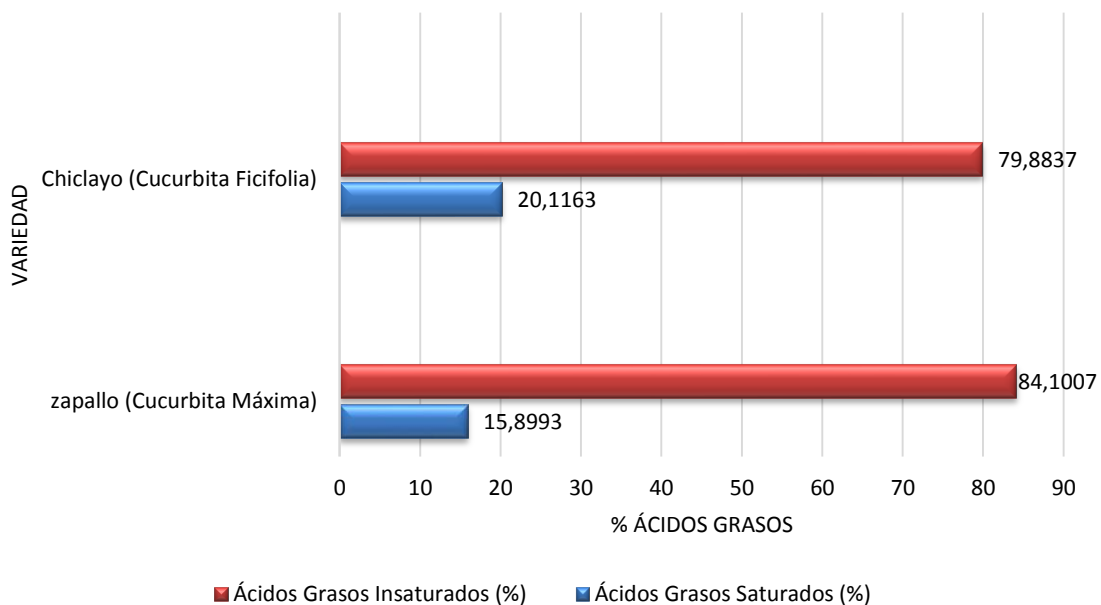


Figura 27. Relación entre ácidos grasos saturados e insaturados en aceite de semilla de c. maxima y c. ficifolia

## 4.5. ANALISIS FUNCIONAL

### 4.5.1. Polifenoles totales

El análisis del contenido total de polifenoles para el aceite obtenido de las semillas de zapallo y chiclayo se obtuvieron mediante el método de Folin - Ciocalteu, a continuación, en la siguiente tabla 42 se detallan los resultados.

Tabla 42  
Polifenoles totales para aceite de semilla de c. maxima y c. ficifolia

VARIEDAD	Polifenoles Totales (mg EAG/100g)
<b>Zapallo (<i>Cucurbita máxima</i>)</b>	4.0754 ± 0.2547*
<b>Chiclayo (<i>Cucurbita ficifolia</i>)</b>	3.8721 ± 0.2133*

\*Datos expresados como media ± desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

Según lo obtenido para este análisis, el contenido de polifenoles totales obtenidos fueron de 4.0754 mg EAG/100g y 3.8721 mg EAG/100g para

las muestras de aceite de almendra de *Cucurbita maxima* y *Cucurbita ficifolia*, respectivamente.

Este contenido de polifenoles Totales incluyen compuestos como flavonoides, antocianas y compuestos fenólicos no flavonoides como los ácidos fenólicos.

(Akin, Arslan, Faruk Elmasa, & Yilmaz, 2018) Reportó un valor de polifenoles totales entre 3.96 mg EAG/100g - 5.82 mg EAG/100g para aceite de semillas de calabaza (*c. pepo L.*) extraídos por prensado en frío, siendo similares a los obtenidos. De igual manera (Jafari, Hossein Goli, & Rahimmalek, 2012) reportó  $3.917 \pm 0.88$  mg EAG/100g para una variedad de *Cucurbita maxima* cultivados en la provincia de Khorasan al noroeste de Irán.

#### 4.5.1.1. *Análisis de varianza para Polifenoles Totales*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Polifenoles Totales. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Polifenoles Totales para los 2 diferentes niveles de Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias.

Tabla 43  
ANOVA para Polifenoles Totales por Tipos de aceite

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0620054	1	0,0620054	1,12	0,3489
Intra grupos	0,220737	4	0,0551842		
Total (Corr.)	0,282742	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Polifenoles Totales en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1,12361, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la

media de Polifenoles Totales entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

El contenido de polifenoles totales tiende a variar según la variedad de la fruta, grado de madurez, condiciones agroclimáticas y otros factores, así como la extracción y conservación del aceite para su posterior análisis.

Tabla 44  
*Medias para Polifenoles Totales por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%*

Tipos de aceite	Casos	Media	Error Est.		
			(s agrupada)	L. Inferior	L. Superior
C. Ficifolia	3	3,87212	0,135627	3,60585	4,13839
C. Maxima	3	4,07544	0,135627	3,80917	4,34171
Total	6	3,97378			

Esta tabla muestra la media de Polifenoles Totales para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal forma que si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces.

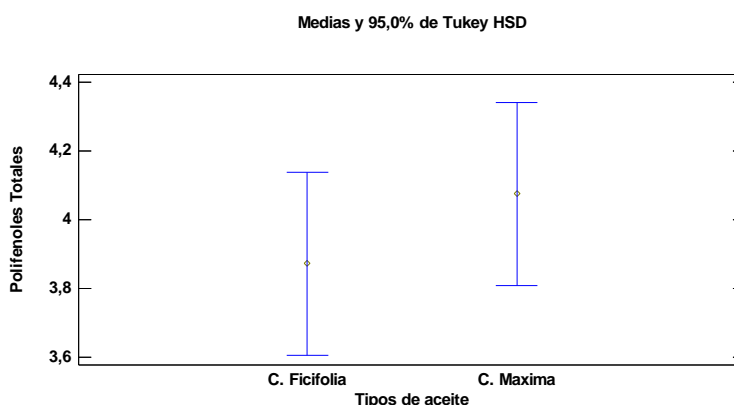


Figura 28. Gráfica de medias para polifenoles totales



#### 4.5.2. Capacidad antioxidante

El análisis de la capacidad antioxidante para las muestras de aceite de semillas de zapallo y chiclayo se determinó mediante el método de DPPH, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 45.

Tabla 45  
*Capacidad antioxidante para aceite de semilla de c. maxima y c. ficifolia*

<b>VARIEDAD</b>	<b>Capacidad Antioxidante (<math>\mu\text{mol Trolox/kg}</math>)</b>
<b>zapallo (<i>Cucurbita máxima</i>)</b>	38.1717 $\pm$ 0.9063
<b>Chiclayo (<i>Cucurbita ficifolia</i>)</b>	57.1850 $\pm$ 0.6651

\*Datos expresados como media  $\pm$  desviación estándar de 2 réplicas que incluyen 3 repeticiones c/u.

Los valores de capacidad antioxidante obtenidos fueron de 38.1717 ( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ ) y de 57.1850 ( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ ) respectivamente para el aceite de semilla de (*c. maxima*) y (*c. ficifolia*) siendo cercano a lo reportado por (Akin, Arslan, Faruk Elmasa, & Yilmaz, 2018) en cuanto al aceite de calabaza extraído por el método de prensado en frío, quien obtuvo valores de 26.67 ( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ ) - 38.89 ( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ ). Así mismo (Rezig, Chouaibi, Msaada, & Hamdi, 2012) obtuvo 36.22  $\pm$  0.60 ( $\mu\text{mol Trolox/kg}$ ) de aceite de semilla de zapallo cultivados en la región de Chebika, localizado en el sur este de Túnez.

En general, en función a las características del aceite de semilla, ambas variedades pueden considerarse una fuente valiosa para nuevos productos de usos múltiples para uso industrial, cosmético y farmacéutico.

(Nishimura, Ohkawara, Sato, Takeda, & Nishihira, 2014) Realizó un estudio evaluando el efecto del aceite de semilla de *Cucurbita maxima* sobre la disfunción urinaria en la vejiga hiperactiva humana (VH), en este estudio e inscribieron cuarenta y cinco sujetos, se suministró un extracto de aceite de semilla de calabaza, los resultados de este estudio sugieren que los extractos de aceite de semilla de calabaza de *C.*

*maxima*, así como de *C. pepo*, son efectivos para trastornos urinarios, además de no encontrarse efectos secundarios graves causados por el aceite de semilla de *Cucurbita maxima* lo que sugiere que es seguro y bien tolerado por el tratamiento en los pacientes.

#### 4.5.2.1. *Análisis de varianza para la Capacidad Antioxidante*

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para DPPH. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Capacidad Antioxidante para los 2 diferentes niveles de Tipos de aceite. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

Tabla 46  
*ANOVA para capacidad antioxidante por Tipos de aceite*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	542,257	1	542,257	858,05	0,0000
Intra grupos	2,52786	4	0,631964		
Total (Corr.)	544,785	5			

La tabla ANOVA descompone la varianza de DPPH en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 858,05, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de DPPH entre un nivel de Tipos de aceite y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 47  
 Medias para DPPH por Tipos de aceite con intervalos de confianza del 95,0%

Tipos de aceite	Casos	Media	Error Est.		
			(s agrupada)	L. Inferior	L. Superior
C. Ficifolia	3	57,185	0,458971	56,2839	58,086
C. Maxima	3	38,1717	0,458971	37,2706	39,0728
Total	6	47,6783			

Esta tabla muestra la media de DPPH para cada nivel de Tipos de aceite. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media.

Los intervalos mostrados actualmente están basados en la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Están contruidos de tal forma que si todas las medias son iguales, todos los intervalos se traslaparán 95,0% de las veces.

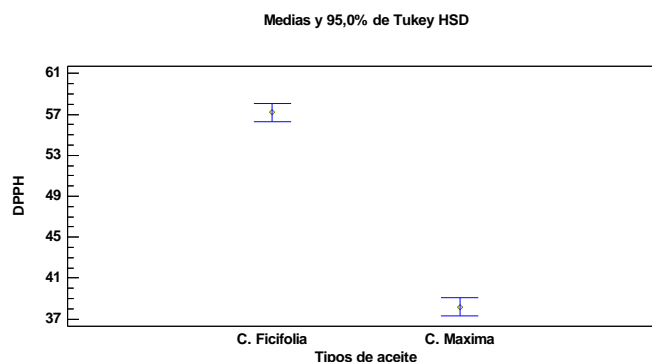


Figura 29. Gráfica de medias para capacidad antioxidante

#### 4.6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE SEMILLA DE *Cucurbita maxima* Y *Cucurbita ficifolia*

Se muestra el índice de la estabilidad oxidativa hallado mediante el equipo Rancimat, para los flujos de 15 L/h, 20 L/h y 25 L/h con las temperaturas de 110°C, 120°C y 130 °C, así como también se muestra las gráficas de conductividad vs el tiempo

A partir de los resultados mostrados en la tabla 48, la estabilidad oxidativa (OSI) para el aceite de semillas de *Cucurbita máxima* a flujo 15 L/h fue 6.527 h a 110°C, 3.193 h a 120 °C y 1.897 h a 130 °C; para el flujo 20 L/h fue 7.143 h a 110°C,

2.813 h a 120°C y 1.620 h a 130 °C, finalmente a flujo 25 L/h fue 1.577 h a 110°C, 3.307 h a 120°C y 1.883 h a 130°C, por lo tanto, podemos decir que, los valores más altos en cuanto a OSI se obtienen conforme decrecen las temperaturas. De igual manera con el aceite de semilla de *Cucurbita ficifolia*. Sin embargo, sus valores de OSI fueron mayores respecto a la otra variedad, esto de acuerdo al nivel de ácidos grasos insaturados que presenta el aceite. Cabe resaltar que no necesariamente una mayor OSI implica menor porcentaje de ácidos grasos insaturados, sino que también puede deberse al contenido de polifenoles y antioxidantes que este contenga. (Villanueva, Rodríguez, Aguirre, & Castro, 2017)

Tabla 48  
Índice de estabilidad oxidativa OSI

Variedad de las semillas	Flujo (L/h)	Temperatura (°C)		
		110	120	130
		OSI ±SD	OSI ±SD	OSI ±SD
<i>Cucurbita maxima</i>	15	7.143 ± 0.1358	3.193 ± 0.0850	1.897 ± 0.0378
	20	6.527 ± 0.1450	2.813 ± 0.1701	1.620 ± 0.0360
	25	3.307 ± 0.0322	1.883 ± 0.0950	1.577 ± 0.0757
<i>Cucurbita ficifolia</i>	15	9.807 ± 0.0513	4.820 ± 0.0529	2.537 ± 0.1619
	20	7.167 ± 0.0322	3.447 ± 0.1222	2.233 ± 0.1528
	25	3.437 ± 0.0416	2.193 ± 0.0723	1.860 ± 0.1153

\* SD: Datos expresados como media ± desviación estándar (n=3)

\* OSI en horas.

Observamos también que, la temperatura ejerce mayor efecto en la OSI que el flujo de aire, siendo el factor más importante tal como se esperaba debido a que la velocidad de las reacciones químicas tiende a duplicarse conforme aumenta la temperatura. Para establecer la relación que existe entre temperatura y velocidad de reacción se emplea el parámetro Q10. (Villanueva, Castillo, & Rodríguez, 2013), que está definido por el número de tiempos con la que cambia la velocidad de una reacción por cada 10 °C, es decir, si la velocidad de reacción se duplica con un cambio de 10°C en la temperatura, el valor Q10 es 2.

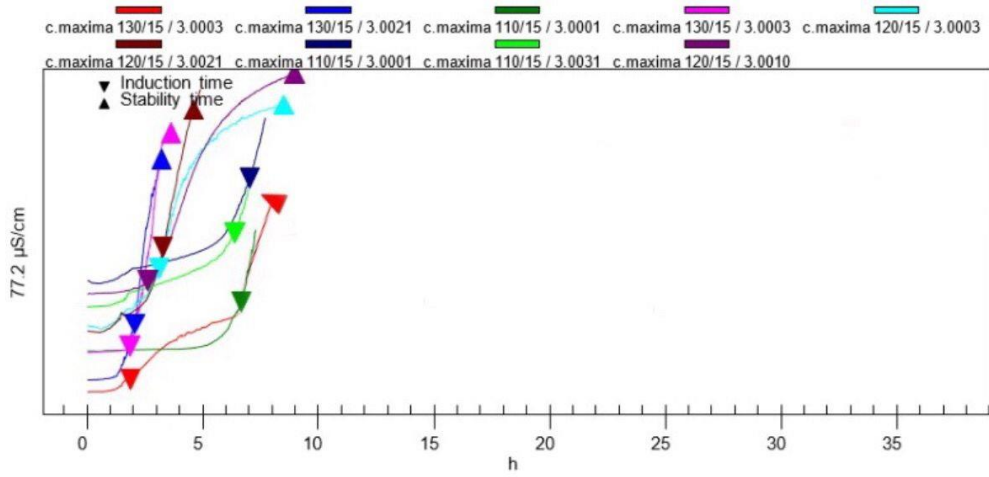


Figura 30. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. máxima a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 15 L/h

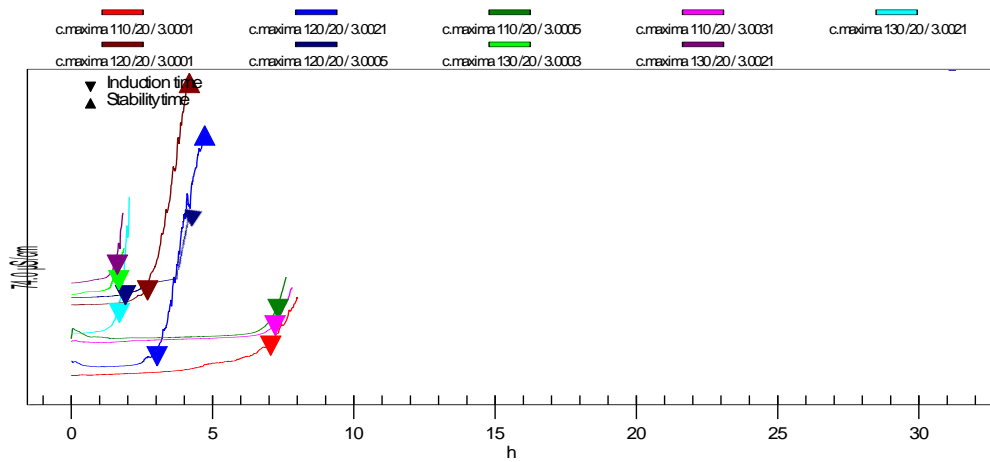


Figura 31. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de C. máxima a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 20 L/h

