



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

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ÁCIDOS GRASOS DE
ACEITE DE SEMILLAS DE SIETE FRUTAS NATIVAS DE
LA REGIÓN AMAZONAS**

Autora:

ROSITA CRUZ LACERNA

Asesor:

Ms. SEGUNDO GRIMALDO CHAVEZ QUINTANA

Reg. (...)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi hija porque es mi impulso a seguir adelante, por ser el motivo más grande de seguir persiguiendo mis sueños, por enseñarme a no detenerme pese a los obstáculos que se puedan presentar y por ser la razón de cumplir cada una de mis metas propuestas profesionalmente. A mis padres por su soporte y sacrificio dedicados durante estos años, porque gracias a ustedes que con sus consejos me han hecho llegar hasta donde estoy en estos momentos, gracias por ser parte de mí, por inculcarme cada día el ejemplo de los sacrificios y esfuerzos que significa llegar hasta el cumplimiento de mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por darme las facilidades que necesite durante mi formación profesional, por demostrarme que es el mejor regalo que se le puede dejar a un hijo, gracias por permitirme trazar mi propio camino y escribir mi propia historia, gracias por que han sido, son y serán mi soporte para seguir adelante y seguir cumpliendo con lo que me propongo. Les agradezco eternamente por enseñarme a ser una buena profesional, por permitirme ver y recibir de ustedes el verdadero ejemplo de cómo hacer bien las cosas tanto en mi formación profesional como en mi trabajo. Agradezco a mi hija por enseñarme a no detenerme ante nada ni nadie, por ser mi pequeña y al mismo tiempo mi mayor motivo para demostrar que nada es imposible cuando tomas la decisión. De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, a los docentes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias en especial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, y sobre todo a Ms. Segundo Grimaldo Chavez Quintana por ser mi asesor y guía, que con sus conocimientos y enseñanzas en esta investigación me permitió el cumplimiento de uno de mis objetivos.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

Rector

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

Vicerrectora de Investigación

Ing. Ms. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

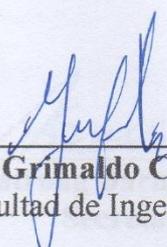
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **Actividad antioxidante y ácidos grasos de aceite de semillas de siete frutas nativas de la región Amazonas**; de la bachiller de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, egresada de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Bach. Rosita Cruz Lacerna

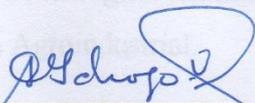
El suscrito da el visto bueno al informe de la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, manifestando su voluntad de apoyar a la Tesista en el levantamiento de observaciones y en el Acto de sustentación.

Chachapoyas, 18 de febrero de 2020

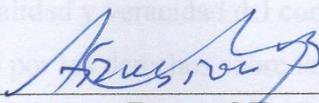


Segundo Grimaldo Chavez Quintana
Docente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

JURADO EVALUADOR



Ing. Guillermo Idrogo Vásquez
Presidente



Mg.Sc. Armstrong Barnard Fernandez Jeri
Secretario



Ms. Grobert Amado Guadalupe Chuqui
Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo **Rosita Cruz Lacerna**, identificado con DNI N° 72122883 egresada de la escuela profesional de **Ingeniería Agroindustrial**, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

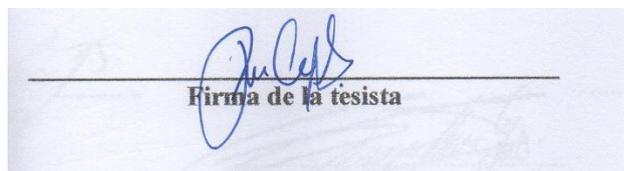
DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autor de la tesis titulada: **Actividad antioxidante y ácidos grasos de aceite de semillas de siete frutas nativas de la región Amazonas**, que presento para obtener el título Profesional de Ingeniera Agroindustrial.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente, asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción deriven.

Chachapoyas, 18 de febrero de 2020.



Firma de la tesista



ANEXO 3-N

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 05 de marzo del año 2020, siendo las 10:00 horas, el aspirante Rosita Cruz Lecerna defiende en sesión pública la Tesis titulada: Actividad antioxidante y ácidos grasos de aceite de semillas de siete frutas nativas de la Región Amazonas.

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : Ing. Guillermo Idrogo Vásquez
Secretario : Mg. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri
Vocal : Ms. Robert Amado Guadalupe Chugvi



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 11:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS	v
JURADO EVALUADOR	vi
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	vii
ACTA DE EVALUACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	14
II. MATERIAL Y MÉTODO	16
2.1. Material	16
2.2. Técnicas y procedimientos	16
2.3. Análisis de datos	19
III. RESULTADOS	20
3.1. Capacidad antioxidante	20
3.2. Índice de saponificación	21
3.3. Índice de refracción	23
3.4. Índice de acidez	23
3.5. Índice de peróxido	25
IV. DISCUSIONES	27
V. CONCLUSIONES	28
VI. RECOMENDACIONES	29
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ANEXOS	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Prueba de comparaciones múltiples de Duncan para la actividad antioxidante de aceites extraídos de siete semillas diferentes	21
Tabla 2. Prueba de comparaciones múltiples de Duncan para el índice de saponificación de aceites extraídos de siete semillas diferentes	22
Tabla 3. Prueba de comparaciones múltiples de Duncan para el índice de acidez de aceite extraídos de siete semillas distintas	24
Tabla 4. Prueba de comparaciones múltiples para el índice de peróxido de siete semillas.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Capacidad antioxidante de aceites extraídos de siete semillas distintas	20
Figura 2. Índice de saponificación de aceites extraídos de siete semillas distintas	22
Figura 3. Índice de refracción de aceites extraídos de siete semillas distintas	23
Figura 4. Índice de acidez de aceites extraídos de siete semillas distintas	24
Figura 5. Índice de peróxido de aceites extraídos de siete semillas distintas	25
Figura 6. Recolección de frutos de <i>Vasconselleas pubescens</i>	32
Figura 7. Recolección de frutos de <i>Vasconcellea weberbaueri harms.</i>	32
Figura 8. Extracción de las semillas	33
Figura 9. Secado de las semillas	33
Figura 10. Uso del mortero para la trituración de las muestras	34
Figura 11. Muestras trituradas para ser colocadas en el papel filtro para su posterior extracción.....	34
Figura 12. Extracción del aceite usando éter de petróleo, usando la técnica de Soxhlet	35
Figura 13. Muestras listas para medir la actividad antioxidante.....	36
Figura 14. Soluciones preparadas por triplicado por cada muestra para medir la absorbancia en el espectrofotómetro.....	36
Figura 15. Preparación de las soluciones para medir el índice de saponificación.....	37
Figura 16. Muestras sometidas a reflujo por un tiempo de 30 minutos, para que complete la saponificación	37
Figura 17. Muestras en reposo para disminuir la temperatura después del proceso de reflujo.....	38
Figura 18. Titulación del exceso con cloruro de hidrogenal 0,5 N.....	38
Figura 19. Refractómetro utilizado para la determinación de índice de refracción.....	39
Figura 20. Análisis de índice de acidez.	39
Figura 21. Preparación de las muestras para el análisis de índice de peróxidos.....	40
Figura 22. Reacción del yodo liberado con tiosulfato 0,1N en el proceso de determinación del índice de peróxido.....	40
Figura 23. Reacción del almidón al 1%	41
Figura 24. Muestras sin cloroformo al finalizar la titulación.....	41

