

ANEXO 3
BIBLIOTECA ALFONSO BORRERO CABAL, S.J.
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO
FORMULARIO

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS DOCTORAL O TRABAJO DE GRADO						
DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE HIBRIDO DE PALMA EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACION						
SUBTÍTULO, SI LO TIENE						
AUTOR O AUTORES						
Apellidos Completos			Nombres Completos			
Gómez Salguero			Daniela			
DIRECTOR (ES) TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO						
Apellidos Completos			Nombres Completos			
Ojeda Arredondo			Myriam			
Lucci			Paolo			
FACULTAD						
CIENCIAS						
PROGRAMA ACADÉMICO						
Tipo de programa (seleccione con "x")						
Pregrado	Especialización	Maestría	Doctorado			
x						
Nombre del programa académico						
Nutrición y Dietética						
Nombres y apellidos del director del programa académico						
Martha Constanza Lievano Fiesco						
TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:						
Nutricionista Dietista						
PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial):						
CIUDAD		AÑO DE PRESENTACIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO			NÚMERO DE PÁGINAS	
Bogotá		2014			63	
TIPO DE ILUSTRACIONES (seleccione con "x")						
Dibujos	Pinturas	Tablas, gráficos y diagramas	Planos	Mapas	Fotografías	Partituras
		X				
SOFTWARE REQUERIDO O ESPECIALIZADO PARA LA LECTURA DEL DOCUMENTO						
<p>Nota: En caso de que el software (programa especializado requerido) no se encuentre licenciado por la Universidad a través de la Biblioteca (previa consulta al estudiante), el texto de la Tesis o Trabajo de Grado quedará solamente en formato PDF.</p>						
Lectura del documento en formato PDF						
MATERIAL ACOMPAÑANTE						
TIPO	DURACIÓN (minutos)	CANTIDAD	FORMATO			
			CD	DVD	Otro ¿Cuál?	
Vídeo	--	--				

Audio	--	--			
Multimedia	--	--			
Producción electrónica	--	--			
Otro Cuál?	--	--			
DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVE EN ESPAÑOL E INGLÉS					
Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. <i>(En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Sección de Desarrollo de Colecciones de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J en el correo biblioteca@javeriana.edu.co, donde se les orientará).</i>					
ESPAÑOL			INGLÉS		
ACEITE DE HIBRIDO DE PALMA			HYBRID PALM OIL		
CONTENIDO DE FENOLES TOTALES			TOTAL PHENOL CONTENT		
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE			ANTIOXIDANT CAPACITY		
ESTADOS DE MADURACION			RIPENING STAGES		
RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS (Máximo 250 palabras - 1530 caracteres)					
<p>Resumen</p> <p>Los antioxidantes de la dieta han sido relacionados con la prevención de las enfermedades crónico degenerativas, por lo que es importante analizar la capacidad antioxidante de los alimentos teniendo en cuenta los factores que pueden afectar dicha capacidad. El objetivo de este estudio fue analizar el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante del Aceite de Hibrido de Palma (AHP) en cuatro estados de maduración diferentes. Para la determinación del contenido de fenoles se utilizó el método de Folin-Ciocalteu y para determinar la capacidad antioxidante se utilizaron los métodos Capacidad Antioxidante Equivalente Trolox (TEAC) y Capacidad de Absorción de Radicales de Oxígeno (ORAC). Los resultados mostraron diferencias significativas ($p=0.002$ $p<0.05$) en el contenido de fenoles con respecto al estado de maduración con una correlación negativa significativa que indico que a mayor estado de maduración menor era el contenido de fenoles. Para los métodos TEAC y ORAC los resultados también mostraron diferencias significativas ($p<0,001$) en donde la capacidad antioxidante disminuyó a mayor estado de maduración, siendo el estado de maduración con mayor capacidad antioxidante la semana 18. Se concluyó que el proceso de maduración afecta el contenido de fenoles y la capacidad antioxidante del Aceite de Hibrido de palma, en donde la mayor capacidad antioxidante y contenido de fenoles se encuentra en estadios tempranos de la maduración del fruto.</p> <p>Abstract</p> <p>The antioxidant compounds consumed through the diet have been related with the prevention of chronic disease, therefore it is important to study the antioxidant capacity of foods and all the factors that can affect it. The aim of this study was to determine the phenol total content and the antioxidant capacity of the Hybrid Palm oil in four different ripening stages. In order to accomplish this, the Folin-Ciocalteu (FCR), the Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) and the Oxygen Radical Absorbency Capacity (ORAC) methods were used. The results showed that there were significant differences ($p=0.002$ $p<0.05$) between the total phenol content through the different ripening stages with a negative correlation that indicated that the total phenol content decreased as the ripening increased. The results by the TEAC and ORAC methods showed a significant difference ($p<0,001$) between the antioxidant capacity and the ripening stages, in which the antioxidant capacity decreased as the ripening stages increased. Overall the methods indicated that the ripening stage with the most antioxidant capacity and total phenol content was the one from week 18. Finally, it was concluded that the ripening process does affect the antioxidant capacity and total phenol content of the Hybrid Palm oil and these are more present in early ripening periods.</p>					

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE HIBRIDO DE PALMA EN
DIFERENTES ESTADOS DE MADURACION

DANIELA GOMEZ SALGUERO

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito parcial para optar al título de

NUTRICIONISTA DIETISTA

MYRIAM LUCIA OJEDA ARREDONDO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE
NUTRICIÓN Y DIETÉTICA Bogotá, D. C.

Mayo de 2014

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por qué las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE HIBRIDO DE PALMA EN
DIFERENTES ESTADOS DE MADURACION

DANIELA GOMEZ SALGUERO

APROBADO

Concepción Judith Puerta B., PhD
Decana

Martha Lievano Fiesco ND., MSc
Directora de carrera

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	9
2. MARCO TEORICO	10
2.1 Antioxidante:	10
2.2 Polifenoles:.....	10
2.3 Radical Libre y/o Especie Reactiva de Oxigeno (ERO):	10
2.4 Enfermedades Crónico-Degenerativas:.....	11
2.5 Aceite de palma:	11
2.6 Aceite de Hibrido de Palma (AHP):.....	12
2.6.1 Antecedentes y panorama nacional:.....	12
2.6.2 Características del Aceite Hibrido de Palma:	12
2.7 Métodos de medición de la capacidad antioxidante en los alimentos:.....	13
2.7.1 Estandarización de un método analítico:.....	13
2.7.2 Folin-Ciocalteu (RFC):	13
2.7.3 Capacidad antioxidante equivalente de trolox (TEAC):.....	14
2.7.4 Capacidad de Absorción de Radicales de Oxigeno (ORAC):	14
2.8 Efectos de la maduración en un fruto:	15
3. FORMULACION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	15
3.1 Formulación del problema:	15
3.2 Justificación de la investigación:.....	15
4. OBJETIVOS Y ACTIVIDADES ESPECIFICAS	17
4.1 Objetivo general:	17
4.2 Actividades específicas.....	17
5. HIPOTESIS:	17
6. MATERIALES Y METODOS.....	17
6.1 Diseño de estudio	17
6.2 Variables del estudio:.....	17
6.3 Métodos	18
6.3.1 Obtención de la muestra:	18
6.3.2 Preparación de la muestra:	18
6.4. Materiales.....	18
6.4.1 Reactivos para método TEAC:	18
6.4.2 Reactivos para método FRC:.....	18

6.4.3 Reactivos para método ORAC:.....	19
6.4.4 Equipos:	19
6.4.5 Material de laboratorio:	19
6.5 Estandarización de los métodos y medición de las muestras	19
6.5.1 Contenido de Fenoles:.....	19
6.5.2 Capacidad Antioxidante por TEAC:	19
6.5.3 Capacidad Antioxidante por ORAC:	20
6.6 Análisis estadístico:	20
7. RESULTADOS.....	20
7.1 Contenido de Fenoles.....	20
7.2 Capacidad Antioxidante por TEAC	22
7.3 Actividad Antioxidante por ORAC	23
7.4 Correlación entre el contenido total de fenoles y la capacidad Antioxidante del AHP	24
8. DISCUSIÓN	25
9. CONCLUSIONES	29
10. RECOMENDACIONES.....	29
11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	29
12. ANEXOS	36