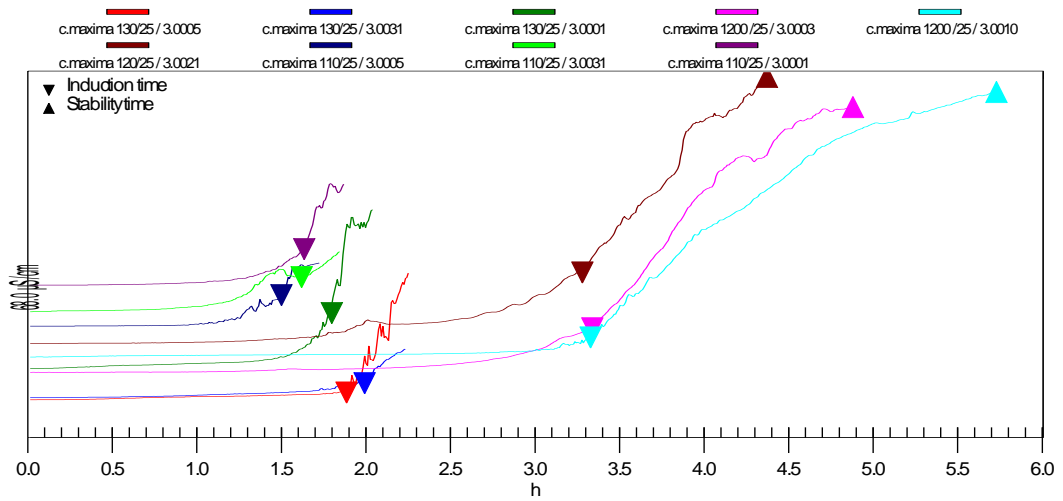


Figura 32. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. máxima* a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 25 L/h

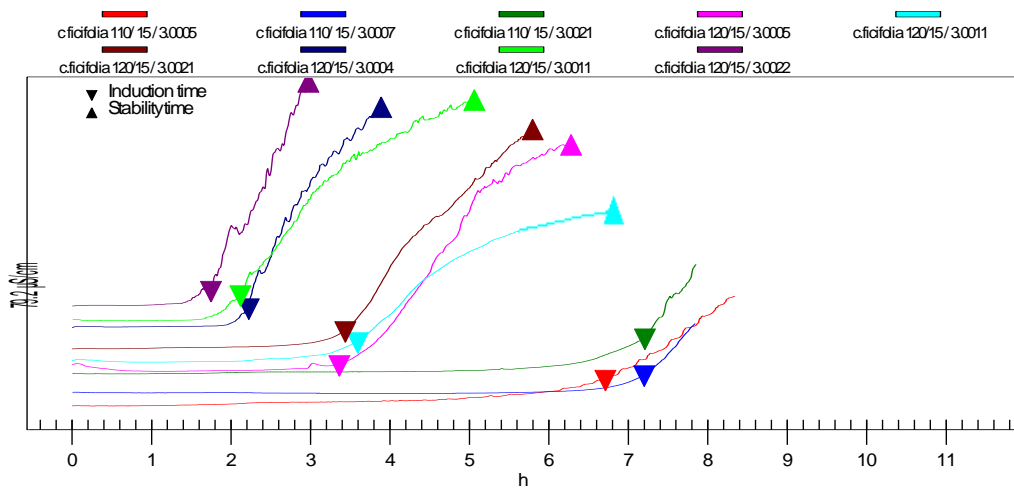


Figura 33. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 15 L/h

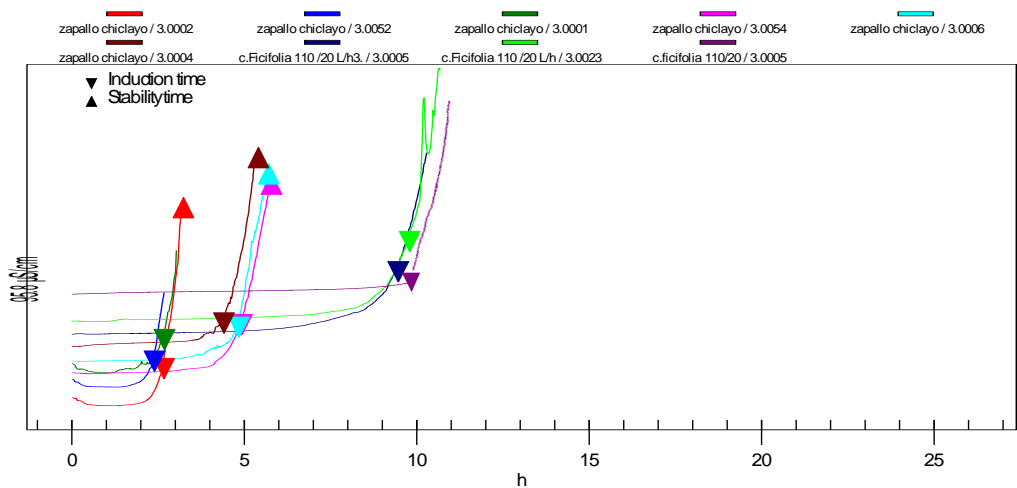


Figura 34. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 20 L/h

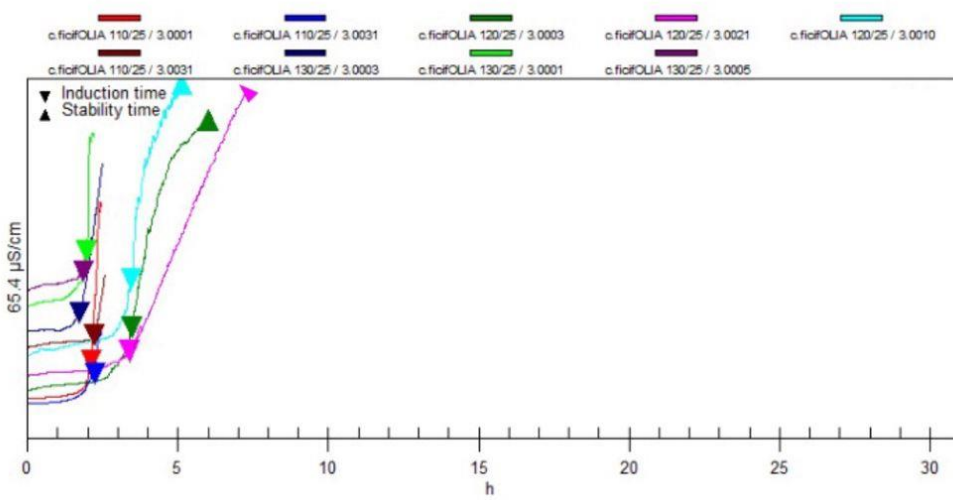


Figura 35. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 110°C, 120°C y 130°C con un flujo de 25 L/h

#### 4.6.1. Análisis de varianza de la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de *C. máxima* y *C. ficifolia*.

##### 4.6.1.1. Análisis de Varianza para el aceite de semilla de *C. máxima*

En la tabla 49 se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA) para el índice de estabilidad oxidativa para la muestra de aceite de semilla de *C. máxima*, el factor A representa las Temperaturas el cual consta de 3 niveles y el factor B representa el flujo de aire, el cual tiene 3 niveles.

Tabla 49 Análisis de varianza en el índice de estabilidad oxidativa del aceite de semilla de *C. máxima*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Temperatura	77,2008	2	38,6004	3689,24	0,0000
B:Flujo	16,3633	2	8,18164	781,96	0,0000
INTERACCIONES					
AB	12,0116	4	3,00291	287,00	0,0000
RESIDUOS	0,188333	18	0,010463		
TOTAL (CORREGIDO)	105,764	26			

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de OSI *C. máxima* en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre OSI *C. máxima* con un 95,0% de nivel de confianza.



**4.6.1.2. Pruebas de Múltiple Rangos para el Índice de la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de C. máxima por temperatura**

*Tabla 50 Prueba de múltiples rangos para el Índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de C. máxima. Por Temperatura*

Temperatura °C	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
130	9	1,69778	0,0340962	X
120	9	2,63	0,0340962	X
110	9	5,65889	0,0340962	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

**4.6.1.3. Pruebas de Múltiple Rangos para el Índice de la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de C. Maxima por Flujo de aire**

*Tabla 51 Prueba de múltiples rangos para el Índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de C. máxima. Por flujo*

Flujo L/h	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
25	9	2,25556	0,0340962	X
20	9	3,85889	0,0340962	X
15	9	3,87222	0,0340962	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Observamos la relación entre la temperatura y flujo de aire para las diferentes muestras, siendo claro que con menores temperaturas se tiene mayor OSI, y esta va decreciendo conforme aumenta. La temperatura ejerce un efecto importante en el OSI, debido a que la velocidad de las reacciones químicas tiende a duplicarse por cada 10 °C de aumento, siendo los valores más altos a 110 °C para ambas variedades. Al igual que con el flujo menor, se obtiene mayor OSI, sin embargo, no hay mucha variación entre estos. El nivel de ácidos grasos insaturados presentes en los aceites juega un papel determinante en su estabilidad oxidativa, altos grados de insaturaciones están asociados con un menor OSI. (Villanueva, Rodríguez, Aguirre, & Castro, 2017). Es necesario también mencionar que las semillas empleadas presentan características propias a la de la zona, y su contenido de ácidos grasos variará también de acuerdo a su especie, siendo así para el caso analizado mayor el contenido de ácidos grasos insaturados en el aceite de semilla de Cucurbita

máxima, y menores valores de OSI respecto a aceite obtenido de las semillas de Cucurbita ficifolia.

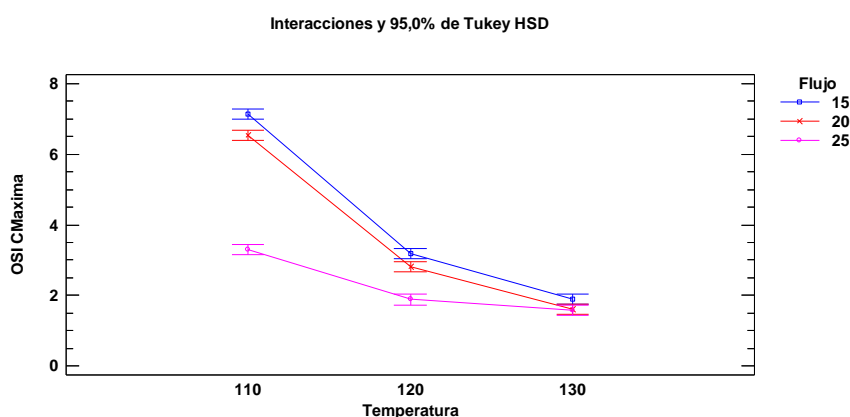


Figura 36. Interacciones entre Temperatura y flujo con el Índice de Estabilidad oxidativa para aceite de Semilla de *C. máxima*.

#### 4.6.1.4. Análisis de Varianza para el aceite de semilla de *C. Ficifolia*

En la tabla 52 se muestra el resultado del análisis de varianza (ANOVA) para el índice de estabilidad oxidativa para la muestra de aceite de semilla de *C. ficifolia*, el factor A representa las Temperaturas el cual consta de 3 niveles y el factor B representa el flujo de aire, el cual tiene 3 niveles.

Tabla 52 Análisis de varianza para el índice de estabilidad oxidativa del aceite de semilla de *C. ficifolia*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Temperatura	101,187	2	50,5933	4990,94	0,0000
B:Flujo	46,967	2	23,4835	2316,60	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	25,538	4	6,38449	629,82	0,0000
RESIDUOS	0,182467	18	0,010137		
TOTAL (CORREGIDO)	173,874	26			

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de OSI *C. ficifolia* en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los

factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre OSI *C. ficifolia* con un 95,0% de nivel de confianza.

**4.6.1.5. Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de *C. ficifolia* por Temperatura.**

<i>Temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
130	9	2,21	0,033561	X
120	9	3,48667	0,033561	X
110	9	6,80333	0,033561	X

*Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD*

**4.6.1.6. Pruebas de Múltiple Rangos para el índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de *C. ficifolia* por flujo de aire**

<i>Flujo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
25	9	2,49667	0,033561	X
20	9	4,28222	0,033561	X
15	9	5,72111	0,033561	X

*Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD*

El valor de OSI en el aceite de semilla de *C. Ficifolia* es mayor a temperatura de 110°C y más estable a flujo de 20 L/h, a comparación de los otros flujos empleados. Esto también depende del contenido de ácidos grasos insaturados, lo cual es menor respecto al aceite de semilla de *C. máxima*, sin embargo, el contenido presente de polifenoles, antioxidantes y tocoferoles también es uno de los aspectos que se deben tomar en cuenta para este parámetro, siendo los valores del aceite 57.1850 µmol Trolox/kg para antioxidantes, lo cual ayuda también a disminuir el tiempo de oxidación de un aceite. La oxidación del aceite se lleva a cabo en dos pasos principales: Período de inducción con la formación de hidroperóxidos conjugados (que contiene dobles enlaces trans conjugadas) y el período de oxidación final donde hidroperóxidos se dividen en compuestos orgánicos aromáticos de cadena corta (principalmente aldehídos, cetonas, alcoholes, y ácidos grasos de cadena corta), que causan la rancidez (Villanueva, Castillo, & Rodriguez, 2013)

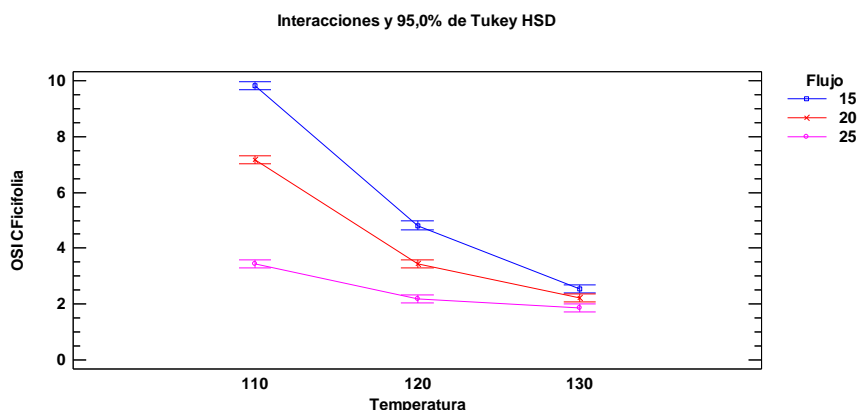


Figura 37. Interacciones entre Temperatura y flujo con el Índice de Estabilidad oxidativa para aceite de semilla de *C. ficifolia*

#### 4.7. ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACEITES EXTRAÍDOS DE SEMILLA DE ZAPALLO (*Cucurbita ficifolia*) Y CHICLAYO (*Cucurbita ficifolia*)

Los valores de vida útil se determinaron de la relación lineal entre temperatura y el Log (OSI), cuyos valores de A, coeficiente de temperatura, y B, valor empírico, se muestran en la tabla 49, los resultados de A para la muestra *C. máxima* entre 5718,566391 a 26589.14595 y B entre -0,061937 a -0,079968, los coeficientes de regresión situados entre 0.9552 a 0.9834; los resultados de A para la muestra *C. ficifolia* entre 6801.196457 a 2042,323048 y B entre -0.062768 a -0,053229, los coeficientes de regresión situados entre 0.9783 a 0.9166.

Tabla 53

Valores de regresión lineal, A y B de los aceites extraídos

Variedad de las semillas	Flujo (L/h)	A ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	B	R <sup>2</sup>
<i>Cucurbita maxima</i>	15	5718,566391	-0,061937	0,955250
	20	22405.03176	-0.074189	0.906906
	25	26589.14595	-0.079968	0.983427
<i>Cucurbita ficifolia</i>	15	6801.196457	-0.062768	0.978339
	20	15042.76549	-0.066987	0.991337
	25	2042,323048	-0,053229	0,916679

El valor “A” es el coeficiente de Temperatura, el valor R es un coeficiente de linealidad de los valores OSI, que sirve para poder hallar el tiempo de vida útil del aceite.