RESUMEN

El objetivo de investigación fue determinar la actividad antioxidante y determinar el potencial agroindustrial de aceites extraídos de semillas de siete frutos distintos (*Vasconcellea pubescens*, *Vasconcellea weberbaueri harms V.M*, *Solanum betaceum*, *Passiflora edulis*, *Physalis peruviana*, *Passiflora tripartita* y *Spondias purpurea L.*). Para ellos se recolectó frutos de distintos lugares de la región Amazonas, se extrajo las semillas, se secaron, trituraron para luego extraer los aceites usando la técnica por Soxhlet. Todos los aceites fueron evaluados por su actividad antioxidante (DPPH), índice de refracción, índice de acidez, índice de peróxido e índice de saponificación. Se encontró que los aceites extraídos de las semillas de *Vasconcellea pubescens*, *Vasconcellea weberbaueri harms V.M*, *Solanum betaceum*, *Passiflora edulis*, *Physalis peruviana*, *Passiflora tripartita*, tienen un elevado potencial para ser empleados en alimentación humana y desarrollo de alimentos, y; el aceite extraído de las semillas de *Spondias purpurea L.* podría ser empleado en el desarrollo de biocombustibles u otras aplicaciones no alimentarias.

Palabras clave: Aceites, antioxidante, peróxidos, semillas.

ABSTRACT

The research objective was to determine the antioxidant activity and determine the agroindustrial potential of oils extracted from seeds of seven different fruits (*Vasconcellea pubescens*, *Vasconcellea weberbaueri harms V.M*, *Solanum betaceum*, *Passiflora edulis*, *Physalis peruviana*, *Passiflora tripartita* y *Spondias purpurea L.*) For them, fruits were collected from different parts of the Amazon region, the seeds were extracted, dried, crushed and then extracted by Soxhlet. All oils were evaluated for their antioxidant activity (DPPH), refractive index, acidity index, peroxide index and saponification index. The oils extracted from the seeds of *Vasconcellea pubescens*, *Vasconcellea weberbaueri harms V.M*, *Solanum betaceum*, *Passiflora edulis*, *Physalis peruviana*, *Passiflora tripartita*, were found to have a high potential to be used in human food and food development, and the oil extracted from the seeds of *Spondias purpurea L.* could be used in the development of biofuels or other non-food applications.

Keywords: Oils, antioxidant, peroxides, seeds.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los consumidores son cada vez más exigentes al momento de adquirir productos transformados, haciendo que la industria alimentaria tenga la necesidad de sustituir o en todo caso disminuir los componentes que a largo plazo pueden causar daños en la salud. En consecuencia, las instituciones y más aún el sector empresarial han considerado necesario buscar nuevas fuentes que sean naturales; por ejemplo es el caso de antioxidantes que son ampliamente estudiados en materia de origen vegetal, por su capacidad de poder retardar la oxidación (Coultate, 2002), así se viene demostrando que los antioxidantes son moléculas capaces de prevenir el deterioro químico por oxidación demostrado que éste grupo de moléculas son capaces de disminuir el deterioro químico por oxidación, en tal sentido incrementan de los alimentos la vida útil, en el caso de aceites dilatan el proceso de rancidez, evitan la reacción de las enzimas oxidativas, así como también la producción de malos olores y además de ha demostrado que los antioxidantes actúan como agentes antimicrobianos (Barros, 2009). También, las propiedades nutricionales y terapéuticas han sido ampliamente demostradas y, el sólo hecho de identificar su presencia o su actividad confiere al alimento un mayor valor (Cuerda, 2011).

Uno de los grupos de compuestos con alto valor nutricional, son los ácidos grasos que según su fuente y naturaleza pueden ser muy bien valorados (Holub, 2002). Además son fundamentales en la dieta (omega 3 y 6) (Pariona, 2008), cuya deficiencia pueden causar serias enfermedades (Jones, 2002).

Se han reportado estudios sobre la identificación y valoración de subproductos como fuente de moléculas antioxidantes (Murga, Sanz, Beltrán, & Cabezas, 2002), los que han permitido que muchos subproductos se incluyan en los procesos industriales, así por ejemplo se ha logrado utilizar la “torta de orujo” para extraer compuestos que van a mejorar la fijeza de aceites comestibles (Abd, Ammar, & Hegazy, 2010) y restos de los procesos de la industria del vino son usados como materia para obtener antioxidantes que posteriormente son utilizados para la conservación durante los procesos que implican congelar y cocer la carne (Selani, y otros, 2011).

Una de las fuentes ricas en aceites de gran valor (omegas) son las semillas de las frutas, las que en su mayoría no se aprovechan (en la industria) o si son consumidas no se conoce su potencial nutritivo. Así tenemos, dentro de muchas otras a las semillas de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* Harms V.M.), maracuyá (*Passiflora edulis*), pur pur (*Passiflora tripartita*), tomate de árbol (*Solanum betaceum*), aguaymanto (*Physalis peruviana*), papayita de monte (*Vasconcellea pubescens*) y ciruela (*Spondias purpurea* L.). Aún no se ha reportado estudios sobre la valoración como posibles fuentes de antioxidantes.

Con excepción de las semillas de *P. peruviana*, los trabajos previos abordan la caracterización total o parcial del fruto (de interés comercial inmediato), por lo que su estudio amplía el conocimiento sobre la naturaleza de las semillas, generalmente consideradas como subproductos y desechadas por la industria alimenticia. (Chau & Huang, 2004; Contreras & Calderon, 2010; Rodriguez, 2007; Ramadan & Morsel, 2008).

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Material

Obtención de las semillas

Los frutos fueron recolectados de diferentes lugares la región Amazonas: maushan anexo Choctamal, (ubicación S 06°23.616'. O 077°59.189'. Altura 2728 msnm), pur pur (ubicación S 06°14.509'. O 077°51.550'. Altura 2476 msnm) y tomate de arbol (ubicación S 06°18.443'. O 077°54.019'. Altura 2659 msnm) del distrito Levanto, aguaymanto del distrito de María (ubicación S 06°25.882'. O 077°57.437'. Altura 2772 msnm), ciruela de El pintor distrito Bagua Grande (ubicación S 05°54.008'. O 078°07.895'. Altura 648 msnm), papayita del anexo Choctamal (ubicación S 06°23.394'. O 077°59.294'. Altura 2638 msnm) y maracuyá de El cerezo-Jamalca (ubicación S 06°13.995'. O 077°51.277'. Altura 794 msnm).