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla 1. Comparación del perfil de ácidos grasos del aceite de palma y el aceite de palma OxG	12
Tabla 2. Comparación de los contenidos de tocoferoles y tocotrienoles de los aceites de palma y el aceite de palma O x G	13
Tabla.3 Contenido de carotenos y vitamina E de los aceite de palma y aceite OxG	13
Tabla 4. Contenido de fenoles en los diferentes estados de maduración por RFC	21
Tabla 5. Capacidad antioxidante en los diferentes estados de maduración por el método TEAC.	23
Tabla 6. Capacidad antioxidante en los diferentes estados de maduración por el método ORAC.	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grafica del contenido de fenoles en los diferentes estados de maduración.	22
Figura 2. Grafica de la capacidad antioxidante en los diferentes estados de maduración por el método TEAC.	23
Figura 3. Grafica de la capacidad antioxidante en los diferentes estados de maduración por el método ORAC.	24
Figura 4. Grafica de la correlación entre el contenido total de fenoles y la capacidad antioxidante por ORAC.	25
Figura 5. Grafica de la correlación entre el contenido total de fenoles y la capacidad antioxidante por TEAC	25

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Esquema para el desarrollo del método RFC y curva de calibración	36
Anexo 2. Matriz de los resultados por el método RFC	37
Anexo 3. Esquema para el desarrollo del método TEAC y curva de calibración	38
Anexo 4. Matriz de los resultados por el método TEAC	39
Anexo 5. Esquema para el desarrollo del método ORAC y curva de calibración	40
Anexo 6. Matriz de los resultados por el método ORAC	41
Anexo 7. Análisis estadístico para el método RFC	42
Anexo 8. Análisis estadístico para el método TEAC	49
Anexo 9. Análisis estadístico para el método ORAC	56
Anexo 10. Análisis estadístico de la correlación entre el contenido total de fenoles (RFC) y la capacidad antioxidante por TEAC	63
Anexo 11. Análisis estadístico de la correlación entre el contenido total de fenoles (RFC) y la capacidad antioxidante por ORAC	63

Resumen

Los antioxidantes de la dieta han sido relacionados con la prevención de las enfermedades crónicas degenerativas, por lo que es importante analizar la capacidad antioxidante de los alimentos teniendo en cuenta los factores que pueden afectar dicha capacidad. El objetivo de este estudio fue analizar el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante del Aceite de Híbrido de Palma (AHP) en cuatro estados de maduración diferentes. Para la determinación del contenido de fenoles se utilizó el método de Folin-Ciocalteu y para determinar la capacidad antioxidante se utilizaron los métodos Capacidad Antioxidante Equivalente Trolox (TEAC) y Capacidad de Absorción de Radicales de Oxígeno (ORAC). Los resultados mostraron diferencias significativas ($p=0.002$ $p<0.05$) en el contenido de fenoles con respecto al estado de maduración con una correlación negativa significativa que indicó que a mayor estado de maduración menor era el contenido de fenoles. Para los métodos TEAC y ORAC los resultados también mostraron diferencias significativas ($p<0,001$) en donde la capacidad antioxidante disminuyó a mayor estado de maduración, siendo el estado de maduración con mayor capacidad antioxidante la semana 18. Se concluyó que el proceso de maduración afecta el contenido de fenoles y la capacidad antioxidante del Aceite de Híbrido de palma, en donde la mayor capacidad antioxidante y contenido de fenoles se encuentra en estadios tempranos de la maduración del fruto.

Abstract

The antioxidant compounds consumed through the diet have been related with the prevention of chronic disease, therefore it is important to study the antioxidant capacity of foods and all the factors that can affect it. The aim of this study was to determine the phenol total content and the antioxidant capacity of the Hybrid Palm oil in four different ripening stages. In order to accomplish this, the Folin-Ciocalteu (FCR), the Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) and the Oxygen Radical Absorbency Capacity (ORAC) methods were used. The results showed that there were significant differences ($p=0.002$ $p<0.05$) between the total phenol content through the different ripening stages with a negative correlation that indicated that the total phenol content decreased as the ripening increased. The results by the TEAC and ORAC methods showed a significant difference ($p<0,001$) between the antioxidant capacity and the ripening stages, in which the antioxidant capacity decreased as the ripening stages increased. Overall the methods indicated that the ripening stage with the most antioxidant capacity and total phenol content was the one from week 18. Finally, it was concluded that the ripening process does affect the antioxidant capacity and total phenol content of the Hybrid Palm oil and these are more present in early ripening periods.

1. INTRODUCCION

En el pasado, el estudio de los compuestos antioxidantes estaba enfocado principalmente al uso de estos en la industria alimentaria como aditivos protectores contra los daños oxidativos que pueden ocurrir durante el proceso de producción y almacenamiento de los alimentos. Sin embargo, últimamente ha habido un cambio de interés en los investigadores de este campo hacia la función que cumplen los antioxidantes de los alimentos y el impacto que estos tienen sobre la salud humana.

Los antioxidantes son moléculas capaces de oponerse a la oxidación o inhibir reacciones promovidas por el oxígeno, por lo que se cree que estos compuestos al ser ingeridos a través de la dieta tienen la capacidad de proteger a las macromoléculas biológicas contra el daño oxidativo causado por la producción excesiva de radicales libres durante la respiración aeróbica. Entre los compuestos antioxidantes de los alimentos más conocidos figuran los tocoferoles, el ácido ascórbico, los flavonoides, antocianinas, carotenoides, y ácidos fenólicos; en donde investigaciones epidemiológicas han demostrado que existe una relación inversa entre el consumo de alimentos fuentes de estos compuestos y la aparición de enfermedades tales como el cáncer y la enfermedad cardiovascular.

En la última década, uno de los alimentos más investigados es el aceite de oliva ya que, según diferentes estudios, este es fuente importante de antioxidantes como los polifenoles y los flavonoides. No obstante, es necesario resaltar que actualmente tanto la comunidad científica como la industria alimentaria, buscan ofrecer otras opciones de alimentos ricos en antioxidantes a la población como lo es el Aceite de Híbrido de Palma (AHP); que surge del cruzamiento entre las palmas americanas de aceite *Elaeis oleífera* y palma *Elaeis guineensis*. Este aceite, aunque ha sido criticado por su contenido de grasa saturada, estudios demuestran que su consumo aumenta la capacidad antioxidante en las personas de forma similar al aceite de oliva, ya que es fuente importante de antioxidantes como los tocotrienoles, tocoferoles y los β -carotenos. Por lo que el análisis de los compuestos antioxidantes y de la capacidad antioxidante de este aceite entra a jugar un papel importante en la prevención de las enfermedades crónico-degenerativas.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que los compuestos antioxidantes de los alimentos pueden verse afectados por diferentes variables como lo son el tipo alimento, tiempo de almacenamiento, tipo de procesamiento durante la producción, tipo de cultivo, estado de

maduración del fruto, entre otros. Con esto en mente y reconociendo la importancia del papel que juega el aceite híbrido de palma tanto en la industria de agroalimentaria como para los consumidores, el objetivo de este estudio es analizar la capacidad antioxidante del Aceite de Híbrido de Palma en diferentes estados de maduración por medio de tres metodologías complementarias para determinar si la capacidad antioxidante de este aceite varía con respecto a su estado de maduración, y según los resultados poder aportar información significativa que ayude a la industria alimentaria y agrícola a brindar a la población productos de la mejor calidad que aseguren el contenido de antioxidantes en cantidades suficientes para producir un efecto positivo en la salud de aquellos que lo consumen.

2. MARCO TEORICO

2.1 Antioxidante: Es una molécula capaz de prevenir la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de las reacciones oxidativas oxidándose ellos mismos (Venero, 2002). Estos se pueden clasificar en endógenos enzimáticos, que son los producidos por el organismo y los exógenos que ingresan al organismo a través de la dieta. Entre los endógenos se encuentran el Glutathion coenzima Q, la Superoxidodismutasa (SOD), catalasas, y Glutathionperoxidasa (Londoño, 2012). Entre los exógenos se encuentran la Vitamina E, Vitamina C, Vitamina A, Betacarotenos, los tocoferoles, los tocotrienoles y los Polifenoles (Mayor, 2010).