Los resultados del tiempo de inducción en años de la prueba Rancimat se visualizan en la tabla 50.

Tabla 54

*Valores de extrapolación de OSI a 20°C*

Variedad de las semillas	Flujo (L/h)	Vida útil (años)
<i>Cucurbita maxima</i>	15	3.72
	20	3.46
	25	1.34
<i>Cucurbita ficifolia</i>	15	4.99
	20	3.55
	25	1.29

Este tiempo es determinado por las gráficas de extrapolación de los resultados del índice de estabilidad oxidativa de las tres temperaturas 110°C, 120°C y 130°C, a las que fueron sometidos los aceites, las gráficas se encuentran en el anexo 20.

Los valores de extrapolación o vida útil a temperatura ambiente 20°C, señala la influencia de los flujos de aire sobre la extrapolación en los aceites extraídos de las semillas de *Cucurbita máxima* y *Cucurbita ficifolia*, conforme este va aumentando se observa su disminución. Es importante determinar la estabilidad oxidativa mediante el método de Rancimat pudiendo estimar así la vida útil de los aceites y evaluar su efecto antioxidante, los resultados del aceite de semilla de *Cucurbita ficifolia* son mayores a los del aceite de semilla de *Cucurbita máxima*.

Según (Rodríguez , Villanueva, Glorio, & Baquerizo, 2015) la vida útil de las grasas y aceites comestibles en condiciones ambientales se estima mediante el trazado del logaritmo de los resultados de la estabilidad oxidativa frente a altas temperaturas.

El aceite de Sachan Inchi reportado por (Paucar Menacho, Salvador Reyes, Guillén Sánchez, Capa Robles, & Moreno Rojo, 2015) fue de 0.25 años a 25 °C con flujo de aire 9 L/h, valor que se encuentra mucho menor al hallado para los

aceites de semilla de *Cucurbita máxima* (~3.72) y *Cucurbita ficifolia* (~4.99) con flujo de aire 15 L/h a 20°C, de igual manera comparado con el aceite de oliva trabajado a las mismas condiciones con vida útil de 0.37 años, mientras que (Villanueva, Castillo, & Rodriguez, 2013), en su estudio del aceite de ajonjolí con flujos de aire de 15, 20 y 25 L/h muestra valores de 0.5 a 0.6 años

## V. CONCLUSIONES

- El aceite de semilla de *Cucurbita ficifolia* presenta mayor estabilidad oxidativa que el de *Cucurbita máxima*, con valores de 1.29 – 4.99 años aproximadamente, confirmándose la hipótesis planteada durante la investigación para los aceites extraídos por prensado en frío.
- El rendimiento obtenido para el aceite de semilla de zapallo (*Cucurbita máxima*), extraído por el método de prensado en frío y trabajado a las mismas condiciones, fue mayor respecto al aceite de semilla de (*Cucurbita ficifolia*), ambas variedades estudiadas pertenecientes a las Cucurbitáceas
- Los aceites evaluados de acuerdo a sus características fisicoquímicas estables cumplen con los parámetros de calidad en aceites vegetales siendo adecuados para formulación y diseño de productos alimenticios.
- Se encontró menor capacidad antioxidante en el aceite de semilla de *C. maxima* en comparación a la variedad *C. ficifolia*.

## VI. RECOMENDACIONES

- La extracción de los aceites de semilla de *Cucurbita maxima* y *Cucurbita ficifolia* por el método de ultrasonido y de solventes.
- El estudio de la influencia de la temperatura de secado de las semillas de *Cucurbita maxima* y *Cucurbita ficifolia* en la estabilidad oxidativa del aceite extraído.
- La evaluación de las características fisicoquímicas y funcionales del aceite extraído de semillas de otras especies pertenecientes al género de las Cucurbitáceas
- Uso de las tortas desgrasadas de las semillas de zapallo (*Cucurbita máxima*) y Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*) para su análisis de la composición nutricional que presenta y determinar su posible aprovechamiento alimenticio.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceites de las Valdesas. (2020). *Aceites de las Valdesas*. Obtenido de [www.aceitedelasvaldesas.com](http://www.aceitedelasvaldesas.com):  
<https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/varios/densidad-del-aceite/>
- Akin, G., Arslan, F., Faruk Elmasa, S., & Yilmaz, I. (2018). Aceites de semilla de calabaza (Cucurbita pepo L.) prensados en frío de la región de Anatolia central de Turquía: Caracterización de fitoesteroles, escualeno, tocoles, ácidos fenólicos, carotenoides y compuestos bioactivos de ácidos grasos. *International journal of fats and oils*, 69 (1).
- Alberca, S., & Huanca, M. (2015). *Evaluación del índice de estabilidad oxidativa del aceite de moringa (Moringa oleífera Lam) por el método Rancimat*. Pimentel: Universidad Señor de Sipan.
- Andrade, R. (27 de agosto de 2014). *Microlab industrial*. Obtenido de Microlab industrial: <http://www.microlabindustrial.com/blog/perfil-de-acidos-grasos-por-cromatografia-de-gases>
- Artica, L., Baquerizo, M., Rosales, A., & Rodriguez, G. (2019). Aprovechamiento de semillas de cucurbita ficifolia y cucurbita máxima para la extracción de aceite y uso en la industria aliemntaria. *Prospectiva Universitaria*, 13, 1-9. doi:<https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2016.13.385>
- Asto, L. (2019). *Evaluación del contenido de fitoesteroles, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en la harina de semilla de calabaza (Cucurbita ficifolia)*. Huancayo: Facultad de Industrias Alimentarias.
- Balbín, Y. (2018). *Influencia de la cocción por vía húmeda y seca en las propiedades funcionales de harina de semilla de calabaza*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Benatmane, F., Kouba, M., Youyou, A., & Mourot, J. (2011). Effect of a linseed diet on lipogenesis, fatty acid composition and stearyl-CoA-desaturase in rabbits. *Animal*, 5(12).
- Bressani, R. (2015). *Caracterización química y nutricional de la semilla, pulpa y cáscara de chilacayote (Cucúrbita ficifolia) y aplicaciones en el desarrollo de productos*. Universidad el Valle de Guatemala.
- Capuñay, C. (2015). *Extracción y determinación de propiedades del aceite esencial a partir de semillas de Cucurbita Ficifolia*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Obtenido de Aceite de Cucurbita Ficifolia: <https://vdocuments.mx/aceite-de-cucurbita-ficifolia.html>

- CODEX STAN 19-1981. (2015). Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. *Codex Alimentarius*. Obtenido de [http://www.fao.org/input/download/standards/74/CXS\\_019s\\_2015.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/74/CXS_019s_2015.pdf)
- Culebro, C. (2017). *Extracción de aceite de la semilla del mango Tommy Atkins. (Tesis de pregrado)*. Chiapas: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Delgado, G., Rojas, C., Sencie, A., & Vázquez, L. (2014). Caracterización de frutos y semillas de algunas cucurbitáceas en el norte del Perú. *Revista fitotecnia mexicana*, 7-20.
- Díaz, D., Lloja, L., & Carbajal, V. (2004). Estudios preclínicos de cucurbita máxima (semilla de zapallo) un antiparasitario intestinal tradicional en zonas urbano rurales. *Revista de Gastroenterología del Perú*, 24(4), 323-327.
- Durán García, H. M. (2011). *Características físicas y químicas de la semilla de calabaza para mecanización y procesamiento*. Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Escobar, D., Cucurthet, A., Zirbesegger, H., & Márquez, R. (2012). Estudio de la composición fisicoquímica de harina de semillas de zapallo como ingrediente alimentario. *Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay*(7). Obtenido de [https://catalogo.latu.org.uy/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=520](https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=520)
- FAO. (20 de Enero de 2020). <http://www.fao.org>. Obtenido de <http://www.fao.org>: <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0y.htm>
- Franco, M. (2014). *Influencia del estado de madurez del fruto sobre parámetros de calidad, compuestos fenólicos y propiedades antioxidantes de aceites de oliva vírgenes extremeños*. Universidad de Extremadura.
- García, C. (2016). *Características de la especie cucúrbita pepo l. Y su semilla*.
- García, E., Segovia, I., & López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-ciocalteu. *Universidad Politecnica de Valencia*, 1-9.
- Génesis DHA 1000 TG. (2020). *Genesisdha.com*.
- González, D., & Yáñez, A. (2012). *Diseño y construcción de un extractor sólido líquido para la obtención de Almendras de sambo y zapallo*. Escuela superior politécnica. Ecuador.
- Grompone, A. (1991). El índice de anisidina como medida del deterioro latente de un material graso. *International Journal of fats and oil* 42 (1), 8-13.
- Guija, E., Inocente, M., Ponce, j., & Zarzosa, E. (2015). *Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante*. Lima: Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición de la USMP.
- Gustone, D. (2004). The chemistry of oils and fats. *Blackwell*, 101-109.

- Hayqui, H. (2016). *Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo de la variedad Macre (Cucurbita maxima)*. Juliaca: Universidad Peruana Unión.
- Hernandez, C., Mieres, A., Niño, Z., & Pérez, S. (2007). Efecto de la Refinación Física Sobre el Aceite de la Almendra del Corozo (*Acrocomia aculeata*). *Información tecnológica*, 18(5), 59-68.
- Jafari, M., Hossein Goli, S. A., & Rahimmalek, M. (2012). The chemical composition of the seeds of Iranian pumpkin cultivars and physicochemical characteristics of the oil extrat. *Revista Europea de ciencia y tecnología de lípidos*, 161-167. DOI: 10.1002/ejlt.201100102.
- Juárez, M., Hernández, B., & Rodríguez, J. (2016). Efecto del método de extracción sobre la calidad del aceite de semilla de calabaza (*Cucurbita pepo*). *Avances y Perspectivas en Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*.
- Knothe, G., Matheaus, A., & Ryan, T. (2003). Cetane numbers of branched and straight-chain fatty esters determined in an ignition quality tester. *FUEL*, 82, 971-975.
- Leiva Gonzales, S., Gayozo Bazan, G., & Chang Chavez, L. (2015). *Cucurbitáceas utilizadas como alimento en el Peru Prehispanico*. Trujillo: ARNALDOA.
- Lifeder. (22 de enero de 2020). *Lifeder*. Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/cromatografia-de-gases/>
- Merino, M., & Otiniano, G. (2014). *Estudio para instalar una planta procesadora de puré instantaneo de zapallo macre*. Lima: Universidad de Lima.
- METROHM. (22 de Enero de 2010). *Metrohm*. Obtenido de Metrohm: <https://www.metrohm.com/es/productos/medicion-de-la-estabilidad/rancimat/>
- Metrohm. (19 de Diciembre de 2017). *Metrohm*. Obtenido de [www.metrohm.com](http://www.metrohm.com): <https://www.metrohm.com/es/compania/noticias/news-indice-de-yodo-en-grasas-y-aceites/>
- MPA. (2010). *Produção pesqueira e aquícola: Estatística 2008 e 2009*. Brasilia, DF: Ministério da Pesca e Aquicultura. Obtenido de Ministério da Pesca e Aquicultura: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est\\_2008\\_2009\\_nac\\_pesca.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2008_2009_nac_pesca.pdf)
- Museo de Historia Nacional de la UPAO. (2015). *Cucurbitáceas utilizadas como alimento en el Perú Prehispánico*. Trujillo: ARNALDOA.
- Nishimura, N., Ohkawara, T., Sato, H., Takeda, H., & Nishihira, J. (2014). Pumpkin Seed Oil Extracted From *Cucurbita maxima* Improves Urinary Disorder in Human Overactive Bladder. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 4 (1), 72-74. DOI: 10.4103/2225-4110.124355.

- OECD. (2012). *Consensus document on the biology of cucurbita l. (squashes,pumpkins zucchinis and gourds)*.
- Ordóñez, M., Gely, M., & Pagano, A. (2012). *Estudio de las propiedades físicas y de la cinética de secado de granos de maíz colorado duro*. Buenos Aires: UNICEN.
- Ortiz Grizales, S., Pasos López, S. C., Rivas Abadía, X. C., Valdés Restrepo, M. P., & Vallejo Cabrera, F. A. (2009). Extracción y Caracterización de aceite de semillas de zapallo. *Acta Agronómica*, 145-151.
- Paucar Menacho, L., Salvador Reyes, R., Guillén Sánchez, J., Capa Robles, J., & Moreno Rojo, C. (2015). Estudio Comparativo de las características físicoquímicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L), aceite de oliva (*Olea europea*) y aceite crudo de pescado. *Sciencia Agropecuaria*, 6(4). Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172015000400005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172015000400005)
- Paucar, L. (2016). *Guía de prácticas de tecnología de aceites y grasas*. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa.
- Pérez, M. (2018). *Botanica y Jardines*. Obtenido de <http://www.botanicayjardines.com/cucurbita-maxima/>
- Pettao, P. (2015). *Evaluación del proceso de obtención de aceite de Sambo (Cucúrbita ficifolia) para uso comestible utilizando dos métodos de extracción*. Universidad técnica estatal de Quevedo. Ecuador.
- Pino, F. (2018). VIX. Obtenido de <https://www.vix.com/es/imj/salud/4180/propiedades-del-zapallo>
- Portal Antioxidantes Primer Portal de Antioxidantes, A. y. (26 de Julio de 2019). *Portal latino antioxidantes*. Obtenido de <https://www.portalantioxidantes.com/antioxidantes/>
- Producción Artesanal de Semillas de Zapallo* . (2019). Obtenido de <https://elhorticultor.org/produccion-artesanal-de-semillas-de-zapallo/>
- Rachel, T. (2012). *Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecno funcionales de leguminosas*. Madrid: Universidad Autonoma de España.
- Reátegui, K. (2017). *Obtención de Carbón Activado a partir de la cáscara del fruto de la calabaza (cucurbita ficifolia Bouché)*. Lima.
- Rezig, L., Chouaibi, M., Msaada, K., & Hamdi, S. (2012). Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 82-87.
- Rivera, Y., Gutiérrez, C., Gómez, R., Matute, M., & Izaguirre, C. (2014). Cuantificación del deterioro de aceite vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos

- ubicados en el Municipio Libertador de Estado Mérida. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 35(3). Obtenido de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/view/5238>
- Rodríguez , G., Villanueva, E., Glorio, P., & Baquerizo, M. (2015). Estabilidad oxidativa y estimación de la vida útil del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Scientia Agropecuaria*, 6(3).
- SALFRESH. (1 de octubre de 2012). *SALFRESH vso-68*. Obtenido de SALFRESH vso-68: <http://www.salfresh.es/002/index.asp>
- Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas*. (2019). Obtenido de <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/cucurbita-maxima>
- Torres, A. (2018). *Extracción de Aceite a partir de semilla de granadilla ( Passiflora Ligularis) por prensado en frío y solvente orgánico*. Pimentel: Universidad Señor de Sipan.
- USDA. (2014). *National Nutrient Database for Standard Reference*. United States Department of Agriculture, EE.UU.
- Valenzuela, G., Giménez, C., & Soro, A. (2018). Caracterización química y cuantificación de fenoles totales en aceite de semilla de Cucurbita spp. *Dominguezia*, 34(1), 1-6. Obtenido de <http://ojs.dominguezia.org/index.php/Dominguezia/article/view/73>
- Valenzuela, G., Gruszycki, M., Pérez, C., Nuñez, M., Chiappetta, D., & Giménez, M. (2020). Formulación de productos cosméticos con aceite de semillas de Cucurbita argyrosperma C. Huber. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas*, 49(1), 1-12. doi:<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/87031>
- Vásquez, W., Porturas, R., & Crispín , F. (2019). Efecto de la inclusión de diferentes fuentes lipídicas en la dieta de engorde sobre el perfil de ácidos grasos polinsaturados en filete de Paco *Piaractus brachypomus*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3). Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000300004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000300004&script=sci_arttext)
- Villalobos, J. (2013). *Efecto de la aplicación de concentraciones de NaCl y Br en el crecimiento y cultivo de zapallo (cucurbita máxima)*. Tacna.
- Villanueva, E., Castillo, D., & Rodriguez, G. (2013). Influencia de los parámetros Rancimat sobre la determinación del índice de estabilidad oxidativa del aceite de *Sesamum indicum* L. *Scientia Agropecuaria* 4(2013), 173-180.
- Villanueva, E., Rodriguez, G., Aguirre, E., & Castro, V. (2017). Influencia de antioxidantes en la estabilidad oxidativa del aceite de chia (*Salvia hispanica* L.) por rancimat. *Scientia Agropecuaria*, 8(1), 19-27.