Las semillas han sido identificadas y separadas por especie en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

2.2. Técnicas y procedimientos

Extracción de los aceites

Secado de las semillas (muestras)

Las semillas obtenidas de los diferentes frutos se extrajeron y fueron enjuagas con agua destilada para eliminar componentes adheridos a éstas. Una vez separadas por especies se procedió a secar a por 12 horas.

Extracción por solvente: éter de petróleo

La extracción se realizó por solvente conocida también como sólido – líquido, el soluto que contiene la muestra es separado al tener contacto con el solvente Brennan, et al. (1970).

Para lo cual fue necesario triturar las semillas con ayuda de un pilon colocando la muestra en un mortero de porcelana, hasta triturarlas por completo; a diferencia de la muestra de ciruela por su contextura se un utilizó molino manual obteniendo

así la muestra requerida. Se extrajeron 100 g de muestra las cuales fueron puestas dentro en papel filtro para luego ser colocadas en el equipo Soxhlet, luego se añadió el solvente éter de petróleo, para posteriormente extraer a una temperatura de 200 °C, en un tiempo de 4 horas, 10 sifonadas por cada muestra. Una vez concluido el procedimiento de extracción, el producto obtenido se dejó en reposo para eliminar los sólidos suspendidos, para ello se utilizó un vaso precipitado. Finalmente se calculó los análisis correspondientes a esta investigación.

Determinación de actividad antioxidante

Para evaluación de actividad antioxidante se realizó mediante el método DPPH, desarrollado por Brand Willams (Muños, y otros, 2010) con algunas modificaciones. Para ello se preparó 100 mL de solución de DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo) en metanol 50 mg/L. Luego se preparó una solución de metanol y los extractos en una concentración de 200 mg/10ml, que fue la solución A. Para el blanco de muestra se preparó 0,75 ml de muestra de la solución A y 1,5 mL de metanol. Posteriormente se preparó el patrón de referencia con 1,5 ml de DPPH y 0,75 ml de agua ultra pura. En seguida se preparó la muestra con 0,75 ml de solución A y de DPPH 1,5 ml, se dejó en reposo por un tiempo de 5 minutos. El DPPH cuenta con un electrón desapareado y es de color violeta, que cuando ésta en contacto con los antioxidantes se torna de color amarillo pálido; para el monitoreo de la absorbancia se utilizó un espectrofotómetro a una longitud de 515 nm. Con los valores obtenidos de la absorbancia se calculó el porcentaje de captación de radicales libres (Mesa, y otros, 2015). Para ello se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Capacidad Antioxidante (\%)} = \left[1 - \frac{A_2 - A_3}{A_1} \right] * 100$$

Donde:

A1: Absorbancia del patrón de referencia

A2: Absorbancia de la muestra

A3: Absorbancia del blanco de muestra

Determinación de índice de saponificación

En un matraz Erlenmeyer de 250 mL, se colocó 5 g de aceite; luego, se agregó 50 mL de solución alcohólica de hidróxido de potasio (KOH) al 10,5N y se sometió a reflujo en un sistema Soxhlet, durante 30 min (procesos de saponificación) (Chaterjea & Shinde, 2012). Luego se dejó enfriar, para proceder a titular el KOH residual con cloruro de hidrógeno (HCl) 0,5 N. Se hace una determinación en blanco. Finalmente se calculó usando la siguiente ecuación:

$$IS = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 56,1 \text{ g/eq}}{G}$$

Donde:

V_1 : HCl gastado en la valoración del ensayo en blanco (mL).

V_2 : HCl gastado en la valoración de la muestra (mL).

N : Normalidad de la solución HCl (0,5N).

G : Peso de la muestra en gramos (g).

Determinación de índice de refracción

Para determinar el índice de refracción se colocó una gota de agua destilada para calibrar el refractómetro tipo Abbe, modelo 2WAJ, posteriormente se puso una gota de aceite de la muestra sobre la lámina del refractómetro y se cerró al instante, para luego de un minuto hacer la lectura respectiva.

Determinación de índice de acidez

Para ello se pesó 4 gramos de la muestra debidamente homogeneizada en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Luego se añadió 50 ml de etanol, para que posteriormente agreguemos unas gotas de indicador de fenolftaleína. Se procedió a titular con NaOH 0,1 N hasta lograr que la solución llegue a un ligero color rosa. El gasto del hidróxido de sodio se anotó y se calculó usando la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{G \times N \times 56,1}{W}$$

Donde:

G : Gasto de Hidróxido de Sodio.

N : Normalidad tiosulfato

W : Peso de la muestra

Determinación de índice de peróxido

Las muestras de aceite fueron pesadas en un matraz Erlenmeyer de 250 mL (0,062 gramos). A la muestra de aceite se añadió 30 ml de solución HOAC- CHCl_3 y se agito hasta lograr disolver por completo. Luego se añadió 0,5 mL de solución de

yoduro de potasio (KI), se agito y se dejó por 2 minutos en un ambiente oscuro, y luego se añadió agua destilada (30 mL). Una vez retirado del ambiente oscuro al instante se añadió el yodo liberado con tiosulfato 0,1 N; se agitó hasta que el color amarillo se torne un color medio blanquecino. Posteriormente se agregó 0,5 ml de solución al 1% de almidón y se tituló, y al finalizar se agito vigorosamente para que la capa de cloroformo quede sin yodo hasta que desaparezca el color azulino (Bernardini, 1981). Se corrió un blanco conjuntamente con la muestra. Para los cálculos se efectuó la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Peróxido} = \frac{VxNx1000}{\text{peso de muestra}}$$

2.3. Análisis de datos

Para el procesamiento de los datos obtenidos a nivel descriptivo, se utilizó medias, tablas y gráficos propios de la estadística descriptiva de análisis univariado. Para evaluar la diferencia entre la actividad antioxidante de las muestras de siete especies se empleó la prueba paramétrica de análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples de Duncan, con un nivel de significancia de 0,05, utilizando el paquete estadístico SPSS V.26.

III. RESULTADOS

3.1. Capacidad antioxidante

Se encontró diferencias significativas ($p=0,05$) en la actividad antioxidante de los aceites extraídos de siete semillas de frutos distintos (Figura 1 y Tabla 1). El aceite extraído de semillas de *S. betaceum* tuvo la mayor actividad antioxidante (prueba Duncan, $p=0,05$), luego hay un segundo grupo que podría catalogarse como de actividad antioxidante media (35-46 %) conformado por los aceites extraídos de *P. tripartita*, *P. eduli* y *V. pubescens*. El tercer grupo y con menor actividad antioxidante fueron los aceites de semillas de *V. weberbaueri harms*, *P. peruviana* y *S. purpurea* (19-21%).