2.2 Polifenoles: Son compuestos naturales de origen vegetal los cuales son sintetizados por las plantas como metabolitos secundarios usualmente como mecanismos de defensa contra patógenos (Barberán, 2003). Los polifenoles se clasifican en cuatro categorías basado en el número de anillos fenólicos y en su estructura, así: ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos (Volkan et al., 2013). Su importancia en la salud se debe a que en los últimos años se ha demostrado que una dieta rica en polifenoles puede disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Quiñones et al., 2012). Estos compuestos tienen la capacidad, gracias a sus características fisicoquímicas, de participar en distintas reacciones metabólicas celulares de óxido-reducción, modular la actividad de diferentes enzimas, interferir consecuentemente en mecanismos de señalización y en distintos procesos celulares; como la disminución de los procesos oxidativos de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), disminución de moléculas de adhesión celular, agregación plaquetaria, lo que disminuyen el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. (Khurana et al., 2013)

2.3 Radical Libre y/o Especie Reactiva de Oxígeno (ERO): Es una especie química que

puede existir de forma independiente y que en su estructura presenta uno o más electrones desapareados que los hace altamente inestables y reactivos capaces de alterar la estructura de proteínas, lípidos y ADN (Jacob, 1996). Un exceso de estas especies reactivas pueden sobrepasar las defensas endógenas de antioxidantes y acumularse hasta niveles tóxicos, por lo que se reconoce que participan en los mecanismos fisiopatológicos de muchas enfermedades como el cáncer, patologías cardiovasculares, entre otras (Mayor, 2010).

2.4 Enfermedades Crónico-Degenerativas: Las enfermedades crónicas son enfermedades de larga duración y por lo general de progresión lenta, pueden ser congénitas o hereditarias, aunque su ocurrencia también puede deberse a factores ambientales como estilos de vida y malos hábitos alimentarios (Kris-Etherton et al.,2002). Entre esas enfermedades se encuentran las enfermedades cardíacas, el cáncer, las enfermedades respiratorias y la diabetes, las cuales son las principales causas de mortalidad en el mundo; siendo responsables del 63% de las muertes en el mundo. Según la OMS, en 2008, 36 millones de personas murieron de una enfermedad crónica, de las cuales la mitad era de sexo femenino y el 29% era de menos de 60 años de edad (OMS, 2010)

2.5 Aceite de palma: Se obtiene del fruto de la palma (*Elaeisguineensis*), originaria del golfo de Guinea, en África Occidental. Se trata de un cultivo de tardío y largo rendimiento ya que su vida productiva puede ser de más de 50 años (Bastidas, 2011). De la palma se utilizan tanto la pulpa como la almendra, de las cuales se pueden extraer dos tipos de aceites que son utilizados en la industria agroalimentaria, industria química, cosmética y más recientemente para agro combustibles (Aceite, 2010). En la actualidad el cultivo de palma se ha extendido por todas las regiones tropicales del mundo por su mayor rendimiento por hectárea, los costos de producción son bajos, y tiene múltiples usos para la industria agroalimentaria (Fedepalma, 2009). Lo que ha convertido al aceite de Palma en la principal fuente de aceite vegetal del planeta con 37 millones de toneladas producidos en el 2013 (Codex Alimentarius, 2011).

En Colombia para el 2008 se contaba con 336, 956 hectareas sembradas con palma de aceite, de las cuales se produjeron 777,548 toneladas de aceite de palma y 178. 302 toneladas de aceite de palmiste (Amado, 2010). Según el presidente Santos, gobernador actual de la nación, para el 2014 se espera superar la meta de 600 mil hectáreas cultivadas con una producción cercana al millón de toneladas de aceite (Avance informativo, 2012).

Desafortunadamente, la palma de aceite es muy susceptible a ser infectada por diferentes microorganismos como la bacteria del genero *Erwinia*, hongos y parásitos que llevan a lo

que comúnmente se llama como la pudrición del Cogolla (PC) (Laing, 2009). Lo que ha llevado a los investigadores a crear una especie de Aceite de Palma resistente a este problema

2.6 Aceite de Híbrido de Palma (AHP):

2.6.1 Antecedentes y panorama nacional: Este nuevo material, es un híbrido interespecífico denominado OxG que surge del cruzamiento entre las palmas americanas de aceite *Elaeis oleífera* y palma *Elaeis guineensis*; proceso que se viene realizando desde la década de los 70 en varias regiones del mundo (Zapata, 2010). Sus inicios comienzan en Malasia hace más de 20 años aunque para la misma época Colombia empezaba a desarrollar algo similar, con la idea de encontrar un material resistente a la Pudrición del Cogollo (Ochoa, 2013).

Las primeras siembras comerciales en Colombia se hicieron en 1998 y para el año 2009 se acordó denominar el aceite extraído de los frutos del híbrido OxG como “Aceite de Palma, Alto Oleico” (Bastidas, 2007). Para el año 2010, había alrededor de 11.000 hectáreas sembradas en las cuatro zonas palmeras del país; siendo el lugar de mayor producción el departamento de Nariño cerca al municipio de Tumaco (Zapata, 2010).

2.6.2 Características del Aceite Híbrido de Palma: Esta especie híbrida se destaca por su resistencia a la pudrición del cogollo (PC), tiene una mejor capacidad de adaptación a condiciones de pantanos, lo que le permite adaptarse a zonas con períodos largos de lluvia e inundación (Codex Alimentarius, 2011). En cuanto al aporte nutricional y en comparación con la palma tradicional, el Aceite de Palma Híbrido tiene más triglicéridos que contienen ácido oleico (54 % vs. 40%), y un menor contenido de ácido palmítico (28,5% vs. 44%), presenta una elevación considerable de los niveles de carotenoides (700-1100 ppm vs. 500-800 ppm). También es una importante fuente natural de tocoferoles, tocotrienoles, esteroides y polifenoles (Zapata, 2010).

Tabla 1. Comparación del perfil de ácidos grasos del aceite de palma y el aceite de palma OxG

Ácidos grasos (%)	Aceite de Palma (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq)		Aceite de Palma % (<i>Elaeis oleífera</i>)	Aceite de palma O x G %	
	Promedio	Rango	Promedio	Promedio	Rango
C12:0 Laurico	0,40	0,4	--	0,39	0,14-0,62
C14:0 Mirístico	1,25	0,5-2,0	0,2	0,6	0,41-0,72
C16:0 Palmítico	44,0	41,0-47,0	18,7	28,5	26,2-30,7
C:16:1 Palmitoléico	--	<0,6	1,6	0,4	0,29-0,47
C18:0 Estearico	4,75	3,5-6,0	0,9	3,5	3,02-3,88
C18:0 Oleico	40,0	36,0-44,0	56,1	54,2	50,0-57,4
C18:2 Linoleico	10,0	8,0-12,0	21,1	11,6	10,4-12,8
C18:3 Linolenico	--	<0,5	1	0,2	0,08-0,42
C20:0 Araquidónico	--	<0,1	Trazas	0,3	0,21-0,37

Copiado y adaptado de Amado 2010 y Zapata 2010

Tabla 2. Comparación de los contenidos de tocoferoles y tocotrienoles de los aceites de palma y el aceite de palma O x G

Componentes (%)	<i>Elaeis guineensis jacq</i>	<i>Elaeis oleifera</i>	O x G
α-tocoferol	21	15	19
γ-tocotrienol	45	54	42
α-tocotrienol	23	27	28
δ-tocotrienol	11	4	9

Tomado y adaptado de Zapata 2010

Tabla.3 Contenido de carotenos y vitamina E del aceite de los aceite de palma y aceite OxG

Antioxidantes (ppm)	<i>Elaeis guineensis jacq</i>	<i>Elaeis oleifera</i>	O x G
Carotenos	4300-4600	500-700	1250-1450
Vitamina E	700-1000	600-1000	600-800

Tomado y adaptado de Amado 2010

2.7 Métodos de medición de la capacidad antioxidante en los alimentos: La determinación de la actividad antioxidante de los alimentos permite predecir el potencial antioxidante de los mismos antes de ser ingeridos; de la misma manera, permite determinar la protección frente a la oxidación y el deterioro del alimento que disminuye su calidad y valor nutricional (Londoño, 2012). La capacidad antioxidante de un sustrato puede ser medida mediante la habilidad de este para interceptar radicales libres por medio de métodos de atrapamiento o secuestro de estos. (Huang, Ou, & Prior, 2005).

La Determinación directa: es la que emplea el radical como un factor de cuantificación. En el ensayo de post-adición se forma el radical en ausencia de la muestra y así, cuando se añade la sustancia antioxidante se produce un descenso en la señal debido a la disminución de la concentración del radical. (ABTS•+, DPPH, etc) (Londoño, 2012).