## VIII. ANEXOS

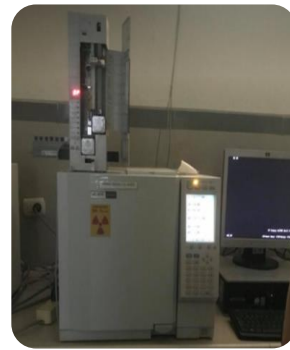
### Anexo 1. Equipos y materiales



Prensa Expeller



Rancimat 743 Mod. Metrohm



Cromatógrafo de gases



Centrifuga digital



Espectrofotómetro UV digital



Ultrasonido Mod. Branson



Refractómetro digital



Multimodal

### Anexo 2. Análisis proximal de almendra de *Cucurbita Maxima* y *Cucurbita ficifolia*

#### ▪ Determinación del porcentaje de Humedad



Pesar las placas y anotar;  
Luego pesar la muestras + la placa



Colocar en estufa x4h  
105°C



Pesar y anotar la diferencia  
de peso

▪ **Determinación del Porcentaje de Cenizas**



Anotar peso de crisoles y Quemar la muestra



Incinerar la muestra En mufla 650 °C x 4h



Pesar y anotar la diferencia de pesos

▪ **Determinación de porcentaje de grasa**



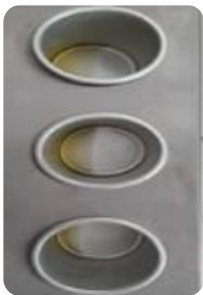
Pesar la muestra en forma de harina y formar capachos



Pesar y rotular los vasos de aluminio y agregar el éter de petróleo



Programar los parámetros y proceder a extraer



Extracción del aceite



Pesar lo extraído y restar el peso del vaso

**Anexo 3.** Extracción y obtención de semilla de *Cucurbita maxima* y *Cucurbita ficifolia*



Acopio de la materia prima



Despeitado y separación de la merma



Secado de las semillas



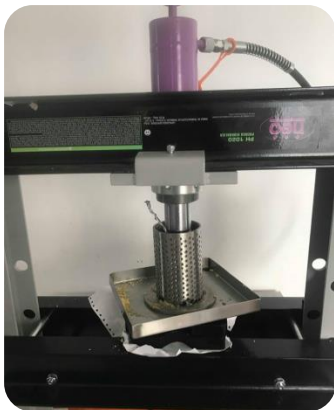
**Descascarado de las semillas**



**Almendras extraídas**



**Secado de almendras en estufa**



**Calentamiento de las almendras antes de la extracción del aceite**



**Extracción por prensado mecánico**



**Obtención del aceite crudo**



**Centrifugación**



**Aceite centrifugado**



**Adición de nitrógeno**



**Almacenar en Refrigeración**

#### **Anexo 4. Análisis físico químico de los aceites extraídos**

##### **▪ Determinación de la Densidad**



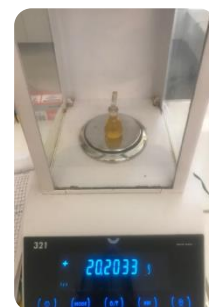
**Peso del picnómetro Vacío**



**Peso del picnómetro con agua**



**adición de muestra en picnómetro**



**Peso de picnómetro con la muestra**



### ▪ Determinación del Índice de Refracción



Limpiar la parte del sensor con agua destilada



Agregar la muestra al refractómetro y lecturar.

### ▪ Determinación del Índice de Acidez



Pesado de 2.5 g muestra



Añadir 50 ml de alcohol



Calentar alcohol



Neutralizar con gotas de fenolftaleína



Titulación con NaOH a 0.1N



Anotar el gasto cuando vire ligeramente a rosa

### ▪ Determinación del Índice de peróxidos



Pesar 0.5 g de muestra



Añadir 5ml de cloroformo + 7.5 ml de ácido acético



Añadir 0.5 ml de solución KI saturado

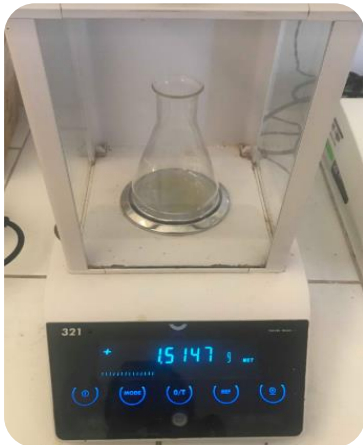


**Añadir agua destilada + solución de almidón**



**Titulación hasta solución incolora**

▪ **Determinación del Índice de Yodo**



**Pesar 1.5 g de muestra de aceite**



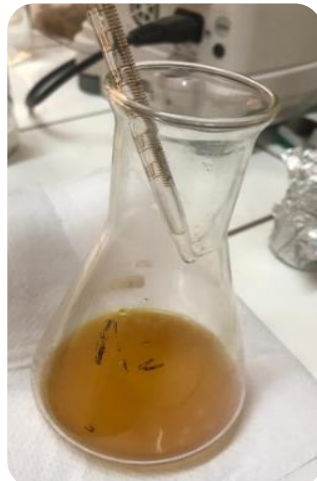
**Añadir 10 ml de cloroformo**



**Añadir 12.5 ml de wijs**



**Tapar y dejar en reposo 30 min.**



**Añadir 10 ml e KI al 15%**



**Añadir 50 ml de agua destilada**



Agitar y titular con tiosulfato 0.01N hasta un viraje a color amarillo



Agregar gotas de almidón 1% y continuar titulando



Viraje de amarillo a incoloro, anotar gasto

### ▪ Determinación del Índice de Anisidina



Pesar 0,0625g de anisidina



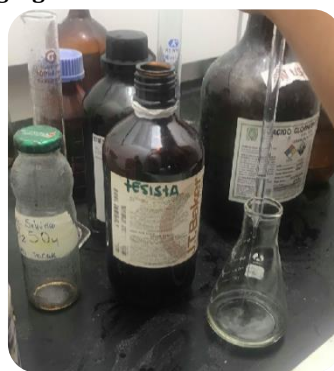
Adición en fiola de 25 ml y agregar el ácido acético



Solución de anisidina

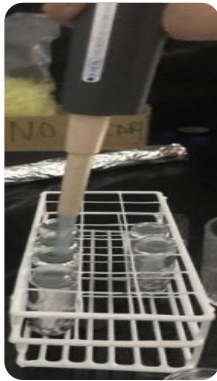


Pesar 0.5 g de muestra Del aceite



Añadir 25 ml de isooctano, homogeneizar y tapar

### Preparación de Solución Ab.



Muestra: aceite+isooctano



Blanco: Isooctano



Muestra: aceite+  
Isooctano+ Sol. de anisidina



Blanco: isooctano +  
Sol. de anisidina



Adición de muestra en la celda



colocar las celdas en el equipo



lectura a 350nm

### Anexo 5. Determinación de la Estabilidad Oxidativa



Pesar 3g de muestra de aceite



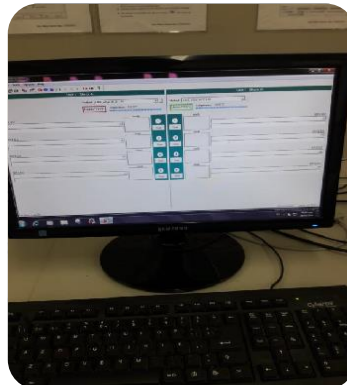
muestras de aceite en tubos



Adición de 60 ml agua destilada



Armado del equipo y muestras



Programación de parámetros  
(Temperatura, Flujo de aire)  
Start y esperar a que se estabilice

## Anexo 6. Determinación del Perfil de ácidos Grasos



Peso de muestra 0.025 g.



adición 1.5 mL de NaOH 0.5N



cubrir con N<sub>2</sub>



Colocar en baño maría por 5 min a 100°C



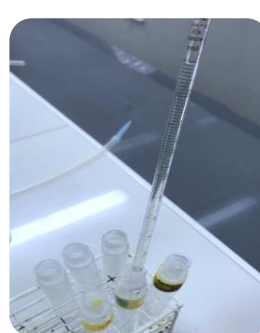
Adición de 2ml de BF<sub>3</sub> Y cubrir con N<sub>2</sub>



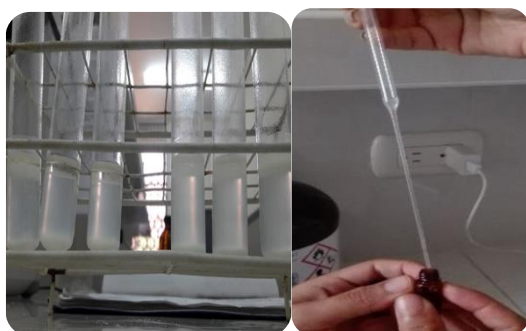
llevar a baño maría Por 30 min



Adición 1 ml isooctano



Adición 5ml sol. NaCl sat



Separación de las fases y extracción de fase Orgánica



Extracto de la fase orgánica en viales listas para analizar

## Anexo 7. Determinación de polifenoles Totales por el método Folin-Ciocalteu

### Preparación de la curva de calibrado



Agregar a los tubos (eppendorf) Ácido gálico la cantidades de (20, 40, 60 80, 100uL y BLK)



agregar 100uL de Folin-Ciocalteu (reposar por 5 min.)



Añadir 50 uL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a todos los tubos



Añadir agua destilada (1080, 1060, 1040, 1020, 1000 y 1100uL)  
Dejar reposar 1 hora



Agregar 200uL a la micro placa

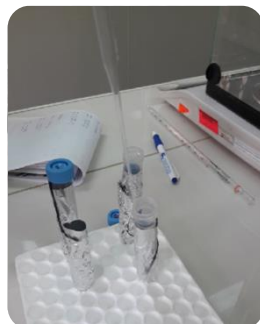


Lectura a 739 nm

### Extracción de polifenoles en muestra de aceite



Pesar 1g de muestra



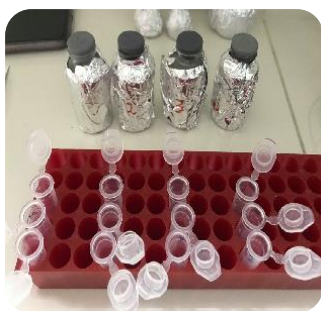
Añadir 3ml  $\text{CH}_3\text{OH}$ /Agua



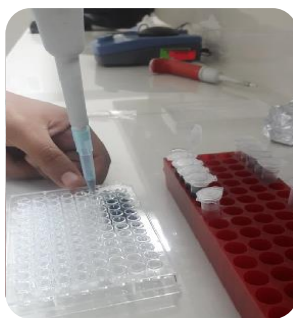
Agitar y Centrifugar



Extracción sobrenadante



Añadir 800uL muestra +  
100uL Agua (Reposar 5min.)



Añadir 50uL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> +  
300uL agua destilada  
(Reposar 2h)



200uL de lo preparado en  
la micro placa y lecturar  
a 739 nm

**Anexo 8.** Curva de calibrado para determinar Polifenoles Totales por el método Folin - Ciocalteu a 739 nm

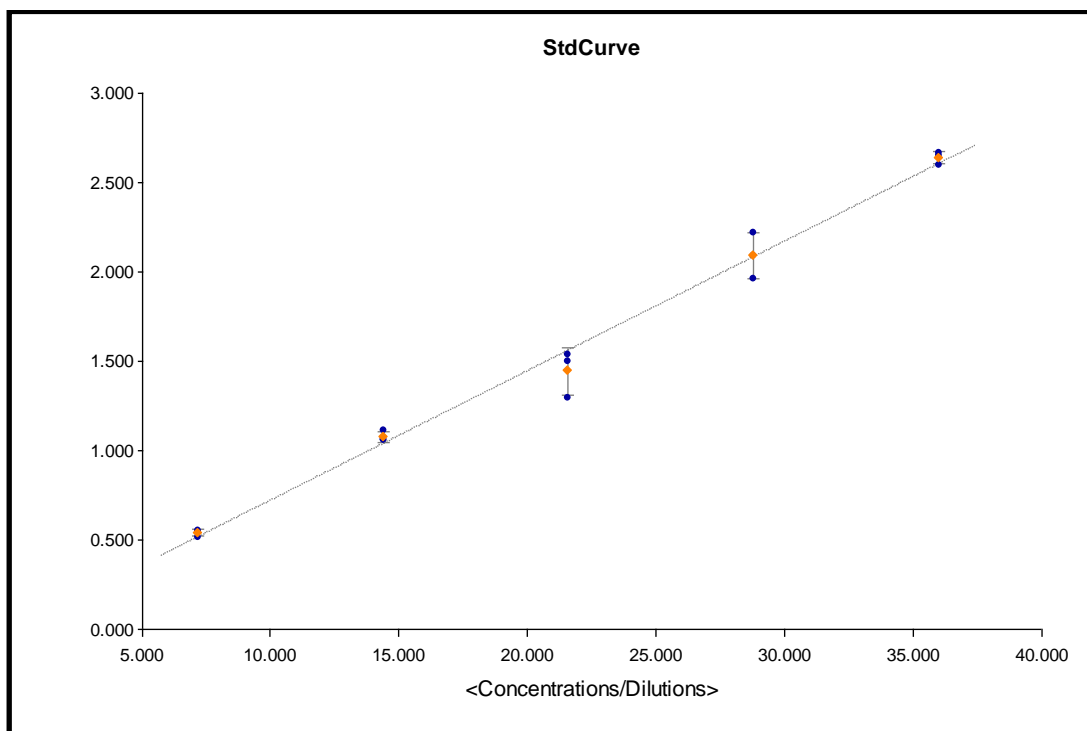
**Diluciones para la preparación curva de calibrado para el Método Folin – Ciocalteu a 739nm**

	A. Gálico uL	Folin uL	Carbonato uL	Agua uL	Total uL
<b>1</b>	20	100	50	1080	1250
<b>2</b>	40	100	50	1060	1250
<b>3</b>	60	100	50	1040	1250
<b>4</b>	80	100	50	1020	1250
<b>5</b>	100	100	50	1000	1250
<b>blanco</b>		100	50	1100	1250
<b>muestra</b>	800	100	50	300	1250

**Curva de calibrado para polifenoles totales**

[ ] (mg/L)	Absorbancia a 739 nm
7.2	0.520
14.4	1.066
21.6	1.504
28.8	2.225
36	2.670

Curve Name	Curve Formula	A	B	R <sup>2</sup>
StdCurve	Y=A*X+B	0.0724	-0.00218	0.994



## Anexo 9. Determinación de la Capacidad Antioxidante por el método DPPH

### - PREPARACIÓN DE EXTRACTO ACUOSO



Pesar el aceite y los tubos



Agregar solución metanol:Agua

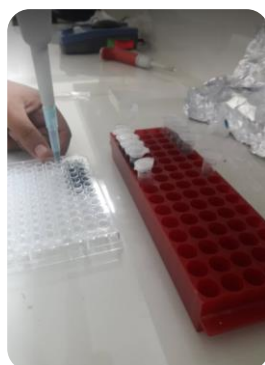


Agitar y centrifugar



Separar y almacenar la fase acuosa (adicionar N y refrigerar)