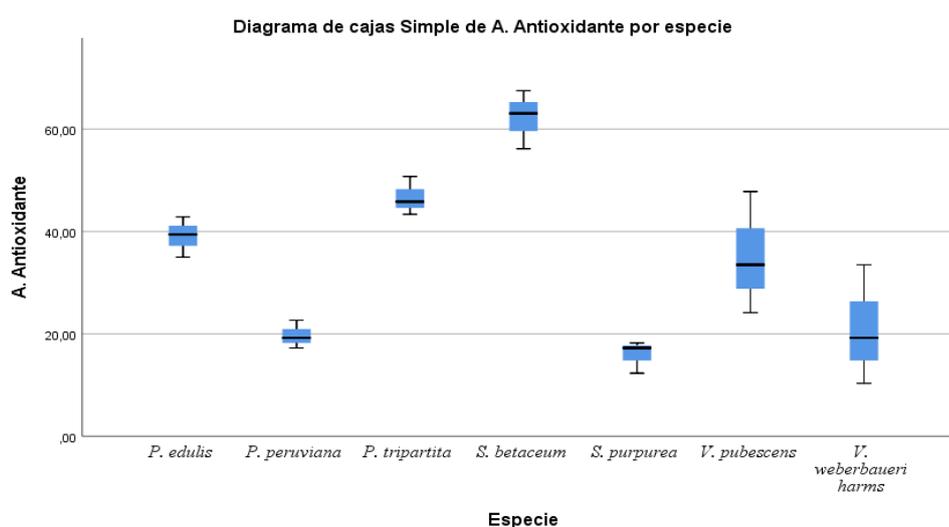


Figura 1. Capacidad antioxidante de aceites extraídos de siete semillas distintas

Consecuentemente, los aceites extraídos de las semillas de las siete especies frutales tienen una muy variada actividad antioxidante (15 hasta 62%) y la semilla cuyo aceite tuvo mayor valor, es una semilla generalmente consumida con la fruta en fresco (*S. betaceum*). Por otro lado, observamos que el valor antioxidante más bajo, fue del aceite de la semilla que de ningún modo puede ser considerada comestible (*S. purpurea*).

Tabla 1. Prueba de comparaciones múltiples de Duncan para la actividad antioxidante de aceites extraídos de siete semillas diferentes

		A. Antioxidante			
Muestra		N	Subconjunto		
			1	2	3
Duncan^{a,b}	<i>S. purpurea</i>	No comestible	3	15,92775	
	<i>P. peruviana</i>	Comestible	3	19,70443	
	<i>V. weberbaueri</i>	Comestible	3	21,01806	
	<i>V. pubescens</i>	Comestible	3		35,13957
	<i>P. edulis</i>	Comestible	3		39,08046
	<i>P. tripartita</i>	Comestible	3		46,63383
	<i>S. betaceum</i>	Comestible	3		62,23317
	Sig.			0,422	0,082

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 51,168.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = ,05.

3.2. Índice de saponificación

Se encontró diferencias significativas ($p=0,05$) en los índices de saponificación de los aceites extraídos de siete semillas de frutos distintos (Figura 2 y Tabla 2). Todos los aceites tuvieron un elevado índice de saponificación (>60) con excepción de *S. purpurea* (15).

Tal como se observa en la tabla 2, hay seis grupos bien diferenciados ($p=0,05$) y los dos aceites con mayor índice de saponificación tiene valores estadísticamente iguales (*P. edulis* y *V. weberbaueri*) con más de 84.

De manera similar a la actividad antioxidante, *S. pupurea*, semilla no comestible es la que menor índice de saponificación tuvo y las semillas comestibles obtuvieron valores hasta cuatro veces superiores a ésta (Tabla 2).

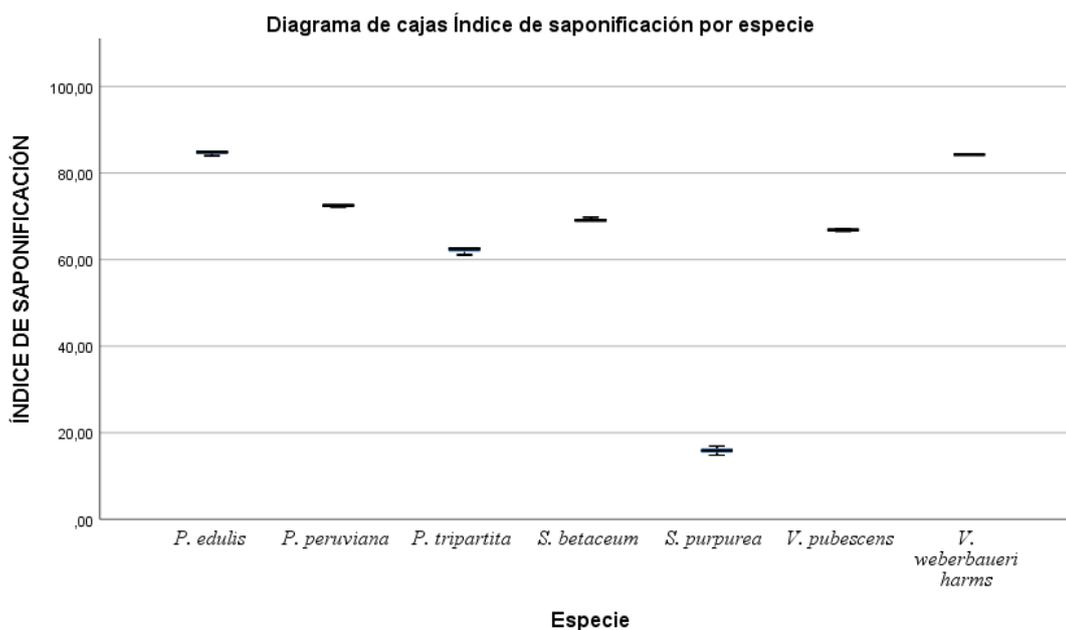


Figura 2. Índice de saponificación de aceites extraídos de siete semillas distintas

Tabla 2. Prueba de comparaciones múltiples de Duncan para el índice de saponificación de aceites extraídos de siete semillas diferentes

		Índice de saponificación						
Muestra	N	Subconjunto						
		1	2	3	4	5	6	
Duncan^{a,b}	<i>S. purpurea</i>	3	15,8775					
		3		62,0248				
	<i>P. tripartita</i>	3			66,8674			
	<i>V. pubescens</i>	3				69,29442		
	<i>S. betace</i>	3					72,3832	
	<i>P. peruviana</i>	3						84,2947
	<i>V. weberbaueri</i>	3						
	<i>P. edulis</i>	3						84,5540
			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,593
Sig.								

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,336.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = ,05.

3.3. Índice de refracción

No se encontró diferencias significativas ($p=0,05$) en los índices de refracción de los aceites extraídos de las siete semillas y los valores oscilaron entre 1,460 y 1,710 (Figura 3).