La Determinación indirecta: se mide a partir de la presencia de radicales libres ya que estos producen la pérdida o aparición de un reactivo, y por tanto, en presencia de un antioxidante se provoca el aumento o disminución de la señal (ORAC, FRAP, etc) (Londoño, 2012).

2.7.1 Estandarización de un método analítico: Hace referencia a la tipificación o ajuste de las variables esperadas (condiciones de lugar de trabajo y características de la muestra a analizar) para un procedimiento de referencia o una normativa para aumentar la eficiencia de un método (Ariza, 2006). Es un proceso que debe efectuarse para ejecutar la aplicación o el desarrollo de métodos analíticos en el laboratorio que demuestren su idoneidad y reproducibilidad (Sequeda, 2010).

2.7.2 Folin-Ciocalteu (RFC): Es un método para determinar los Compuestos Fenólicos

Totales utilizando el reactivo Folin & Ciocalteu (solución de ácido fosfomolibdico y ácido fosfowolfrámico). Los compuestos fenólicos son oxidados a fenolatos, por el reactivo Folin - Ciocalteu en medio alcalino, formando un complejo de molibdeno – tungsteno de color azul el cual puede ser monitoreado mediante espectrofotometría (Suarez, 2010). Los resultados son expresados generalmente en mg Equivalentes de Ácido Gálico.

2.7.2.1 Equivalentes de Ácido Gálico: Este ácido al encontrarse en multitud de polifenoles denominados colectivamente flavonoides (incluidos los taninos flavánicos); por su alta solubilidad en agua; bajo costo y amplia disponibilidad comercial, permite su empleo como estándar en las curvas de calibración en los ensayos de contenido de Polifenoles Totales (PFT) como el método RFC. El contenido de PFT se expresa como mg Equivalentes de Acido Galico (EAG) por unidad de peso o volumen (Karadag, 2009).

2.7.3 Capacidad antioxidante equivalente de trolox (TEAC): Es un mecanismo que utiliza la transferencia de electrones y detecta la capacidad de un antioxidante para reducir cualquier compuesto. Se utiliza el sustrato de peroxidasa ABTS que se oxida por radicales peroxilo y genera el radical ABTS⁺ de color azul. La capacidad antioxidante se mide en la reducción del radical catiónico ABTS⁺ el cual disminuye el color obteniendo una disminución en los valores de la absorbancia. Los resultados se expresan como inhibición y llevados a una concentración relativa de trolox (Szydłowska-Czerniak, 2008).

2.7.4 Capacidad de Absorción de Radicales de Oxígeno (ORAC): Está basado en la habilidad que tienen los compuestos antioxidantes para bloquear radicales libres por donación de un átomo de hidrógeno (Agudo, 2010). Es un método en donde el antioxidante y el radical peroxilo forman una asociación estable mediante la transferencia de un átomo de hidrógeno desde el antioxidante al radical, de forma que se detiene la reacción de oxidación en cadena. En este método, el radical artificial AAPH (2,2'-Azobis-(2-aminopropano)-dihidrocloruro) oxida a la fluoresceína de forma que esta pierde su fluorescencia. De esta manera, las sustancias antioxidantes presentes en el extracto de Aceite Híbrido de Palma disminuirían dicha pérdida de fluorescencia. (Baiano, 2009).

2.7.4.1 Equivalentes Trolox: El trolox es un análogo hidrosoluble del alfa-tocoferol (Vitamina E) y en virtud de su alta solubilidad en agua y su amplia disponibilidad comercial, es universalmente empleado como estándar en las curvas de calibración de diversos ensayos de actividad antioxidante (ORAC y TEAC). Los resultados de dichos ensayos son expresados en micro o mili moles Equivalentes de Trolox por unidad de peso o volumen (Karadag, 2009).

2.8 Efectos de la maduración en un fruto: Es un proceso que envuelve una secuencia de cambios físico-químicos que ocurren en el fruto y que determina que este llegue a tener un color, sabor y una determinada textura que lo hacen apto para su uso (Perez, 2005). Toda esa actividad metabólica ocurre debido a una serie de reacciones bioquímicas tales como la hidrólisis de almidón, síntesis de carotenoides, aparición de compuestos volátiles y por la acumulación, desaparición o transformación de los diversos constituyentes del propio fruto (Sterling, 1993). Esto conlleva a cambios en los compuestos fitoquímicos y su capacidad antioxidante durante la maduración.

3. FORMULACION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

3.1 Formulación del problema: Existen diferentes factores que pueden afectar la capacidad antioxidante de los alimentos y por ende disminuir el efecto antioxidante en las células del cuerpo de las personas que los consumen. En el caso de los frutos, incluyendo el fruto del cual se extrae el aceite de híbrido de palma, se reconocen diferentes factores ambientales que pueden afectar de manera directa la composición de antioxidantes de este. Entre estas variables se destaca el estado de maduración del fruto al momento de la extracción del aceite, ya que existen una serie de cambios físico-químicos del fruto durante el proceso de maduración que podrían aumentar o disminuir el contenido de antioxidantes. Esto, en relación con el momento de la extracción del aceite que se le ofrece a la población, puede tener un impacto significativo en cuanto a la calidad del producto y por lo tanto el aseguramiento del contenido de antioxidantes en cantidades suficientes para producir un efecto positivo en la salud. A partir de esto se formula la pregunta: *¿La capacidad antioxidante del Aceite Híbrido de Palma varía con respecto al estado de maduración de este?*

3.2 Justificación de la investigación: La incidencia de enfermedades crónico-degenerativas tales como la enfermedad cardiovascular y el cáncer ha incrementado de manera significativa a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud, en el 2005 murieron 17,5 millones de personas como consecuencia de la enfermedad cardiovascular, lo cual representa un 30 % de todas las muertes registradas a nivel mundial y se calcula que en 2015 morirán cerca de 20 millones de personas al año en el mundo por la misma enfermedad (OMS,2007).

En paralelo con esta problemática, estudios han demostrado que una de las causas principales de las enfermedades crónico degenerativas, como la enfermedad cardiovascular y el cáncer, es el estrés oxidativo que ocurre en las células del cuerpo cuando los

mecanismos de protección antioxidante endógenos son excedidos por especies reactivas de oxígeno y radicales libres (Mayor-Oxila, 2010). Esto ha llevado a la comunidad científica, de la mano de la industria alimentaria, a buscar una solución preventiva ya que actualmente se reconoce el papel que tienen ciertos alimentos en la prevención de las enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo.

Existen alimentos que contienen compuestos bioactivos con capacidad antioxidante como la Vitamina A; Vitamina E; la vitamina C; los carotenoides y una gran variedad de compuestos fenólicos, en donde se ha demostrado que el consumo de alimentos fuente de estos compuestos está asociado con una menor incidencia de enfermedades crónicas (Jacob, 1996). Entre los alimentos fuente se encuentra el Aceite de Híbrido de Palma (AHP), *oleífera x guineensis*, que aunque su calidad nutricional ha sido cuestionada y criticada por el contenido de grasa saturada, este resulta ser una fuente importante de antioxidantes como son los polifenoles, tocotrienoles, tocoferoles y los β -carotenos (Amado, 2010).

Con base a lo anterior, las industrias alimentarias han mostrado un gran interés por diseñar y ofrecer a la población alimentos ricos en antioxidantes; motivados tanto por el impacto que tienen estos en la salud humana, así como por aumentar su posicionamiento en el mercado. Por tal razón, el AHP entraría a jugar un papel significativo por ser una alternativa con un gran potencial desde el punto de vista nutricional y ser una fuente importante de antioxidantes para los consumidores.

No obstante, se debe resaltar que existen factores que pueden afectar el contenido de antioxidantes del AHP y por ende la capacidad antioxidante de este; por lo que estas variables deben ser tenidas en cuenta si se quiere ofrecer un producto de mejor calidad nutricional. Entre las variables ambientales se encuentran: el tipo de cultivo, las condiciones climáticas, el tiempo de cosecha, las prácticas agrónomas, el momento de recolección del fruto y la conserva del fruto antes de ser utilizado (Charoenprasert, 2012). Siendo el estado de maduración del fruto al momento de la extracción del aceite uno de los más destacados y controlables.