### - LECTURA DE LAS MUESTRAS EN EL EQUIPO MULTIMODAL



Preparar las muestras Incubar x 2horas



Configurar la  $\lambda$  y lecturar



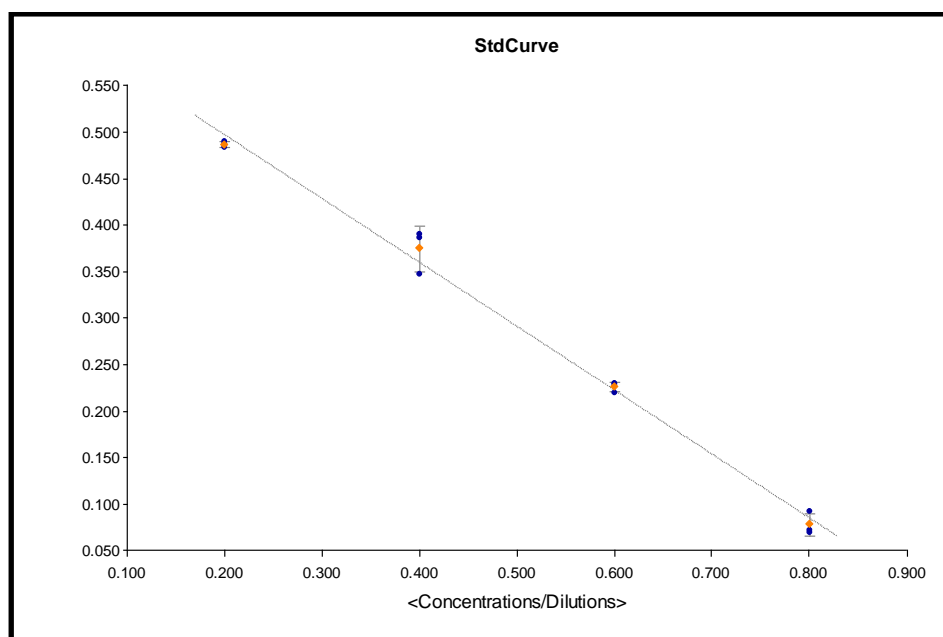
**Anexo 10.** Curva de calibrado para determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH

**Preparación curva de calibrado para el Método DPPH a 517nm**

	<b>TROLOX (uL)</b>	<b>DPPH (ml)</b>
<b>1</b>	25	6.25
<b>2</b>	50	6.25
<b>3</b>	75	6.25
<b>4</b>	100	6.25

**Curva de calibrado para capacidad antioxidante**

[ ] (umol/L)	Absorbancia
0.8	0.484
0.6	0.386
0.4	0.229
0.2	0.073



Curve Name	Curve Formula	A	B	R <sup>2</sup>
StdCurve	Y=A*X+B	-0.687	0.635	0.996

## Anexo 11. Determinación de humedad en semillas

Tabla 55

Valores de Humedad obtenida la muestra de semilla de *Cucurbita máxima*

Muestra	Peso placa (g)	Peso muestra (g)	Peso final (g)	Humedad (%)
M-1	44.1785	5.0142	44.6154	8.7131
M-2	44.1567	5.0049	44.5929	8.7151
M-3	44.1637	5.0111	44.6002	8.7114
				8.7132±SD

Tabla 56

Valores de Humedad obtenida la muestra de semilla de *Cucurbita ficifolia*

Muestra	Peso placa (g)	Peso muestra (g)	Peso final (g)	Humedad (%)
M-1	44.1635	5.0132	44.5057	6.8261
M-2	44.2537	5.0089	44.5955	6.8239
M-3	44.1817	5.0012	44.5229	6.8225
				6.8242±SD

## Anexo 12. Determinación de ceniza en semillas

Tabla 57

Valores de cenizas obtenida la muestra de semilla de *Cucurbita maxima*

Muestra	Peso placa (g)	Peso muestra (g)	Peso final (g)	Cenizas (%)
M-1	38.2031	5.0039	38.3213	2.3612
M-2	38.1124	5.0015	38.2370	2.4921
M-3	37.9873	5.0098	38.1366	2.9801
				2.6111±SD

Tabla 58

Valores de cenizas obtenida la muestra de semilla de *Cucurbita ficifolia*

Muestra	Peso placa (g)	Peso muestra (g)	Peso final (g)	Cenizas (%)
M-1	39.0915	5.0025	39.2021	2.2113
M-2	38.0113	5.0123	38.1276	2.3209
M-3	38.2629	5.0326	38.3767	2.2618
				2.2647±SD

### Anexo 13. Determinación de densidad en aceites

Tabla 59

Valores obtenidos de densidad para la muestra aceite cucúrbita maxima

Muestra	Aceite (g)	Volumen (ml)	$\rho$ (g/ml)
M-1	9.2955	10	0.92955
M-2	9.2993	10	0.92993
M-3	9.2905	10	0.92905
			0.92951±SD

Tabla 60

Valores obtenidos de densidad para la muestra aceite cucúrbita ficifolia

Muestra	Aceite (g)	Volumen (ml)	$\rho$ (g/ml)
M-1	9.2236	10	0.92236
M-2	9.2219	10	0.92219
M-3	9.2218	10	0.92218
			0.92224333±SD

### Anexo 14. Determinación de índice de refracción en aceites

Tabla 61

Valores obtenidos de densidad para ambas muestras

Muestra	AZ	ACH
M-1	1.47215	1.47163
M-2	1.47215	1.47164
M-3	1.47215	1.47162
1.47215±SD		1.47163±SD

### Anexo 15. Determinación de índice de acidez

Tabla 62

Valores de Porcentaje de Acidez obtenidos para la muestra AZ

Muestra	Peso aceite (g)	Gasto de NaOH al 0.1 N (ml)	IA (% ácido oleico)
M-1	2.5148	0.9	1.0092
M-2	2.5089	0.9	1.0116
M-3	2.5178	0.9	1.0080
			1.0096±SD

Tabla 63

Valores de Porcentaje de Acidez obtenidos para la muestra ACH

Muestra	Peso aceite (g)	Gasto de NaOH al 0.1 N (ml)	IA (% ácido oleico)
M-1	2.5123	0.6	0.6735
M-2	2.5089	0.6	0.6744
M-3	2.513	0.6	0.6733
			0.6730±SD

**Anexo 16.** Determinación de índice de peróxido

Tabla 64

Valores de Índice de peróxido obtenidos para la muestra AZ

Muestra	Peso de muestra (g)	Gasto muestra Tiosulfato 0.01 (ml)	Gasto Blanco Tiosulfato (ml)	Índice de Peróxido (meqO <sub>2</sub> /kg)
M-1	0.5095	0.6	0.5	1.9627
M-2	0.5098	0.6	0.5	1.9616
M-3	0.5123	0.6	0.5	1.9520
				1.9587±SD

Tabla 65

Valores de Índice de peróxido obtenidos para la muestra ACH

Muestra	Peso de muestra (g)	Gasto muestra Tiosulfato 0.01 (ml)	Gasto Blanco Tiosulfato (ml)	Índice de Peroxido (meqO <sub>2</sub> /kg)
M-1	0.5143	0.55	0.5	0.9722
M-2	0.5097	0.55	0.5	0.9810
M-3	0.5134	0.55	0.5	0.9739
				0.9757±SD

**Anexo 17.** Determinación de índice de yodo

Tabla 66

Valores de Índice de Yodo obtenidos para la muestra AZ

Muestra	Peso de muestra (g)	Gasto muestra Tiosulfato 0.01 (ml)	Gasto Blanco Tiosulfato (ml)	I.Y (g I <sub>2</sub> /100 g)
M-1	1.5226	12.1	0.5	96.6794
M-2	1.5191	12.1	0.5	96.9021
M-3	1.5125	12	0.5	96.4860
				96.6891±SD

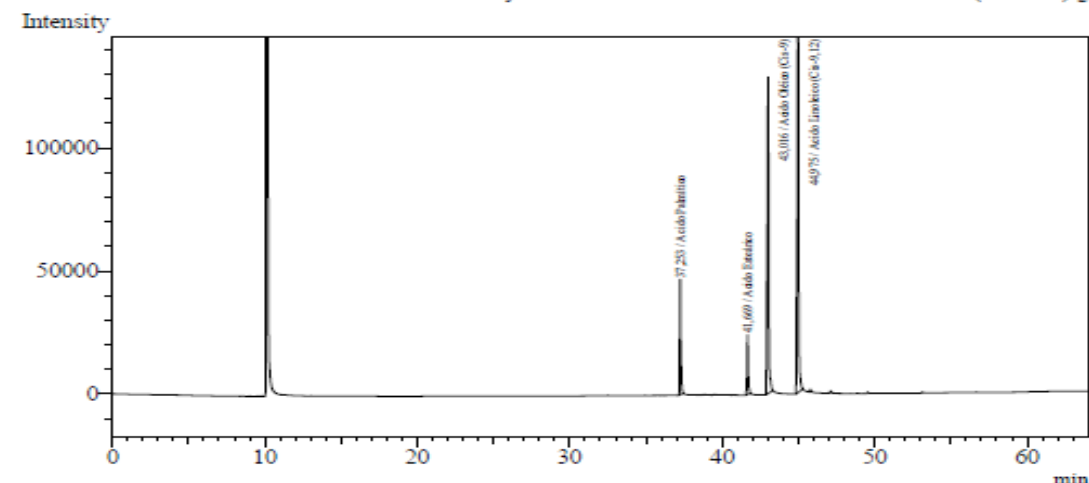
Tabla 67

Valores de Índice de Yodo obtenidos para la muestra ACH

Muestra	Peso de muestra (g)	Gasto muestra Tiosulfato 0.01 (ml)	Gasto Blanco Tiosulfato (ml)	I.Y (g I <sub>2</sub> /100 g )
M-1	1.5147	10.3	0.5	82.1034
M-2	1.5196	10.4	0.5	82.6737
M-3	1.5065	10.3	0.5	82.5503
				82.4425±SD

Anexo 18. Perfil de ácidos grasos de los aceites extraídos

Analysis Date & Time : 06/02/2020 14:49:54  
 User Name : Admin  
 Vial# : 5  
 Sample Name : z1  
 Sample ID : z1  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1.00  
 ISTD Amount :  
 Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\zapallo t\z1.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\Metodo FAMES AOAC 991.39 (Rt-2560).gcm

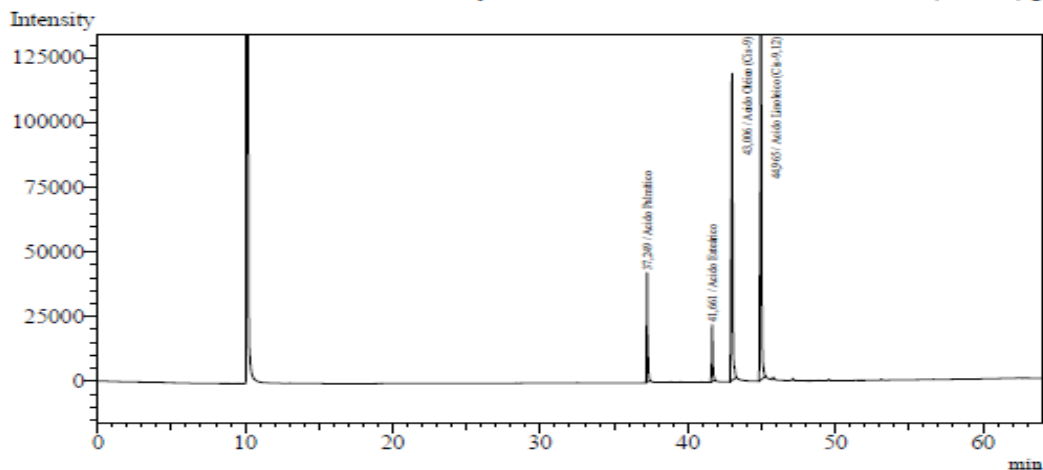


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit Mark	ID#	Compd Name
1	37.253	238126	46859	10.151	%	11	Acido Palmítico
2	41.669	136574	24140	5.738	%	14	Acido Estearico
3	43.016	845044	128481	35.246	%	16	Acido Oleico (Cis-9)
4	44.975	1025514	165090	48.866	%	18	Acido Linoleico (Cis-9)
Total		2245258	364570				

Figura 38. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita máxima - 1° repetición

Analysis Date & Time : 06/02/2020 15:57:45  
 User Name : Admin  
 Vial# : 6  
 Sample Name : z2  
 Sample ID : z2  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1,00  
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\zapallo fiz2.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\Metodo FAMES AOAC 991.39 (Rt-2560).gcm

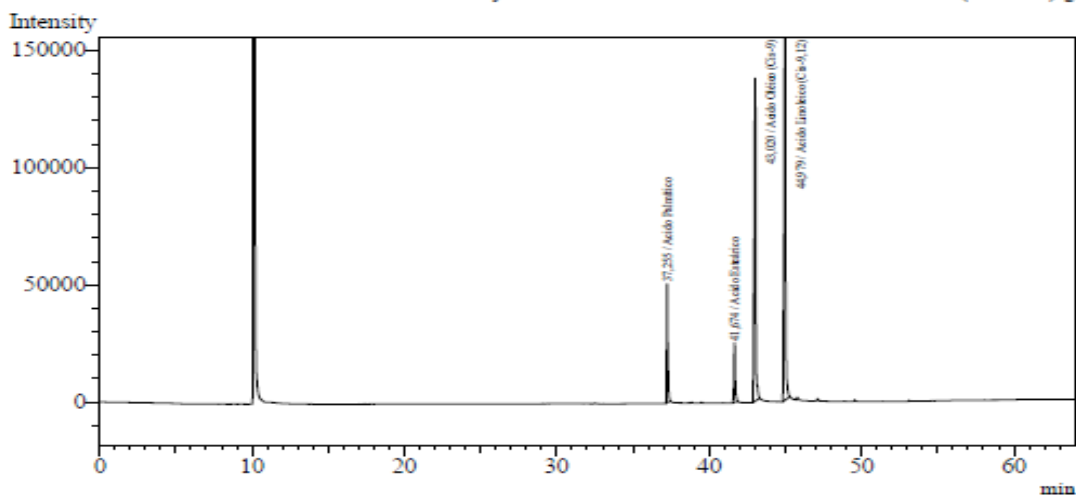


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit Mark	ID#	Cmpd Name
1	37.249	211284	42201	10.146 %		11	Acido Palmítico
2	41.661	121642	21983	5.757 %		14	Acido Estearico
3	43.006	750075	118516	35.244 %		16	Acido Oleico (Cis-9)
4	44.965	910074	150772	48.853 %		18	Acido Linoleico (Cis-9,12)
<b>Total</b>		<b>1993075</b>	<b>333472</b>				

Figura 39. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita máxima - 2º repetición

Analysis Date & Time : 06/02/2020 17:05:30  
 User Name : Admin  
 Vial# : 1  
 Sample Name : z3  
 Sample ID : z3  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1,00  
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\zapallo fiz3.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\Metodo FAMES AOAC 991.39 (Rt-2560).gcm

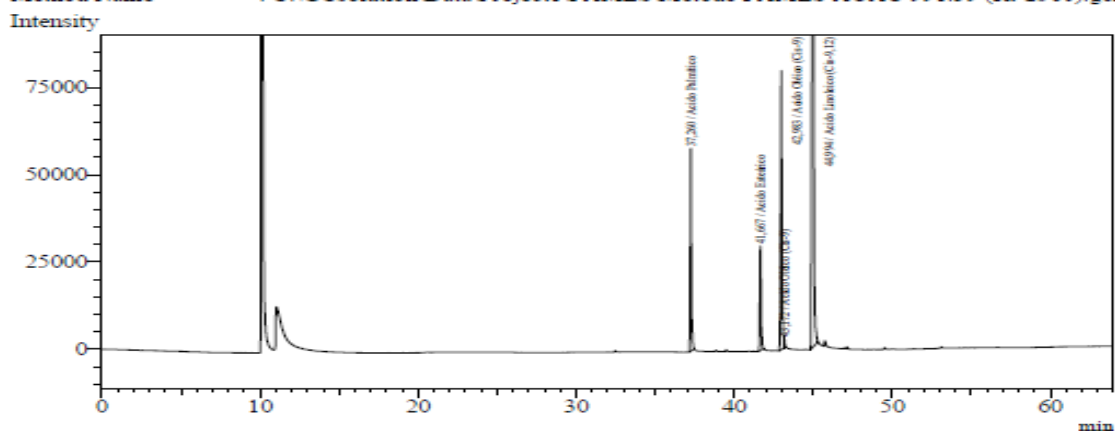


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit Mark	ID#	Cmpd Name
1	37.255	258654	50451	10.163 %		11	Acido Palmítico
2	41.674	148288	25372	5.743 %		14	Acido Estearico
3	43.020	916864	137525	35.250 %		16	Acido Oleico (Cis-9)
4	44.979	1112044	176851	48.844 %		18	Acido Linoleico (Cis-9,12)
<b>Total</b>		<b>2435850</b>	<b>390199</b>				