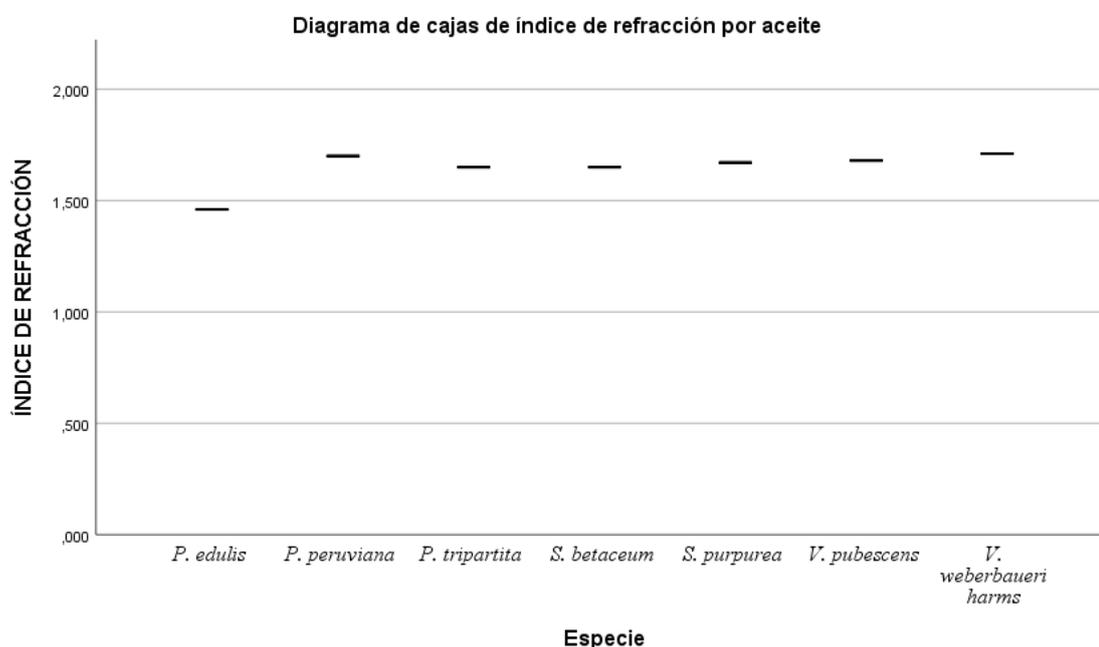


Figura 3. Índice de refracción de aceites extraídos de siete semillas distintas

3.4. Índice de acidez

Se encontró diferencias significativas ($p=0,05$) en los índices de acidez de los aceites extraídos de siete semillas de frutos distintos (Figura 4 y Tabla 3). Sin embargo, todos los aceites tuvieron niveles de acidez muy bajos (indicadores de baja oxidación). Teniendo en cuenta que mientras más bajo índice de acidez mejor será el aceite, las semillas de *S. purpurea* tuvieron aceites más estables e iguales a *P. edulis* (grupo 1), seguidos por *P. peruviana* y *V. pubescens* (grupo 2), luego *S. betaceum* (grupo 3), *P. tripartita* (grupo 4) y finalmente *V. weberbaueri* (grupo 5).

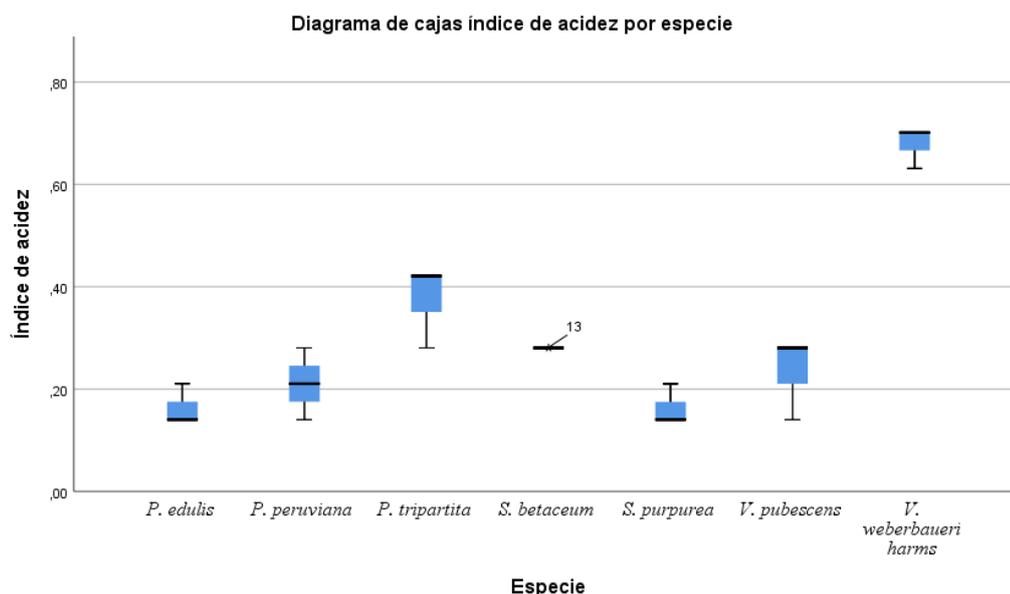


Figura 4. Índice de acidez de aceites extraídos de siete semillas distintas

Tabla 3. Prueba de comparaciones múltiples de Duncan para el índice de acidez de aceite extraídos de siete semillas distintas

		Índice de acidez				
	Muestra	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
Duncan ^{a,b}	<i>S. purpurea</i>	3	0,16342			
	<i>P. edulis</i>	3	0,16363			
	<i>P. peruviana</i>	3	0,21038	0,21038		
	<i>V. pubescens</i>	3	0,23375	0,23375		
	<i>S. betaceum</i>	3		0,28050	0,28050	
	<i>P. tripartita</i>	3			0,37400	
	<i>V. weberbaueri</i>	3				0,67788
	Sig.			0,186	0,176	0,065

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,336.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = ,05.

3.5. Índice de peróxido

Se encontró diferencias significativas ($p=0,05$) en los índices de peróxido de los aceites extraídos de siete semillas de frutos distintos (Figura 5 y Tabla 4). Los valores calculados en mili equivalente de oxígeno presente en un kg de aceite (meqO/kg), permite conocer la estabilidad de cada uno de los aceites estudiados. El aceite más estable fue el extraído de semillas de *V. weberbaueri* (16,13 meqO/kg) y el más inestable (o más oxidado), fue el aceite extraído de las semillas de *V. pubescens* (126,34 meqO/kg). Se encontró siete grupos bien distribuidos mediante la prueba estadística de comparaciones múltiples de Duncan, tal como se puede observar en la tabla 4.