Es por eso que este trabajo, a través del análisis de la capacidad antioxidante del AHP, busca determinar si la capacidad antioxidante del Aceite Híbrido de Palma varía dependiendo del estado de maduración, para así ofrecer información significativa que ayude a la industria alimentaria a fortalecer sus conocimientos en su área de estudio en relación con la producción del AHP, para garantizar un producto final de buena calidad para los

consumidores y a si mismo brindar a las industrias la posibilidad de crecer como empresa tanto en el ámbito nacional como internacional.

Este trabajo también pretende lograr una estandarización de los métodos cuantitativos de capacidad antioxidante de extractos de aceites en fase hidrofílica para el óptimo desarrollo de las actividades implicadas con la medición de la capacidad antioxidante del macroproyecto financiado por la vicerrectoría académica de la Pontificia Universidad Javeriana.

4. OBJETIVO Y ACTIVIDADES ESPECÍFICAS

4.1 Objetivo general: Determinar la capacidad antioxidante del Aceite de Hibrido de Palma en cuatro estados de maduración.

4.2 Actividades específicas

- ✓ Establecer si existen diferencias significativas de la capacidad antioxidante entre los cuatro estados de maduración.
- ✓ Determinar cuál de los estados de maduración del Aceite de Hibrido de Palma tiene mayor capacidad antioxidante.

5. HIPOTESIS:

Ho= No existen diferencias significativas de la capacidad antioxidante entre los cuatro estados de maduración del AHP

Hi= Existen diferencias significativas de la capacidad antioxidante entre los cuatro estados de maduración del AHP

6. MATERIALES Y METODOS

6.1 Diseño de estudio: El presente estudio hace parte de la investigación financiada por la vicerrectoría académica de la Pontificia Universidad Javeriana, titulada *“Efecto del consumo de Oleína de Palma Roja y Aceite de Oliva Extravirgen sobre los factores de riesgo cardiovascular tradicionales y emergentes”*. Es una investigación de tipo experimental, transversal comparativa ya que se realizó una intervención mediante el uso de diferentes métodos analíticos de medición de la capacidad antioxidante del aceite, y los resultados permitirán crear asociación entre las variables.

6.2 Variables del estudio:

Variable Independiente: Estado de maduración del Aceite Hibrido de Palma

Variables dependientes: Contenido de fenoles en extracto de Híbrido de palma expresados en equivalentes de mg de Acido Gálico / Kg de aceite, capacidad antioxidante en el extracto expresados en mmol de equivalentes trolox / Kg de aceite y μmol de equivalentes trolox/ 100g de aceite)

6.3 Métodos

6.3.1 Obtención de la muestra: Los Aceites de palma Híbrido crudo, proporcionadas por la Hacienda La Cabaña, se obtuvieron del mesocarpio de *E. guineensis* x *E. oleifera* híbridos interespecíficos, a las 18, 20, 22, y 24 semanas después de la anthesis (Weeks After Anthesis: WAA). Cada una de las muestras se obtuvo de tres individuos diferentes de la misma plantación de aceite de palma (Llanos Orientales, Colombia). Todas las muestras de aceite se adquirieron mediante prensado en frío y posterior clarificación por sedimentación. Cabe mencionar que los tiempos de maduración pudieron ser controlados ya que se realizó polinización artificial o manual, según refiere el co-director de este proyecto el cual ha trabajado también con estas muestras para otros estudios.

6.3.2 Preparación de la muestra: Se realizó una extracción líquido-líquido basándose en Ninfali et al. (2002), en la que 2.5g de aceite se diluyó en 5ml de hexano y se agitó en vortex 1 minuto; luego se agregó 3ml de etanol-agua tipo I (80:20 v/v), se agitó la dilución en vortex por 2 minutos y se centrifugó a 3500rpm a temperatura ambiente por 10 minutos para separar las fases (Fase hidrofóbica o sobrenadante y fase hidrofílica o etanólica). Posteriormente se tomó cuidadosamente el sobrenadante con una pipeta, se colocó en otro recipiente y se volvió a agregar 3ml de etanol-agua para repetir el procedimiento, mientras que la fase etanólica restante se conservó sin ninguna modificación. Una vez se separaron las fases nuevamente, se unieron las fases hidrofílicas (la muestra a utilizar) para completar un volumen final de 6ml, se mantuvo almacenada a -20°C hasta su uso, y el resto del sobrenadante se desechó.

6.4. Materiales

6.4.1 Reactivos para método TEAC: 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonato). ABTS presentación en pastillas 10 mg cada una; 6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) Marca Sigma ALDRICH 97% de pureza; Persulfato de Potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) 2.45 mg marca Sigma Aldrich.; Agua destilada-desionizada (Agua tipo I).

6.4.2 Reactivos para método FRC: Carbonato de Sodio *Anhydrous*, 99%. Na_2CO_3 Marca Sigma Aldrich; Reactivo Folin Ciocalteu's 1N Marca Sigma Aldrich; ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico (Acido gálico) Marca Sigma Aldrich; Agua destilada-desionizada (Agua

tipo I)

6.4.3 Reactivos para método ORAC: Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8 tetramethylchroman-2-carboxylic acid) marca Sigma Aldrich 97% pureza, AAPH (2,2'-Azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride) marca Sigma Aldrich 97% de pureza y Fosfato Monosódico Marca Sigma, 98% de pureza

6.4.4 Equipos: Espectrofotómetro Marca THERMO SCIENTIFIC. Modelo GENESYS 10 UV; Fluorómetro FLUOstar OPTIMA BMG Labtech, Centrifugadora refrigerada Marca BIOFUGE PRIMO-R SORVALL, Agitador Vórtex. Marca SPEED MIXER II, Ultrasonicador. Marca BRANSON 1510, Balanza digital. Peso máximo de 120g. Marca SCIENTECH. , Micropipeta de 1000uL TRANSFERPEPETTE. Marca BRAND, Micropipeta de 100uL TRANSFERPEPETTE. Marca BRAND

6.4.5 Material de laboratorio: Tubos Falcon 50 ml; Eppendorf 1,5 ml; Eppendorf 200 uL; Puntas para micropipeta. Capacidad de 1000 uL y 100 uL; Beaker de 20 y 50 ml, Balon aforado de 5, 10, 20 y 50 ml; placa negra de 96 pozos.

6.5 Estandarización de los métodos y medición de las muestras

6.5.1 Contenido de Fenoles: El método de Folin-Ciocalteu se llevó a cabo con base a (Re et al., 1999; Huang & prior et al., 2005) en donde se hicieron pequeñas modificaciones según las características de la muestra y las condiciones del laboratorio. Primero se tomaron 50µl de la muestra y se agregaron 250µl del reactivo de Folin, luego se sonicaron por 5 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente cada una de las muestras se diluyó con 250µl de Na₂CO₃ para completar un volumen final de 2ml con Agua tipo I. Se mantuvieron a temperatura ambiente en oscuridad por dos horas y luego se leyó su absorbancia a 760 nm en el espectrofotómetro para subsiguientemente los valores obtenidos poder ser comparados con la curva de calibración (10-150 ppm) y expresada en mg Equivalente de Ácido Gálico/ Kg de Aceite (Ver Anexo 1)

6.5.2 Capacidad Antioxidante por TEAC: El método TEAC se desarrolló teniendo en cuenta la metodología de diferentes autores (Samaniego, et al.,2007; Miller et al., 1993; Re et al., 1999) con ciertas modificaciones según el tipo de muestra y las condiciones del laboratorio. Se disolvieron dos pastillas (20mg) del ABTS en 5 ml de agua tipo I, se le agrego 2,45 mg de K₂S₂O₈ para producir el radical ABTS•+ y se llevó a un volumen final de 10 ml con agua tipo I. Posteriormente se dejó reposar la solución por 16 horas. Después de las 16 horas el radical ABTS•+ estaba listo para ser usado y cada que se llevaba a cabo el método el ABTS•+ se calibraba con agua tipo I hasta una absorbancia de 0.72±0.02 nm a una longitud de onda de 734 nm.

Para el análisis de las muestras, estas fueron diluidas 1:1 (v/v) con una solución de etanol agua (80:20). A partir de esta dilución, se tomaron 25µl de cada muestra, se mezclaron con 975µl del radical ABTS•+ en el espectrofotómetro y se midió la absorbancia al minuto cero y cada 2 minutos hasta finalmente completar 30 minutos. Los resultados obtenidos al minuto 30 se extrapolaron con la curva de calibración de Trolox (1 – 85ppm) y fueron expresados en mmol Equivalentes Trolox/ Kg Aceite (Ver Anexo 3).