Figura 40. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita máxima - 3º repetición

Analysis Date & Time : 06/02/2020 11:26:09  
 User Name : Admin  
 Vial# : 2  
 Sample Name : ch1  
 Sample ID : ch1  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1.00  
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\zapallo f\ch1.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\Metodo FAMES AOAC 991.39 (Rt-2560).gcm

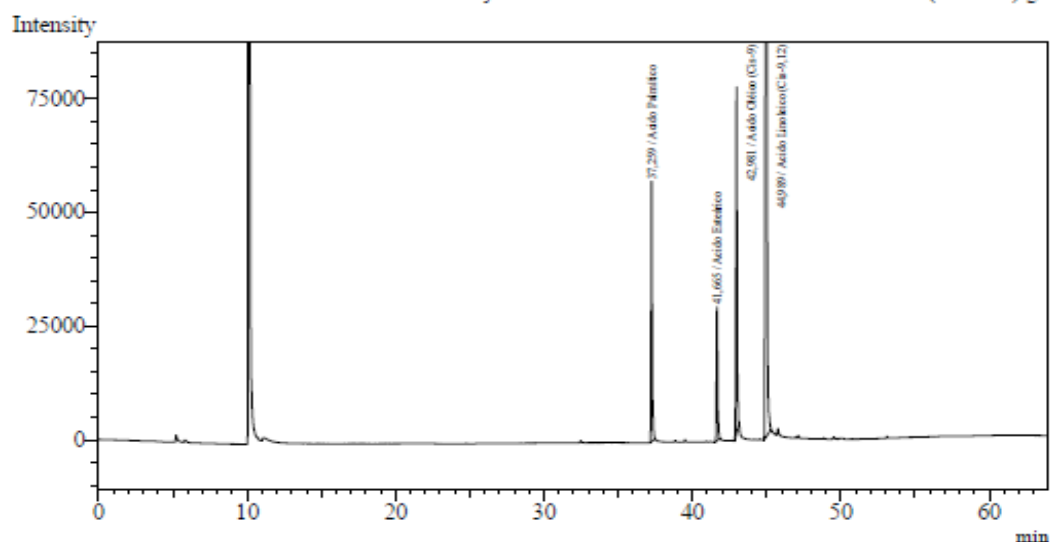


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit Mark	ID#	Compd Name
1	37.260	310927	57817	12.592 %		11	Acido Palmítico
2	41.667	169122	29832	6.751 %		14	Acido Estearico
3	42.983	456539	79859	18.091 %		16	Acido Oleico (Cis-9'
4	43.172	14713	2646	0.583 %	V	16	Acido Oleico (Cis-9'
5	44.994	1369119	201597	61.982 %		18	Acido Linoleico (Ci
<b>Total</b>		<b>2320420</b>	<b>371751</b>				

Figura 41. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita ficifolia - 1° repetición

Analysis Date & Time : 06/02/2020 12:33:56  
 User Name : Admin  
 Vial# : 3  
 Sample Name : ch2  
 Sample ID : ch2  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1.00  
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\zapallo f\ch2.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\Metodo FAMES AOAC 991.39 (Rt-2560).gcm

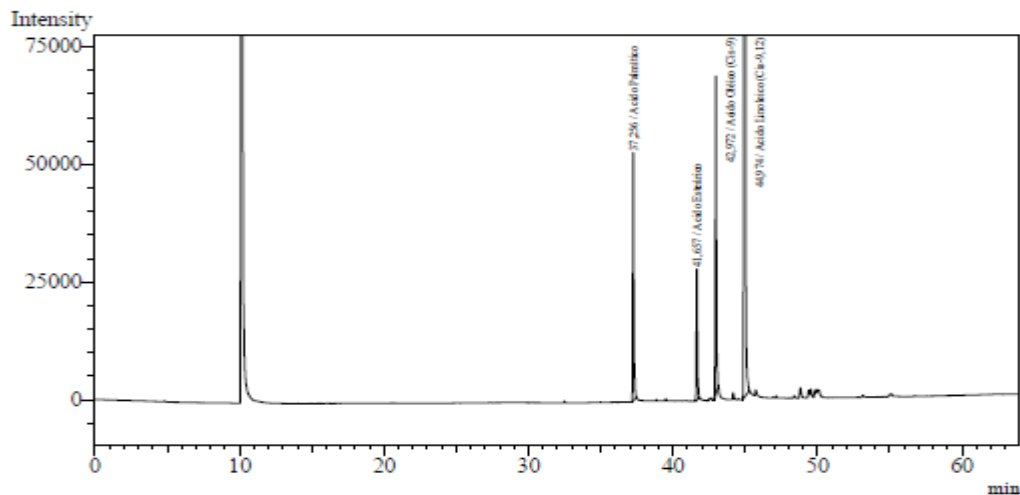


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit Mark	ID#	Compd Name
1	37.259	303533	57115	13.122 %		11	Acido Palmítico
2	41.665	164789	29319	7.021 %		14	Acido Estearico
3	42.981	409883	75805	17.337 %		16	Acido Oleico (Cis-9'
4	44.989	1293781	195095	62.520 %		18	Acido Linoleico (Ci
<b>Total</b>		<b>2171986</b>	<b>357334</b>				

Figura 42. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita ficifolia - 2° repetición

Analysis Date & Time : 06/02/2020 13:42:08  
 User Name : Admin  
 Vial# : 4  
 Sample Name : ch3  
 Sample ID : ch3  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1,00  
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\zapallo fch3.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Data\Project1\FAMES\Metodo FAMES AOAC 991.39 (Rt-2560).gcm



Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit Mark	ID#	Compd Name
1	37.256	273198	52628	14.039	%	11	Acido Palmítico
2	41.657	147806	27797	7.486	%	14	Acido Estearico
3	42.972	348553	67325	17.526	%	16	Acido Oleico (Cis-9)
4	44.974	1060989	168499	60.948	%	18	Acido Linoleico (Cis-9,12)
<b>Total</b>		<b>1830546</b>	<b>316249</b>				

Figura 43. Cromatograma del aceite de semilla de Cucurbita ficifolia - 3º repetición



**Anexo 19.** Gráficas de Conductividad eléctrica vs tiempo para aceite de semilla de (*C. ficifolia*) y (*C. maxima*)

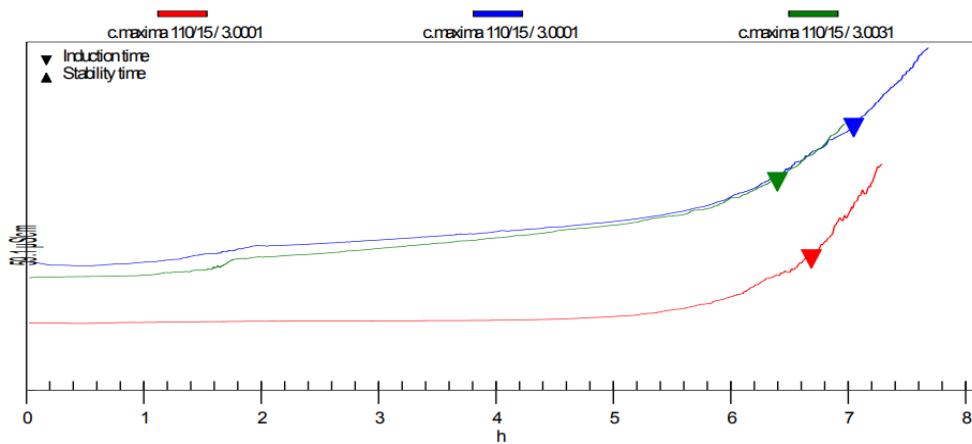


Figura 44. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) a temperatura de 110°C y flujo de 15 L/h

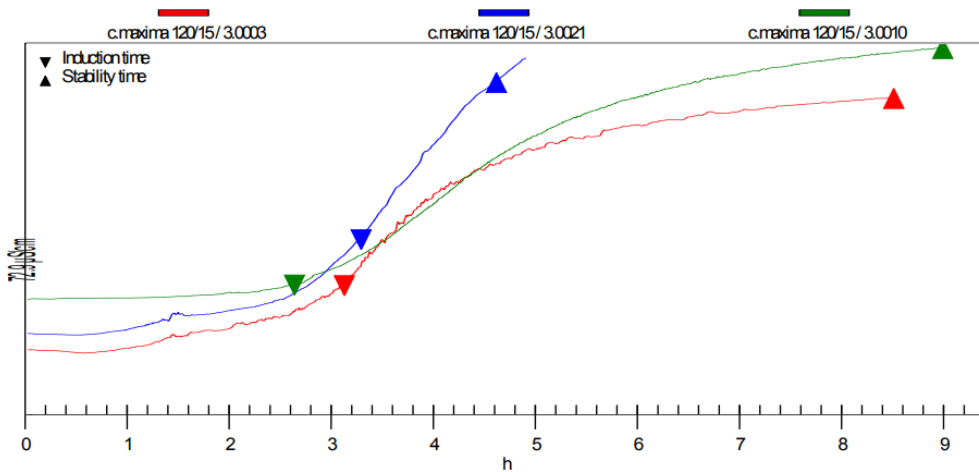


Figura 45. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) a temperatura de 120°C y flujo de 15 L/h.

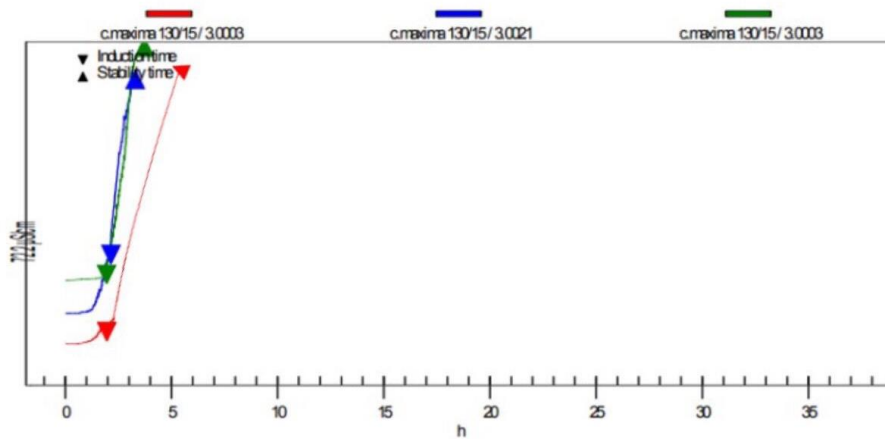


Figura 46. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) a temperatura de 130°C y flujo de 15 L/h

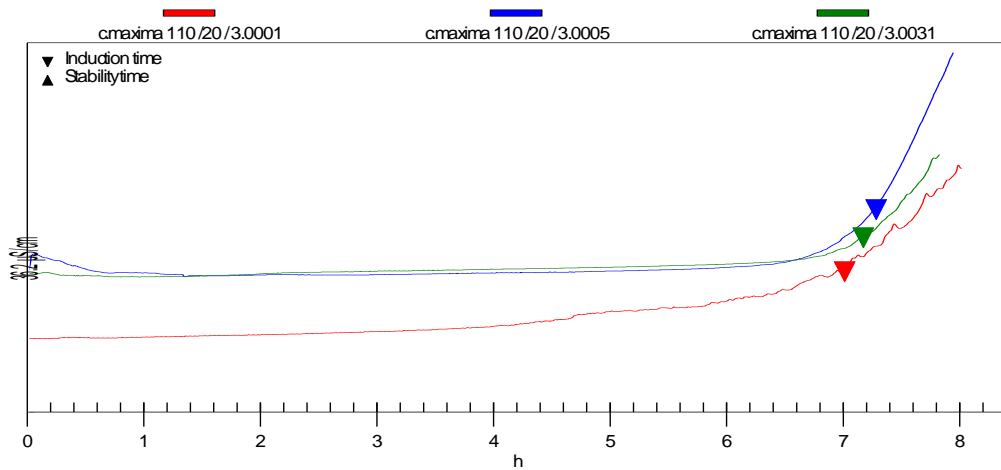


Figura 47. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) a temperatura de 110°C y flujo de 20 L/h

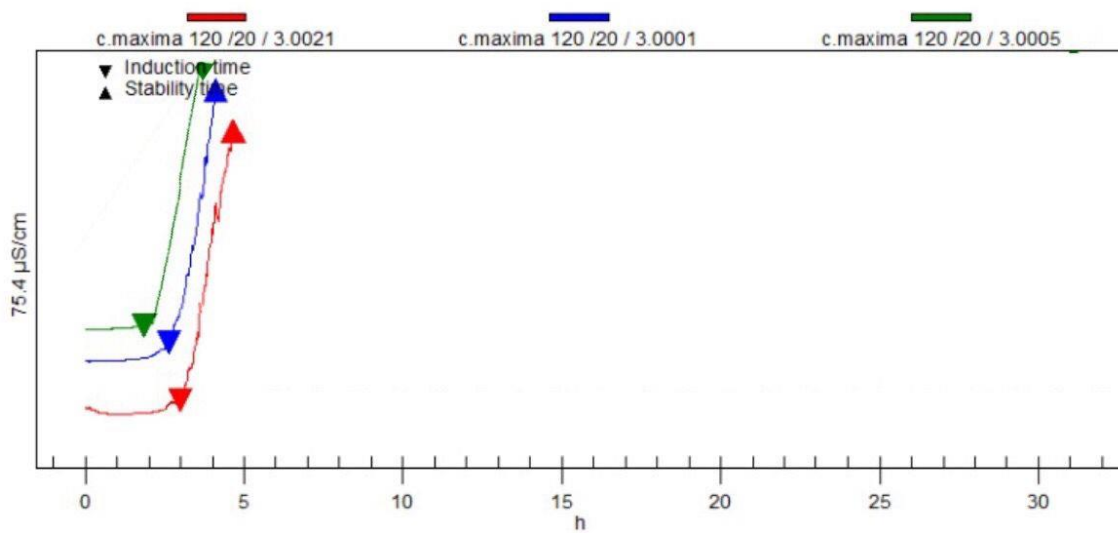


Figura 48. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) a temperatura de 120°C y flujo de 20 L/h

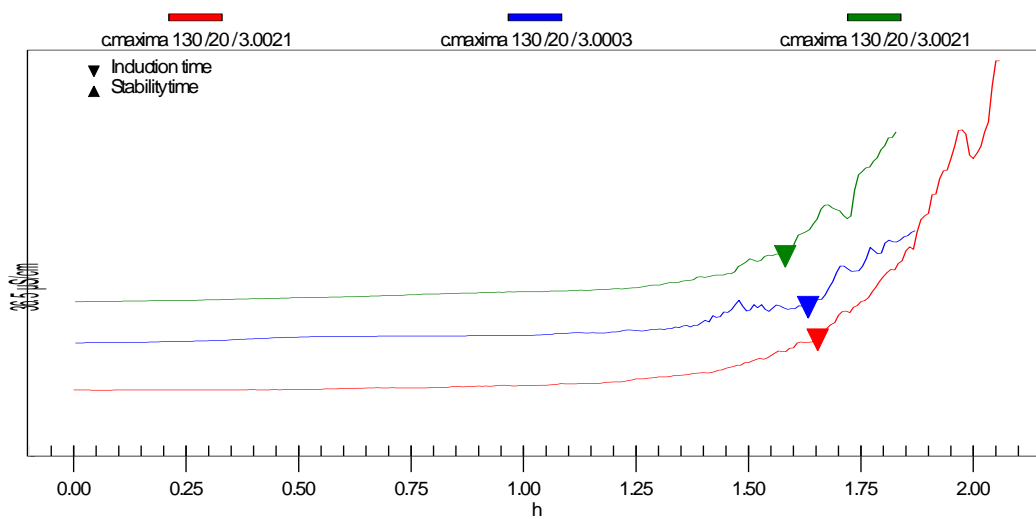


Figura 49. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) a temperatura de 130°C y flujo de 20 L/h