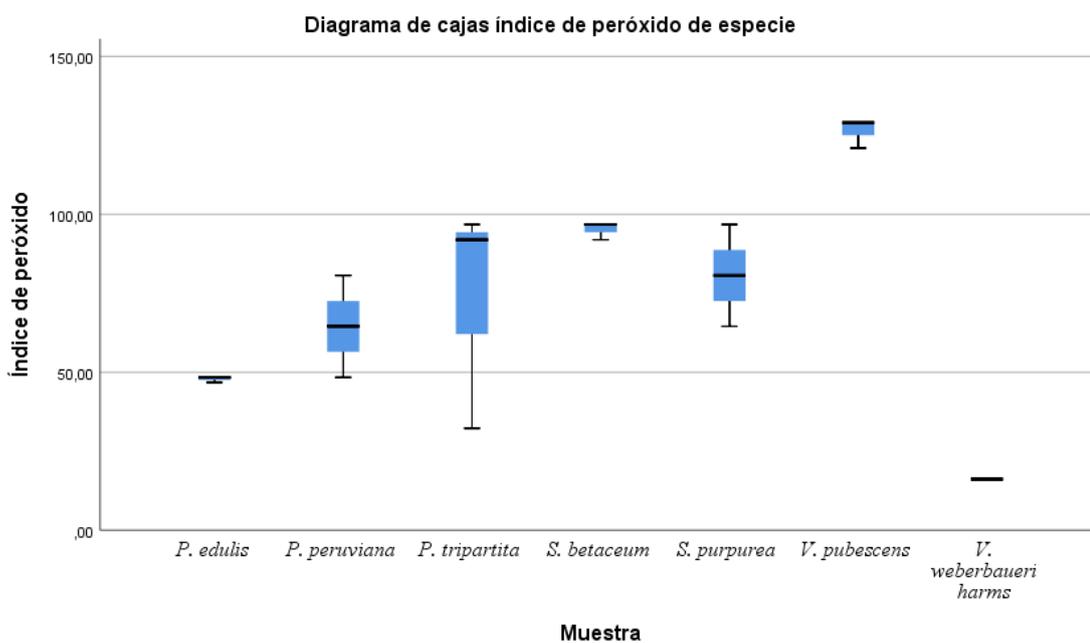


Figura 5. Índice de peróxido de aceites extraídos de siete semillas distintas

Tabla 4. Prueba de comparaciones múltiples para el índice de peróxido de siete semillas.

		Índice de peróxido					
Muestra	N	Subconjunto					
		1	2	3	4	5	
Duncan^{a,b}	<i>V. weberbaueri</i>	3	16,1290				
	<i>P. edulis</i>	3		47,8495			
	<i>P. peruviana</i>	3		64,5161	64,5161		
	<i>P. tripartita</i>	3		73,6559	73,6559	73,6559	
	<i>S. purpurea</i>	3			80,6451	80,6451	
	<i>S. betaceum</i>	3				95,1613	
	<i>V. pubescens</i>	3					126,3441
	Sig.		1,000	0,085	0,267	0,145	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 263,119.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = ,05.

IV. DISCUSIÓN

El aceite de semilla de *S. betaceum*, tuvo la mayor actividad antioxidante en el ensayo *in vitro*, teniendo en cuenta que ésta fruta es generalmente consumida con las semillas incluidas, ésta información aporta a los conocimientos que se tiene sobre las bondades de la fruta (pulpa y zumo), cuya capacidad antioxidante ha sido muy estudiada. Debido a que los componentes con mayor actividad antioxidante presentes en los aceites vegetales, son los tocoferoles y otros fenoles (Sánchez, Fernández, & Nolasco, 2017); podría suponerse que el aceite de semilla de *S. betaceum* es rico en éstos compuestos.

El aceite de semillas de *S. purpurea*, tuvo baja actividad antioxidante y bajo índice de saponificación, indicador claro de su bajo potencial para la industria alimentaria; no obstante podría contener otros compuestos no grasos con relevancia alimenticia (Franco-Mora, Salomón-Castaño, Morales, & Castañeda-Vildózola, 2015). También puede ser evaluado como fuente para la obtención de biocombustibles (Benavides, Benjumea, & Pashova, 2007).

Todos los aceites presentaron índice de acidez menores al 1%, valor límite para los aceites extra vírgenes según Normas del CODEX, claro indicador de que los aceites de las siete semillas estudiadas de muy buena calidad y que si se emplearía técnicas de extracción a menores temperaturas podría obtenerse mejores resultados aún.

Los valores elevados de índice de peróxido en todos los aceites evaluados (>16 meq O₂/kg), podría deberse a la técnica de extracción, debido a que Soxhlet requiere de calentamiento para recircular el solvente, por lo tanto la extracción no se realiza en frío, como si se hace en los aceites extra virgen de otras fuentes (comerciales) en donde se encuentra valores inferiores a 10 meq O₂/kg (Chasquibol, Guinda, del Águila, Yácono, & Pérez, 2013). Sólo el aceite extraído de las semillas de *V. weberbaueri*, tuvo un índice de peróxido por debajo del límite determinado para aceite de *P. volubilis* (sachainchi) según Normas del CODEX.

V. CONCLUSIONES

Debido a su actividad antioxidante, los aceites extraídos de las semillas de *V. pubescens*, *V. weberbaueri*, *S. betaceum*, *P. edulis*, *P. peruviana*, *P. tripartita*, tienen un elevado potencial para ser empleados en alimentación humana y desarrollo de alimentos, y; el aceite extraído de las semillas de *S. purpurea*, con mayores estudios podría ser empleado en el desarrollo de biocombustibles u otras aplicaciones no alimentarias.

Los siete aceites evaluados tuvieron índices de acidez, refracción y saponificación dentro del límite estipulado por la Norma Técnica Peruana para aceites vírgenes.

Sólo el aceite extraído de semillas de *V. weberbaueri*, obtuvo un índice de peróxido menos a 10 meq O₂ /kg, los que le confiere una elevada estabilidad oxidativa.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios fitoquímicos, para determinar la composición y tener información más precisa sobre el potencial agroindustrial de los siete aceites estudiados.

Ejecutar trabajos de toxicidad para determinar su potencial uso en alimentos u otras industrias.

Puesto que el lugar de procedencia pudo influir en los resultados, evaluar aceites de la misma especie cultivada en distintos lugares.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd, G., Ammar, M. S., & Hegazy, A. E. (2010). Use of Olive Waste Cake Extract as a Natural Antioxidant for Improving the Stability of Heasted Sunflower Oil . *World Applied Sciences Journal*, 106-113.
- Barros, C. (2009). *Los aditivos en la alimentación de los españoles y la legislación que regula su autorización y uso* (Segunda ed.). Visión Libros.
- Benavides, A., Benjumea, P., & Pashova, V. (2007). El biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo para motores diesel. *Dyna*, 141-150. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49615302.pdf>
- Bernardini. (1981). *Tecnología de aceites y grasas* . Madrid : Alhambra.
- Chasquibol, N., Guinda, A., del Águila, C., Yácono, J. C., & Pérez, M. (2013). Estudios preliminares sobre la caracterización de aceites de semillas de sachainchi (*Plukenetia huayllabambana*), cultivada en la provincia de Rodríguez de Mendoza, Departamento de Amazonas, Perú. Obtenido de <http://conferencia2013.consortio.edu.pe/wp-content/uploads/2014/09/1.-Chasquibol.pdf>
- Chatterjea, M., & Shinde, R. (2012). *Textbook of Medical Biochemistry* (Octava ed.). Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Chau, C. F., & Huang, Y. L. (2004). Characterization of passion fruit seed libres a potential fibre source . *Food Chemistry* , 189-194.
- Chen, Y. (2006). *Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extract from guava*. Obtenido de [www.researchgate.net/publication/222429570_Antioxidant_activity_and_free_r](http://www.researchgate.net/publication/222429570_Antioxidant_activity_and_free_radical-)adical-
- Contreras, C., & Calderon, J. (2010). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International, In Press, Corrected Proof*.
- Coultate, T. (2002). *Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos* . Zaragoza: Acribia.
- Cuerda, C. (2011). Antioxidantes y diabetes mellitus. *SCielo*, 68-78.
- Franco-Mora, O., Salomón-Castaño, J., Morales, A. A., & Castañeda-Vildózola, Á. R.-A. (2015). Ácidos grasos y parámetros de calidad del aceite de semilla de uva silvestre (*Vitis* spp.). *Scientia Agropecuaria*, 271-278. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.04>