6.5.3 Capacidad Antioxidante por ORAC: El método ORAC se realizó con base a lo propuesto por Cao et al. (1993), con algunas modificaciones según el tipo de muestra y las condiciones del laboratorio. Las muestras se diluyeron 1/200 (v/v) con buffer fosfato (pH 7,4) y fueron agitadas en vortex. En una microplaca negra de 96 pozos se añadió 120µl de fluoresceína (80 nM) y luego se agregó 20µl de cada muestra diluida. Posteriormente la placa fue incubada a 37°C por 15 minutos en el Fluorómetro y una vez pasados los 15 minutos se inició la lectura de 60 ciclos de 90 segundos cada uno a una excitación de 485 nm y de Emisión de 520 nm. Se pauso la lectura en el tercer ciclo, se sacó la microplaca del equipo, se añadió el radical AAPH manualmente a todos los pozos en menos de 2 minutos, se introdujo la placa nuevamente al equipo y se reanudo la lectura. Se halló el Área Bajo la Curva (Area Under de Curve: AUC) y luego se continuó con los demás ciclos hasta terminar la lectura. Los resultados se compararon con la curva estándar de Trolox (1-75 ppm) y se expresaron los resultados en µmol Equivalentes Trolox / 100 g de Aceite (Ver Anexo 5)

6.6 Análisis estadístico: Por medio del programa Statistix 10 se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk y el Estadístico de Levene para comprobar normalidad y homogeneidad de varianzas. Posteriormente se realizaron pruebas de ANOVA por medio del programa SPSS® 19 para identificar diferencias significativas entre los estados de maduración y se hicieron pruebas post hoc (HSD de Tukey y prueba de Scheffé) para identificar el estado de maduración con mayor actividad antioxidante. Así mismo, se realizó una regresión lineal para obtener un modelo de predicción para los resultados de cada método y entre los métodos. Finalmente se ejecutó una correlación de Pearson entre el contenido de fenoles con la actividad antioxidante por cada uno de los métodos para analizar dependencia entre variables.

7. RESULTADOS

7.1 Contenido de Fenoles

A partir de los datos obtenidos se puede observar en la tabla 1 que el contenido de fenoles expresados en mg Equivalentes de ácido gálico / kg de Aceite está inversamente

relacionado con el estado de maduración, por lo que a menor estado de maduración, mayor es su contenido de fenoles.

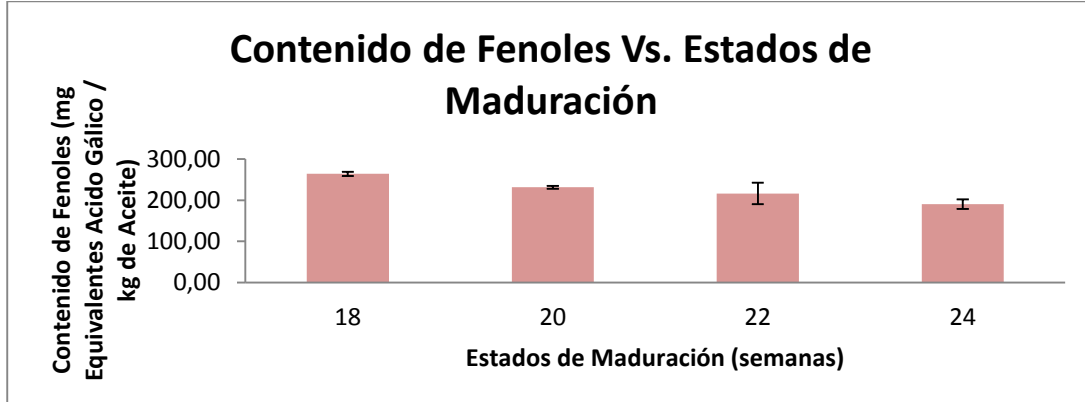
Tabla 4. Contenido de fenoles en los diferentes estados de maduración por RFC

Contenido de Fenoles	18 Semanas	20 Semanas	22 Semanas	24 Semanas
Totales	263,81±4,79	231,14±3,83	216,37±24,94	190,48±11,85

El contenido de Fenoles Totales esta expresado en mg Equivalentes Acido Galico/Kg Aceite

Al realizarse las pruebas de Shapiro-Wilk y el estadístico de Levene a los resultados obtenidos, estos mostraron una distribución normal (Sig. 0.5049, $p > 0.05$) y homogeneidad de varianzas (Sig. 0.052, $p > 0.05$). Por lo que se hace una prueba por ANOVA la cual muestra una Significancia de 0.002 ($p < 0.05$) y por consiguiente se concluye que existen diferencias significativas en el contenido de fenoles con respecto al estados de maduración. La prueba de Tukey y Scheffé mostro que el estado de maduración más diferente es el de 18 semanas, con una media de 263.81 ($p < 0.05$), lo que indica que la semana 18 es la de mayor contenido de fenoles. Esto se corrobora con la grafica 1 en donde se observa que en la semana 18 es donde hay mayor contenido de fenoles.

Grafica 1. Contenido de fenoles totales en los diferentes estados de maduración.



Adicionalmente, se evidencio una correlación negativa (-0,903) significativa (Sig. 0.000, $p < 0.01$) entre la variable dependiente y la independiente, lo que significa que a medida que aumenta el estado de maduración disminuye el contenido de fenoles. Por otro lado el modelo de regresión lineal con un $r^2_{\text{corregido}} (=0.798)$ establece que el proceso de maduración (variable independiente) explica en un 80% el comportamiento de la capacidad contenido de fenoles en el AHP (Para revisar pruebas estadísticas completas Ver Anexo 7).

7.2 Capacidad Antioxidante por TEAC

A partir de los datos obtenidos por el método TEAC se puede observar en la tabla 2 que la capacidad antioxidante expresada en mmol Equivalentes Trolox / kg de Aceite está inversamente relacionado con el estado de maduración, por lo que a menor estado de maduración, mayor es su capacidad antioxidante.

Tabla 5. Capacidad antioxidante en los diferentes estados de maduración por el método TEAC

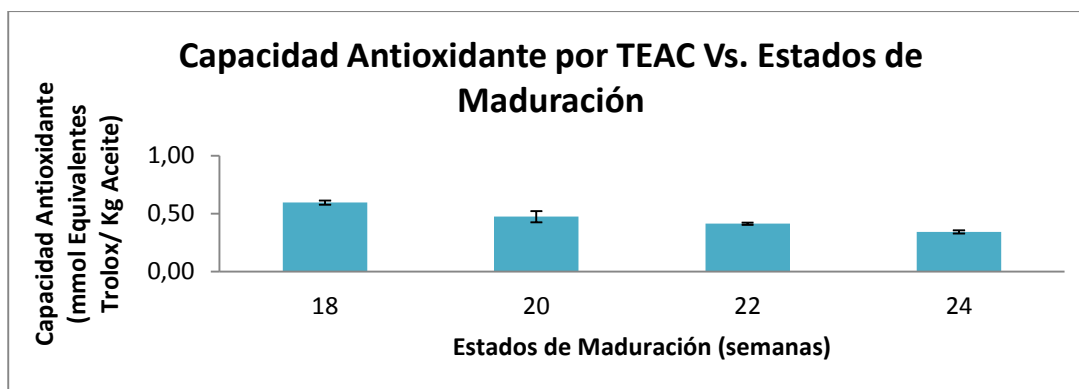
Capacidad antioxidante	18 Semanas	20 Semanas	22 Semanas	24 Semanas
	0,60±0,02	0,47±0,05	0,41±0,01	0,34±0,01

La capacidad antioxidante esta expresada en mmol Equivalentes Trolox/ Kg Aceite

Se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk y el estadístico de Levene a los resultados obtenidos, los cuales cumplieron con los parámetros de normalidad (Sig. 0.4155, $p > 0.05$) y homogeneidad de varianzas (Sig. 0.0904, $p > 0.05$). Con base a esto se realizó la prueba ANOVA, la cual mostró que los resultados variaron significativamente ($p = 0.000$, $p < 0.01$), lo que a su vez demuestra que existen diferencias significativas entre el estado de maduración y la capacidad antioxidante.