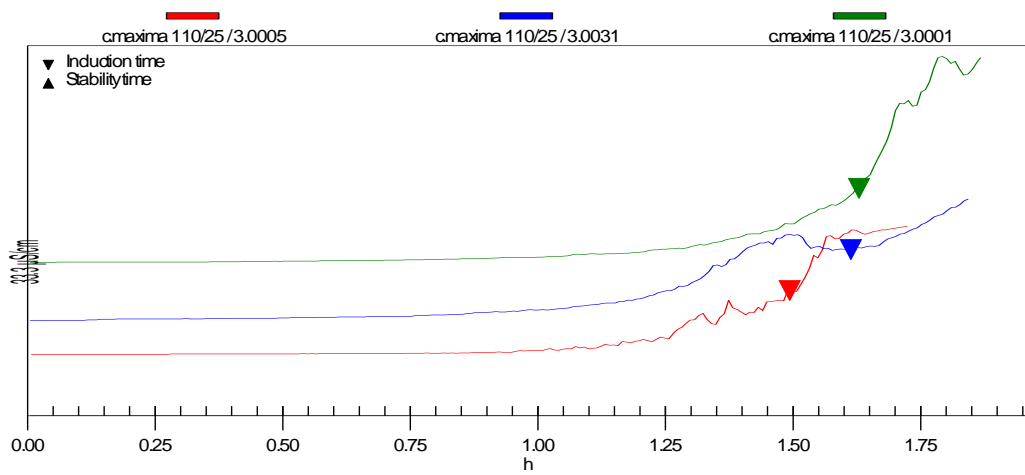


Figura 50. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) a temperatura de 110°C y flujo de 25 L/h

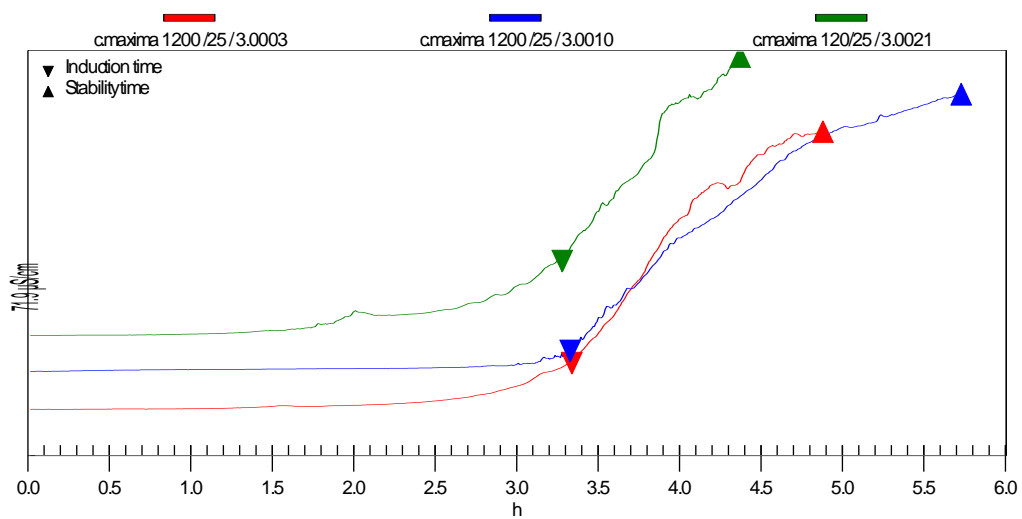


Figura 51. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) a temperatura de 120°C y flujo de 25 L/h

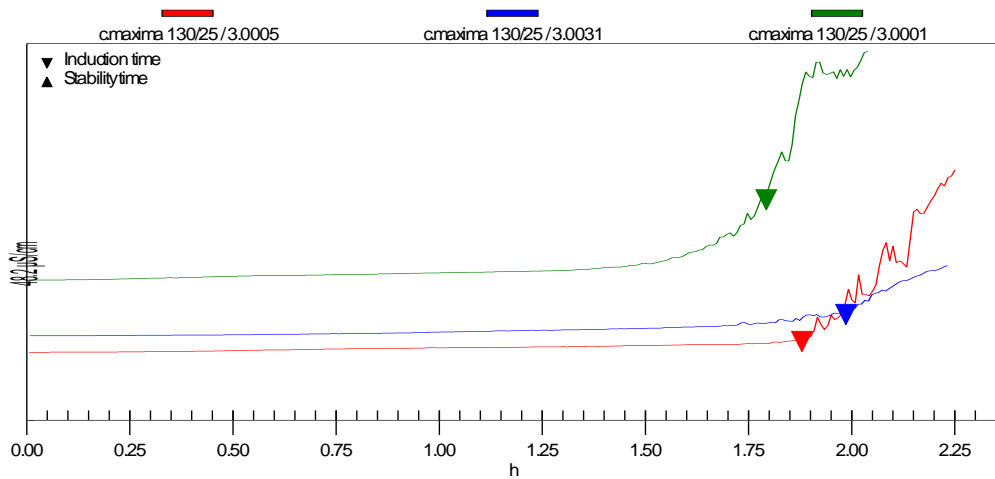


Figura 52. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de Zapallo (*Cucurbita máxima*) a temperatura de 130°C y flujo de 25 L/h

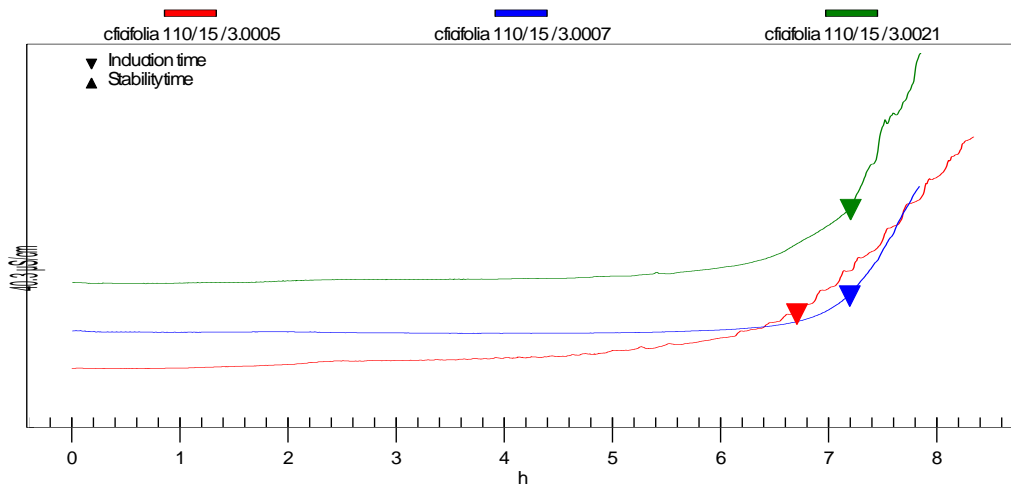


Figura 53. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 110°C y flujo de 15L/h.

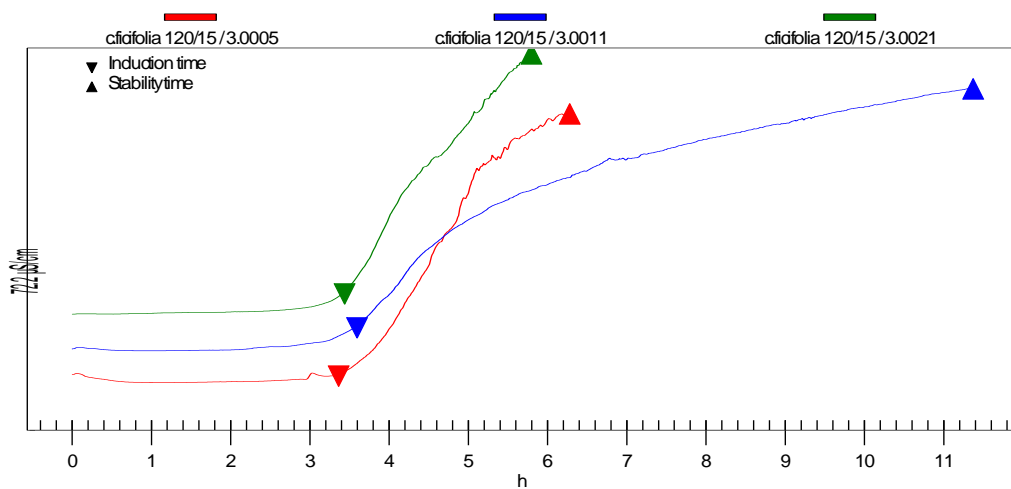


Figura 54. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 120°C y flujo de 15 L/h.

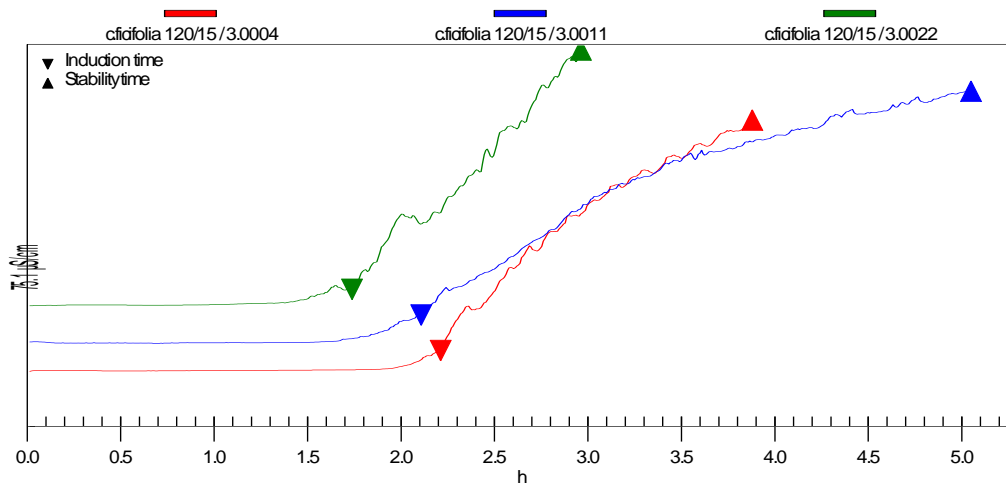


Figura 55. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 130°C y flujo de 15 L/h.

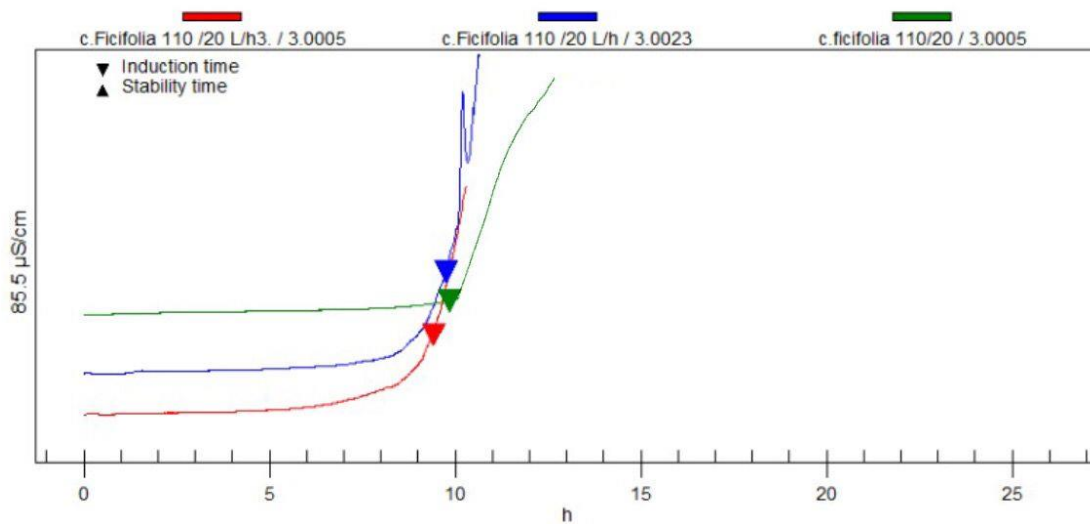


Figura 56. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 110°C y flujo de 20 L/h

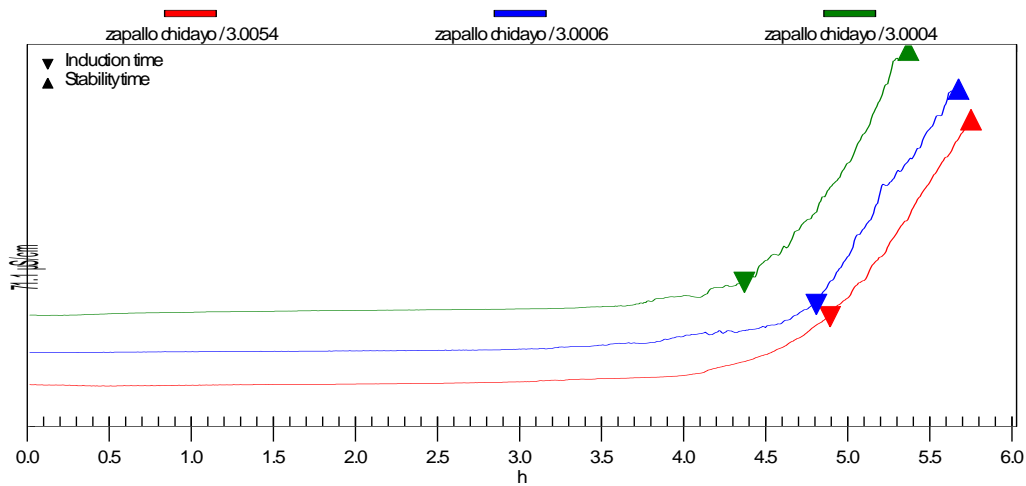


Figura 57. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 120°C y flujo de 20 L/h

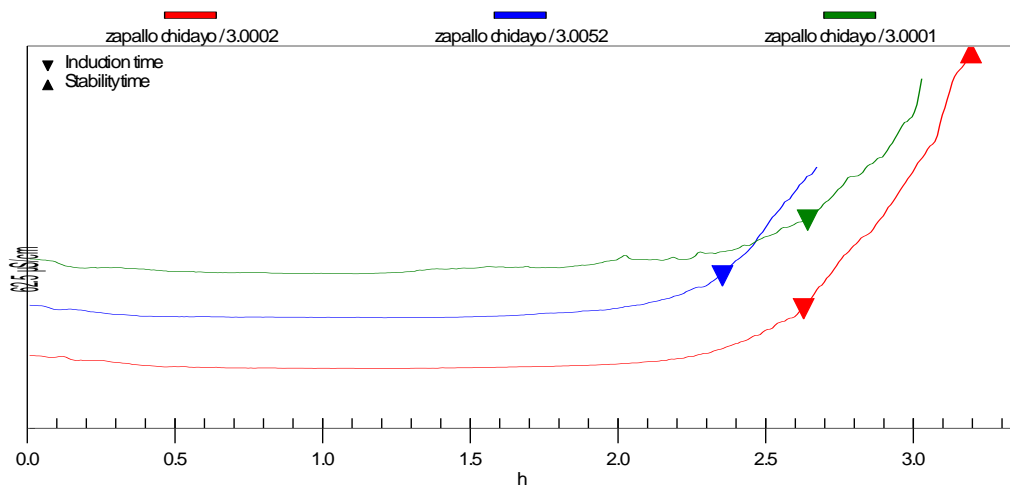


Figura 58. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 130°C y flujo de 20 L/h.

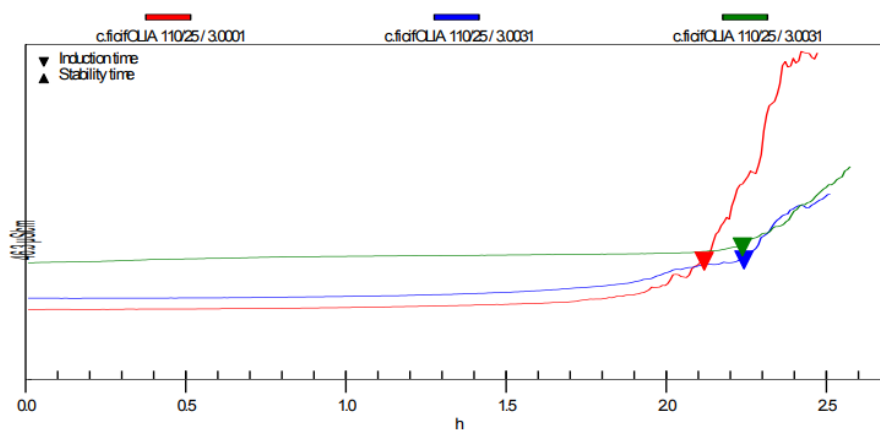


Figura 59. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 110°C y flujo de 25 L/h.