- Holub, B. (2002). Clinical Nutrition. Omega-3 Fatty Acids in Cardiovascular Care. *CMAJ*, 608-615.
- Jones, P. (2002). Clinical Nutrition. Functional foods-More Than Just Nutrition. *CMAJ*.
- Mesa, A., Zapata, S., Arana, L., Zapata, I., Monsalve, Z., & Rojana, B. (2015). Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de *Ageratum conyzoides* L. *REDALYC*, 1-10.
- Morton, J. F. (1987). Banana Passionfruit-Fruits of warm climates. Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/banana_passion_fruit.html
- Muños, A., Ramos, F., Alvarado, C., Castañeda, B., Barnet, E., Yáñez, J., & Cajaleón, D. (2010). Evaluación del contenido de fitoesteroles, compuestos fenólicos y métodos químicos para determinar la actividad antioxidante en semilla de Sacha Inchi. *SCielo*, 634-1810.
- Murga, R., Sanz, M. T., Beltrán, S., & Cabezas, J. L. (2002). Solubility of some phenolic compounds contained in grape seeds, in supercritical carbon dioxide. *The journal of supercritical fluids*, 113-121.
- Pariona, N. (2008). *Obtención de ácidos grasos del aceite de la Plukenetia volubilis L. "sacha inchi" para la utilización en la industria y estudio fotoquímico cualitativo de la almendra. Tesis Ing. Qca. Lima, Perú.* Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Puente, L. A., Pinto, C., Castro, E., & Cortes, M. (2010). Physalis peruviana Linnacus, the multiple properties of a highly functional fruit. *Food Research International*, *In Press, Corrected Proof*.
- Ramadan, M., & Morsel, J. (2008). Impact of enzymatic treatment on chemical composition, physicochemical properties and radical scavenging activity of goldenberry (*Physalis peruviana*) juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1445-1458.
- Repo, d. C., & Encina, Z. C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Rev Soc Quim Perú*(74 (2)), 108-124.
- Rodriguez, U. S. (2007). Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Revista Médica Vallejana*, 43-53.
- Sánchez, R. J., Fernández, M. B., & Nolasco, S. M. (2017). Potente antioxidante en aceites de canola comerciales de Argentina. *Acetes y Grasas*, 320-323.
- Selani, M. M., Contreras, C. J., Shirahigue, L. D., Gallo, C. R., Plata, M., & Montes, N. D. (2011). Wine industry residues extracts as natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. *Meat Science*, 397-403.

ANEXOS



Figura 6. Recolección de frutos de *Vasconselleas pubescens*



Figura 7. Recolección de frutos de *Vasconcellea weberbaueri harms*



Figura 8. Extracción de las semillas



Figura 9. Secado de las semillas



Figura 10. Uso del mortero para la trituración de las muestras



Figura 11. Muestras trituradas para ser colocadas en el papel filtro para su posterior extracción



Figura 12. Extracción del aceite usando éter de petróleo, usando la técnica de Soxhlet



Figura 13. Muestras listas para medir la actividad antioxidante



Figura 14. Soluciones preparadas por triplicado por cada muestra para medir la absorbancia en el espectrofotómetro



Figura 15. Preparación de las soluciones para medir el índice de saponificación



Figura 16. Muestras sometidas a reflujo por un tiempo de 30 minutos, para que complete la saponificación



Figura 17. Muestras en reposo para disminuir la temperatura después del proceso de reflujo

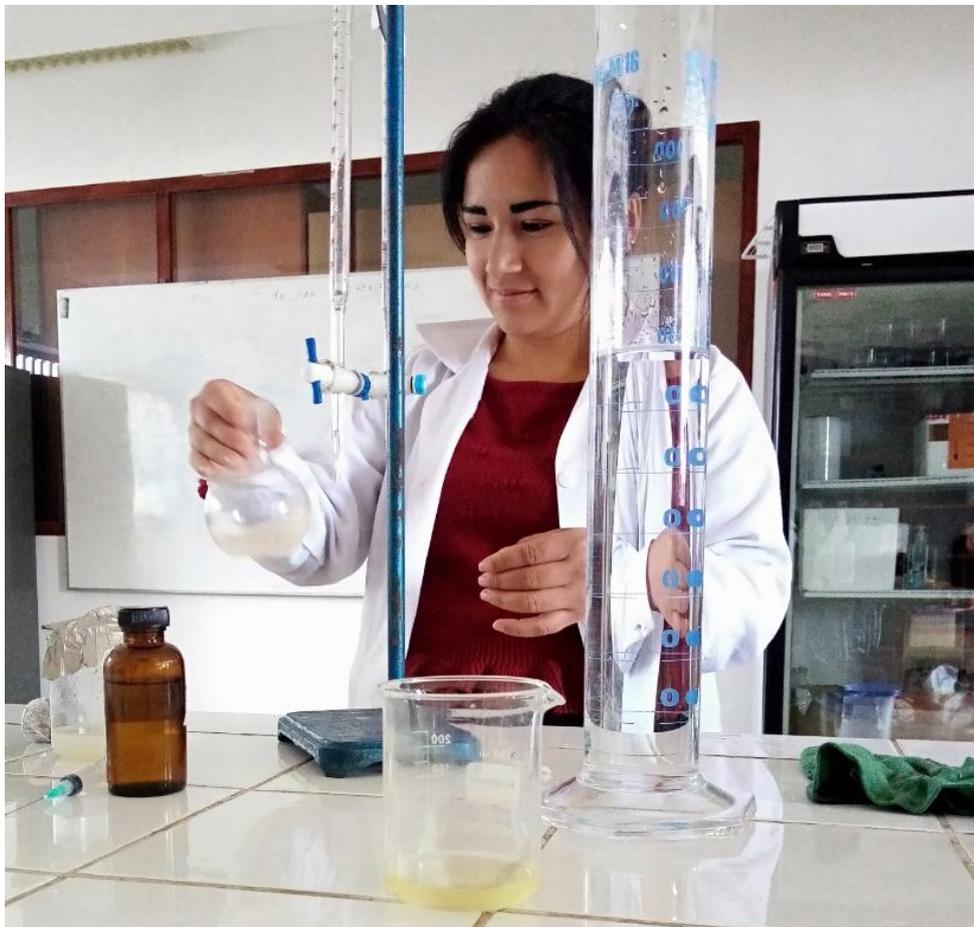


Figura 18. Titulación del exceso con cloruro de hidrogenal 0,5 N



Figura 19. Refractómetro utilizado para la determinación de índice de refracción



Figura 20. Análisis de índice de acidez.