Así mismo, las pruebas de Tukey y Scheffé demuestran ($p < 0,05$) que la semana de maduración con mayor capacidad antioxidante es la de la semana 18. Esto se puede corroborar con la Figura 2 en donde se observa que el estado de maduración con mayor capacidad antioxidante es la semana 18.

Grafica 2. Capacidad antioxidante en los diferentes estados de maduración por el método TEAC.



Adicionalmente, se evidenció una correlación negativa (-0,954) significativa (Sig. 0.000, $p < 0.01$) entre los estados de maduración y la actividad antioxidante, lo que indica que a mayor estado de maduración menor capacidad antioxidante. Finalmente, el modelo de regresión con un $r^2_{\text{corregido}} (=0.902)$ lo que refiere que el proceso de maduración (variable

independiente) explica en un 90% el comportamiento de la capacidad antioxidante por TEAC (para revisar pruebas estadísticas completos ver Anexo 8).

7.3 Actividad Antioxidante por ORAC

A partir de los datos obtenidos por el método ORAC se puede observar en la tabla 3 que los promedios de capacidad antioxidante expresada en μmol Equivalentes Trolox/ 100 g de Aceite está inversamente relacionado con el estado de maduración, por lo que a menor estado de maduración, mayor es su capacidad antioxidante.

Tabla 6. Capacidad antioxidante en los diferentes estados de maduración por el método ORAC

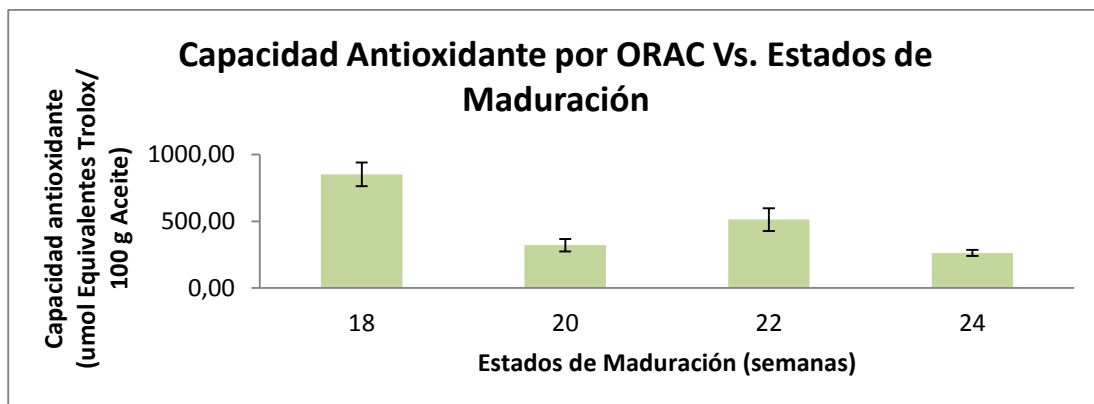
Capacidad Antioxidante	18 Semanas	20 Semanas	22 Semanas	24 Semanas
	851,49±89,26	321,11±47,15	512,95±85,87	263,21±22,80

La capacidad antioxidante esta expresada en μmol Equivalentes Trolox/ 100 g de Aceite

Se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilk y el estadístico de Levene a los resultados obtenidos, los cuales cumplieron con los supuestos de normalidad (Sig. 0.8927, $p > 0.05$) y homogeneidad de varianzas (Sig. 0.197, $p > 0.05$). Por lo anterior, los resultados se pasaron por la prueba ANOVA los cuales mostraron diferencias significativas (Sig. 0.000, $p < 0.01$) lo que indica que existen diferencias entre la capacidad antioxidante con respecto a los estados de maduración.

Las pruebas de Tukey y Scheffé revelaron que el estado de maduración con mayor capacidad antioxidante es el de la semana 18 ($p < 0,05$). Sin embargo esta prueba también revela que no hay diferencias significativas entre las semanas 20 y 24. Esto se corrobora con la figura 3 donde se observa que el estado de maduración con mayor capacidad antioxidante es el de la semana 18 pero en la semana 22 se observa un incremento y no se observa una diferencia aparente entre la semana 20 y 24.

Figura 3. Capacidad Antioxidante en los diferentes estados de maduración por el método ORAC

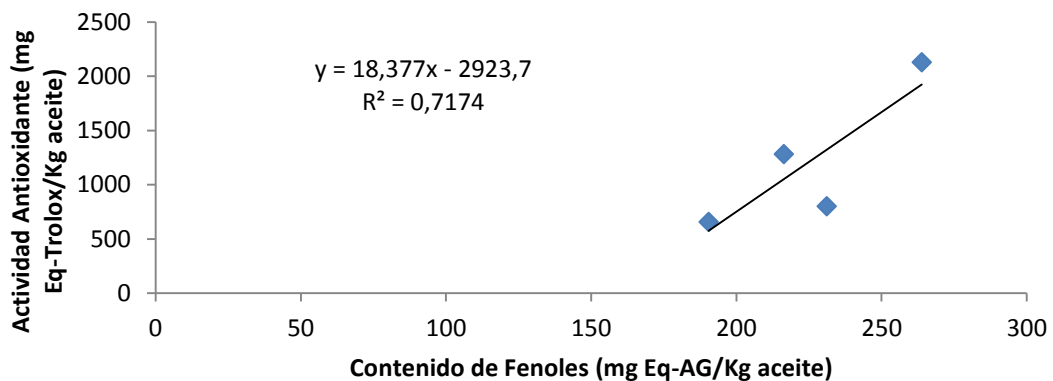


Adicionalmente, se evidencia una correlación negativa (-0,745) significativa (Sig. 0.003, $p < 0.05$) entre los estados de maduración y la actividad antioxidante, lo que indica que a mayor estado de maduración menor capacidad antioxidante. Finalmente, el modelo de regresión con un $r^2_{\text{corregido}} (=0.510)$ que refiere que el proceso de maduración (variable independiente) explica tan solo en un 51% el comportamiento de la capacidad antioxidante por ORAC (para revisar pruebas estadísticas completos ver Anexo 9).

7.4 Correlación entre el contenido total de fenoles y la capacidad Antioxidante del AHP

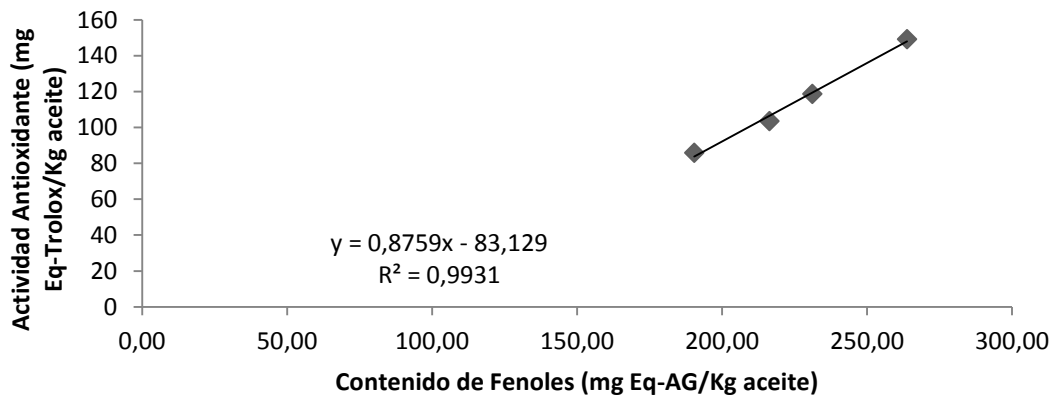
La correlación es la que determina la dependencia que existe entre las dos variables, es decir, que los cambios que ocurren en una de las variables (el contenido de fenoles) influyen en los cambios de la otra variable (capacidad antioxidante por ORAC o TEAC) del aceite híbrido de palma en los diferentes estados de maduración.