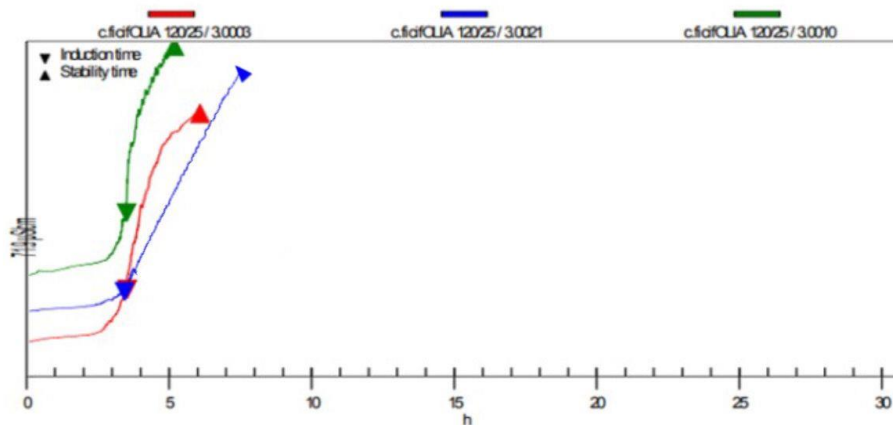


Figura 60. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 120°C y flujo de 25 L/h.

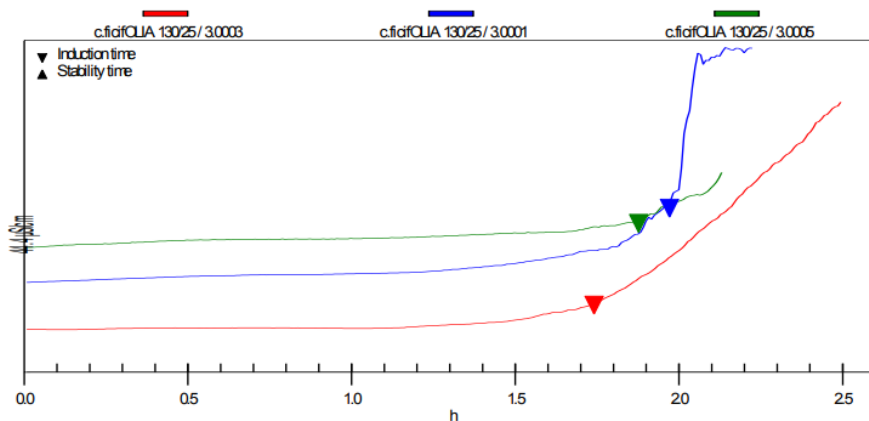


Figura 61. Conductividad eléctrica vs tiempo del aceite de semilla de *C. ficifolia* a temperatura de 130°C y flujo de 25 L/h.

**ANEXO 20.** Graficas de Extrapolación para aceite de semilla de (*Cucurbita máxima*) y (*Cucurbita ficifolia*)

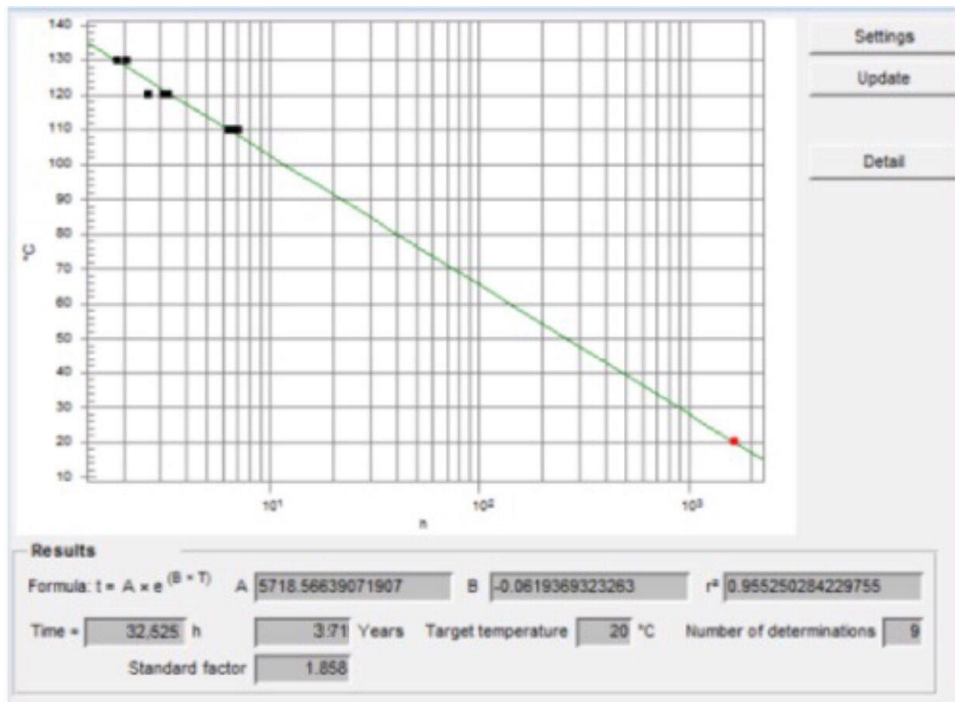


Figura 62. Extrapolación de aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 15 L/h

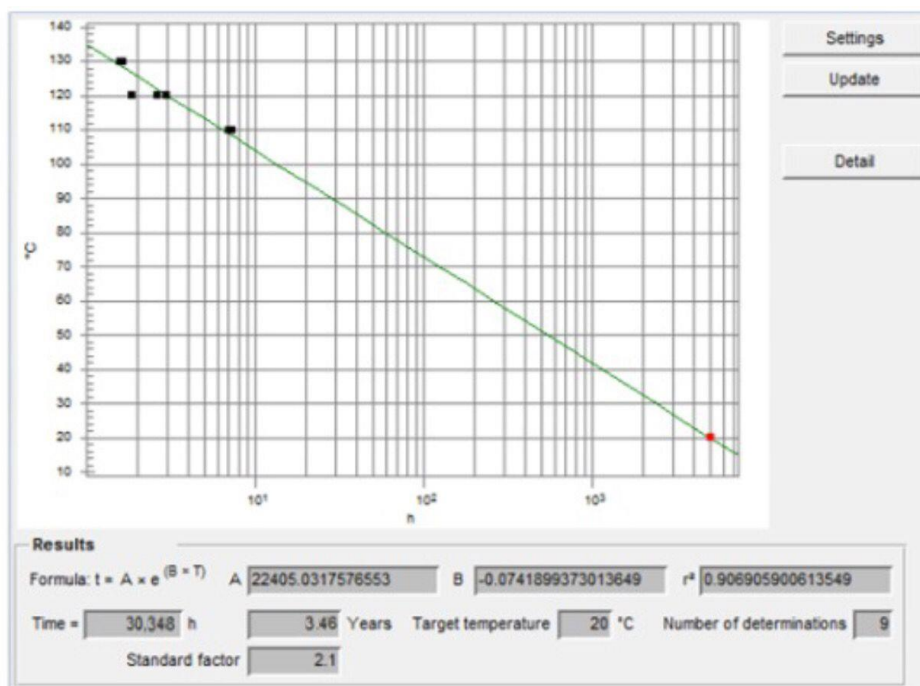


Figura 63. Extrapolación de aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 20 L/h.



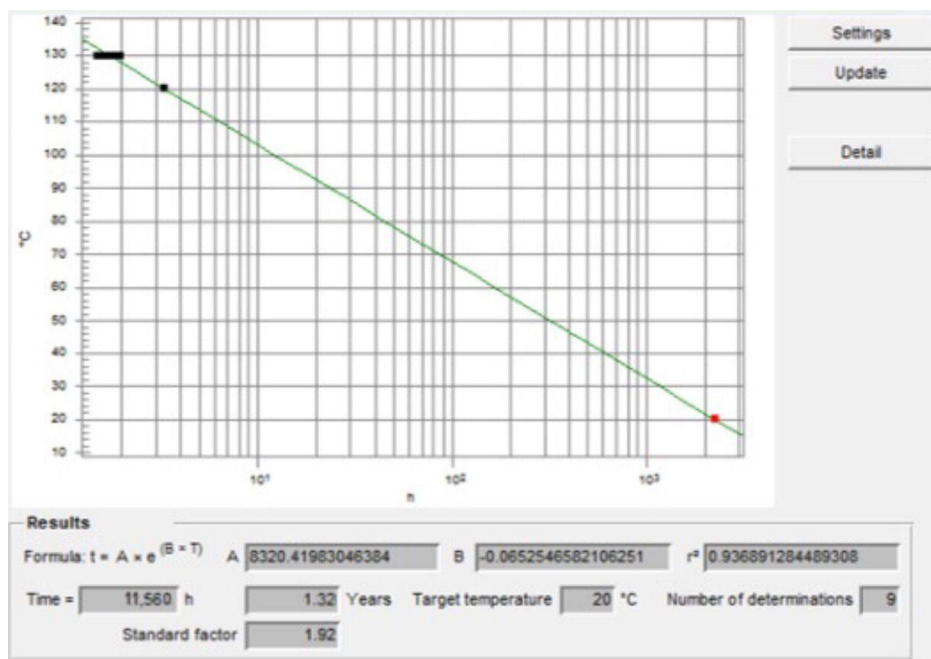


Figura 64. Extrapolación de aceite de semilla de Zapallo (Cucurbita máxima) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 25 L/h

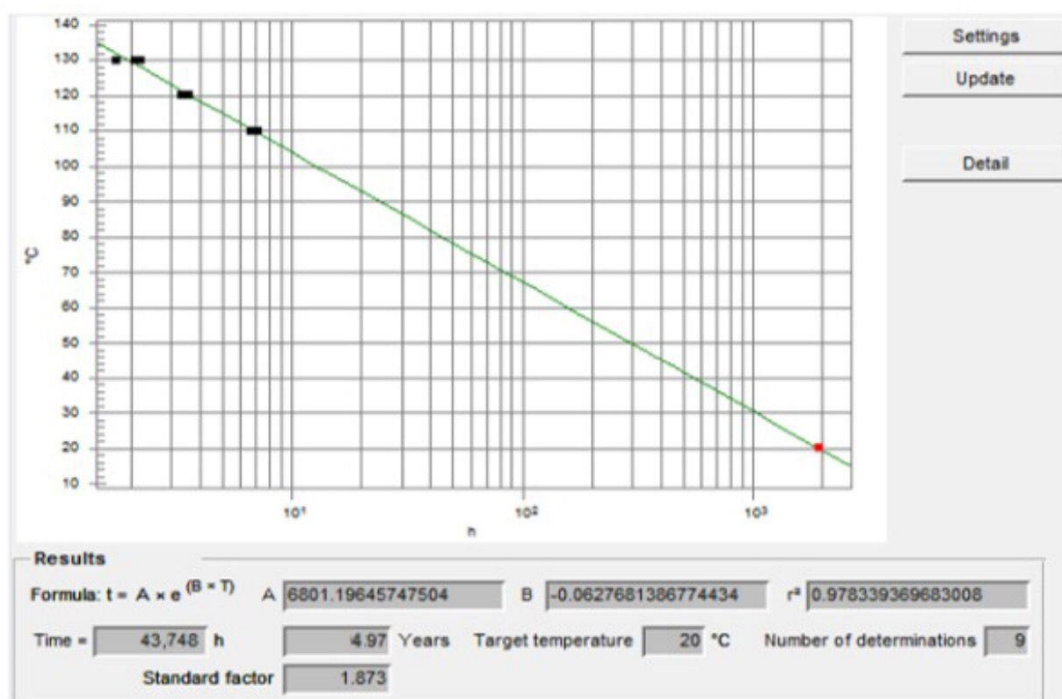


Figura 65. Extrapolación de aceite de semilla de Chiclayo (Cucurbita ficifolia) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 15 L/h

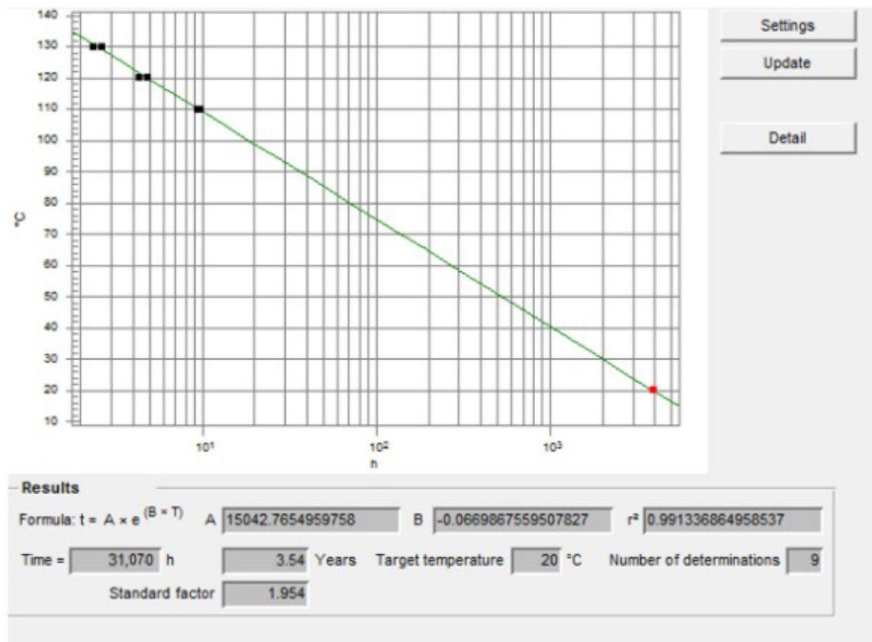


Figura 66. Extrapolación de aceite de semilla de Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 20 L/h

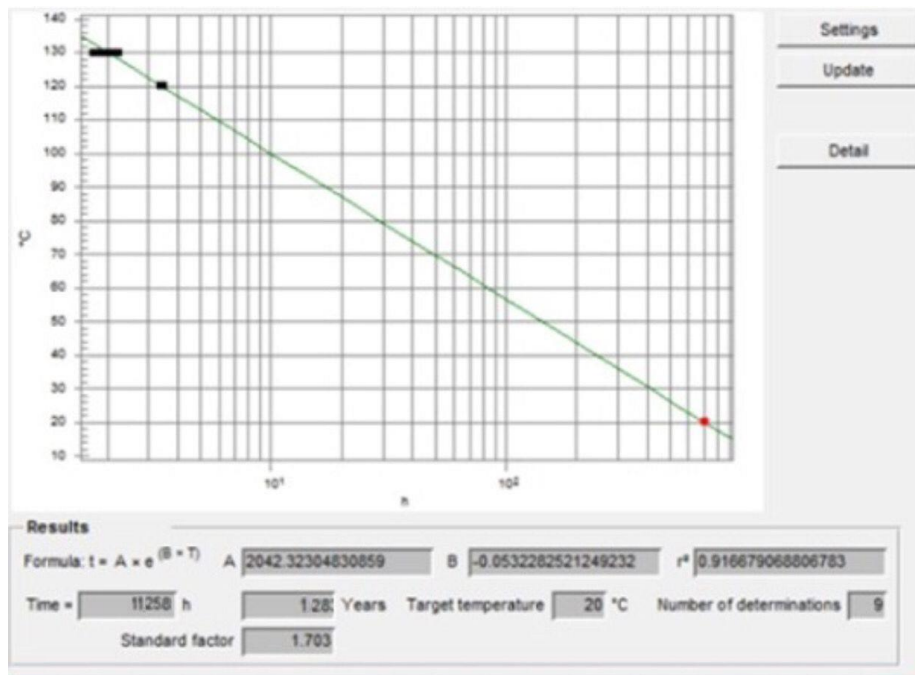


Figura 67. Extrapolación de aceite de semilla de Chiclayo (*Cucurbita ficifolia*) de 110°C, 120°C y 130°C de temperatura y flujo de 25L/h.