Figura 21. Preparación de las muestras para el análisis de índice de peróxidos

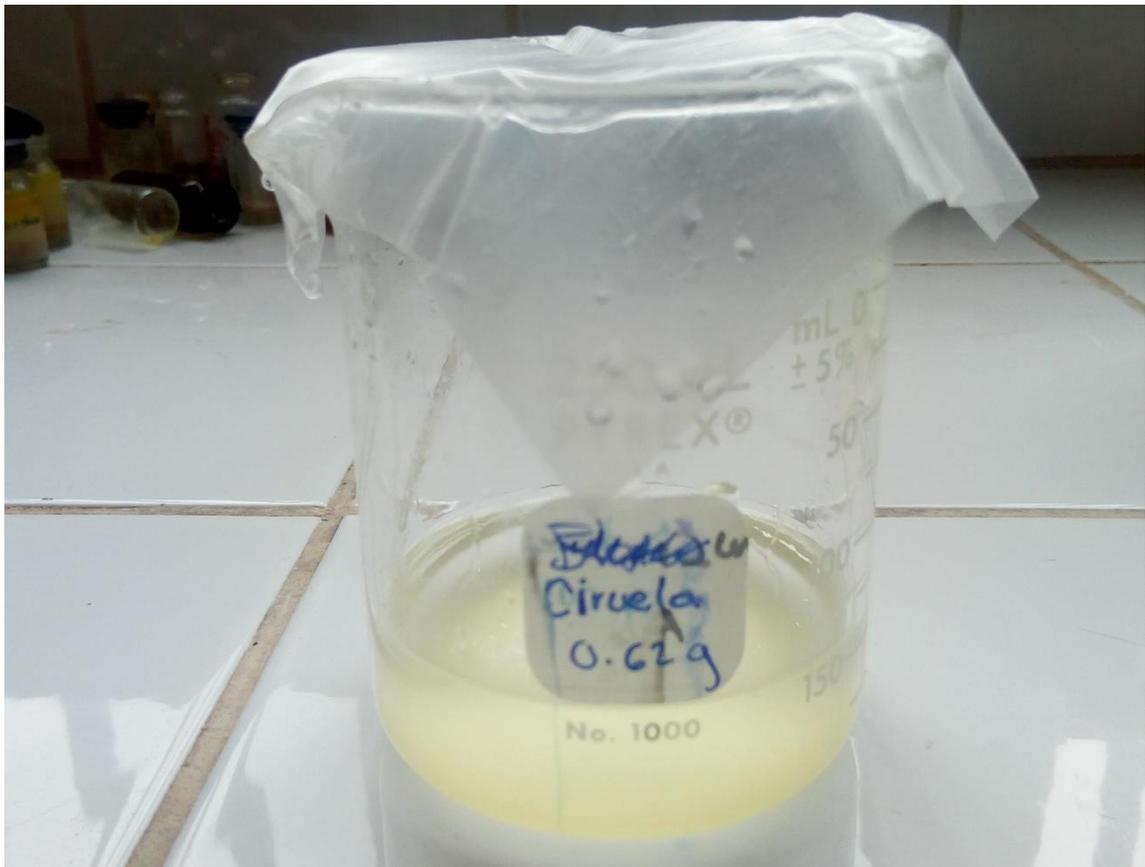


Figura 22. Reacción del yodo liberado con tiosulfato 0,1N en el proceso de determinación del índice de peróxido.

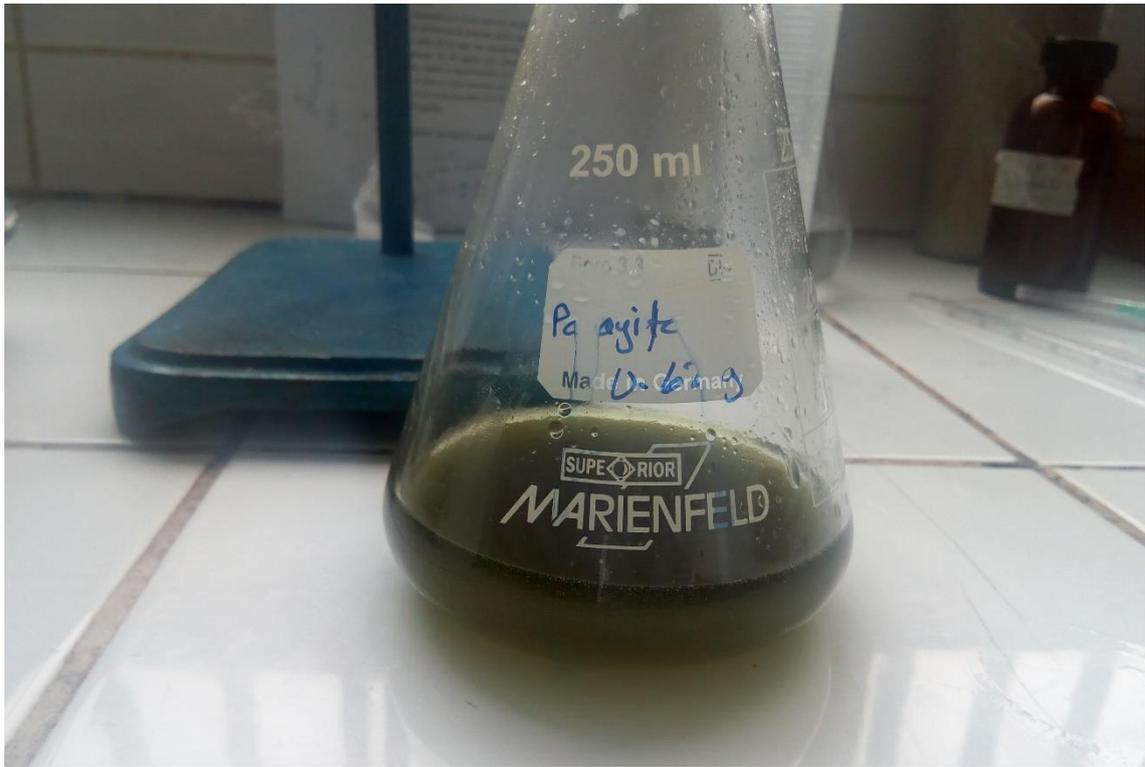


Figura 23. Reacción del almidón al 1%



Figura 24. Muestras sin cloroformo al finalizar la titulación