Figura 4. Correlación entre el contenido total de fenoles y la capacidad antioxidante por ORAC



Se evidencia que existe una correlación positiva entre el contenido de fenoles y la actividad antioxidante por el método el método ORAC (sig 0,005, $p < 0,05$) (Ver Anexo 10)

Figura 5. Correlación entre el contenido total de fenoles y la capacidad antioxidante por TEAC



Se evidencia que existe una correlación positiva entre el contenido de fenoles y la actividad antioxidante por el método TEAC (sig. 0,000, $p < 0,01$) (Ver Anexo 11)

8. DISCUSIÓN

Una característica relevante del AHP es su alto contenido de compuestos antioxidantes, como afirma Rey y colaboradores en su estudio (2004), donde reporta niveles elevados de carotenos (3.398ppm) y vitamina E (1.338ppm) en este aceite. Por otro lado, estudios realizados por la Federación Nacional de cultivadores de Palma de Aceite de Colombia (Fedepalma) en el 2010, reportan una elevación considerable de los niveles de carotenoides, con respecto al aceite de palma tradicional (700-1100 ppm vs.500-800 ppm) (Zapata, 2010). Adicionalmente, Choo et al. (1997) hizo una comparación del contenido de carotenos entre el aceite de palma americana (*E. oileifera*), aceite de palma africana (*E. guineensis*) y el AHP, donde encontró que hay un mayor contenido de β -carotenos en *E. oileifera* y el AHP, que en *E. guineensis*. Por lo tanto, se puede decir que el AHP presenta cualidades importantes de ambas especies por el entrecruzamiento, los cuales pueden estar relacionados directamente con una mejor capacidad antioxidante.

Los polifenoles son los principales antioxidantes de la dieta, y su ingesta es 10 veces superior a la de la vitamina C, y 100 veces superior a la de la vitamina E o los carotenoides (Quiñones et al, 2012). Entre los alimentos que se destacan por su alto contenido en polifenoles son el té verde, el vino tinto y el aceite de oliva (Barberán, 2003). Sin embargo, un estudio del contenido de fenoles en el aceite de palma (*Elaeis guineensis*) realizado por Neo y colaboradores en el 2010, reveló que este aporta cantidades significativas de diversos tipos de ácidos fenólicos tales como el ácido gálico, el ácido cafeíco, ácido vanílico, entre otros. Lo que demuestra que el aceite de palma (*Elaeis guineensis*) es fuente de estos compuestos y, al ser uno de los progenitores del híbrido, se puede asumir que el AHP es fuente importante de dichos compuestos también.

Los resultados de este estudio mostraron diferencias significativas ($p=0.002$ $p < 0.05$) en el contenido de fenoles con respecto a su estado de maduración con concentraciones entre 263,81 hasta 190,48 mg EAG/ Kg de AHP (Tabla 1), con una correlación negativa (-0,903) significativa (Sig. 0.000, $p < 0.01$) que indica que a mayor estado de maduración menor es el contenido de fenoles; siendo el estado de maduración con mayor contenido de fenoles el de la semana 18 ($p < 0.05$). Estos resultados son comparables con los estudios de Dağdelen et al (2012) y Boloni et al. (2004), donde analizaron el contenido de fenoles del aceite de oliva extra virgen en diferentes estados de maduración en relación con su capacidad antioxidante

y encontraron concentraciones total de fenoles en rangos de 441,4 hasta 209,6mg EAG/ Kg de aceite en donde también se presentaba una disminución de estos compuestos a mayor estado de maduración. Por el contrario, Jemai et al (2009) encontró rangos entre 508 hasta 768 mg EAG/ kg de aceite; en donde el contenido total de fenoles aumentaba a medida que aumentaba el estado de maduración.

El comportamiento del contenido total de fenoles durante el proceso de maduración puede variar en cada fruto y, según Boloni et al (2004), esto puede depender del tipo específico de fenoles que se encuentre predominantes en dicho proceso y de su actividad antioxidante. Damak y colaboradores en 2008 caracterizaron los tipos de fenoles y la relación de estos con su capacidad antioxidante en diferentes estados de madurez del aceite de oliva chétoui, los cuales encontraron que los tipos de fenoles (tyrosol, hydroxytyrosol, ácido vanílico, entre otros) variaban en cantidad en los diferentes estados de maduración de manera que unos disminuían, otros aumentaban y otros no cambiaban; pero el análisis por FRC mostro finalmente una disminución a mayor estado de madurez. En contraste, otro estudio demostró que el perfil de fenoles de un aceite de oliva de Tunéz, aunque también fluctuaban entre sí en los diferentes estados de maduración, el análisis mostro finalmente un aumento a mayor estado de madurez (Bouaziz et al., 2004).

Otros autores afirman que los cambios en el contenido de fenoles se deben a la respuesta que cada fruto tiene a diferentes factores externos como, el tipo de cultivo, clima y prácticas agrícolas que afectan directamente la composición interna de este (Quiñones et al., 2012). Además, las diferentes actividades enzimáticas que ocurren en los procesos de maduración están relacionadas con el alto metabolismo oxidativo que ocurre en las últimas etapas de la maduración en donde se favorece la aparición de especies reactivas de oxígeno y que, dependiendo del tipo de compuestos antioxidantes (como los fenoles), puede disminuir o aumentar la capacidad antioxidante (Neo, 2010). El híbrido OxG también muestra altos niveles de actividad enzimática del sistema antioxidante, que Rivera et al. (2013) explica como una ventaja metabólica en la regulación y el mantenimiento de niveles adecuados de especies reactivas de oxígeno en cloroplasto y mitocondria, por lo que esto puede contribuir al comportamiento de fenoles y su capacidad antioxidante en esta especie.

Por lo tanto, se reconoce que el contenido total de fenoles está directamente relacionado no solo con factores externos o internos (actividad enzimática), sino también con la cantidad de estos compuestos en cualquier estado de maduración, con el tipo específico de fenoles, las características estructurales (numero anillos fenólicos, grupos hidroxilo, etc.) de estos compuestos y su manera de llevar a cabo las reacciones de oxido reducción frente a los

radicales. Con base a esto y según los resultados en este estudio, se puede inferir que el comportamiento del contenido de fenoles totales del AHP encontrados, está determinado por todos los factores antes mencionados y que esto a su vez abre un tema de investigación más profundo sobre el tipo de fenoles específicos que se encuentran en este aceite y estos como varían según el estado de maduración.

Con respecto al método TEAC, los resultados de este estudio también mostraron diferencias significativas en la capacidad antioxidante con respecto a su estado de maduración ($p < 0,001$) con concentraciones de 0,60 a 0,34 mmol ET/ Kg de AHP (Tabla 2), en donde la capacidad antioxidante disminuyó a mayor estado de maduración ($-0,954$ $p < 0,001$); siendo el estado de maduración con mayor capacidad antioxidante la semana 18 ($p < 0,05$). Estos resultados son comparables con el estudio de Franco y colaboradores en 2014, los cuales realizaron este método para medir la capacidad antioxidante de diferentes tipos de aceite de oliva extra virgen de España en diferentes estados de maduración, donde el rango variaba de 2,5 hasta 0,6 mmol ET/Kg de aceite; disminuyendo su capacidad antioxidante a mayor estado de madurez.

Por otro lado, el método ORAC también muestra diferencias significativas ($p < 0,001$) en la capacidad antioxidante con respecto al estado de maduración con concentraciones de 851,49 hasta 263,21 $\mu\text{mol ET}/100$ g de aceite (Tabla 3) y una tendencia general en la disminución de la actividad antioxidante a mayor estado de maduración ($-0,745$ $p < 0,05$); siendo la semana 18 el estado de maduración con mayor capacidad antioxidante ($p < 0,05$). Sin embargo, el coeficiente de correlación encontrado para este método ($r^2_{\text{corregido}} = 0,510$) es muy bajo para establecer de manera significativa y/o clara que el proceso de maduración influya en el comportamiento de la capacidad antioxidante por el método ORAC, en comparación con los coeficientes de correlación encontrados para el método RFC ($r^2 = 0,798$) y TEAC ($r^2 = 0,902$). Resaltando una diferencia en el comportamiento de la capacidad antioxidante por el método ORAC, donde se observó un incremento en la semana 22 y posteriormente una disminución en la semana 24; lo cual no ocurre en los otros dos métodos utilizados.

Este comportamiento puede estar ligado a diferentes factores, como los mencionados anteriormente: tipo de cultivo de la palma de aceite híbrido, prácticas agrícolas, método de extracción del aceite, entre otros. Sin embargo, Ninfali et al (2001) refiere que en algunos casos el predominio de un compuesto fenólico puede llevar a una expresión alta o disminuida de los valores de ORAC por lo que en ocasiones la relación ORAC/fenoles podría ser o no un buen indicador de la capacidad antioxidante. Por otro lado, autores como

Cao et al (1993) y Huang et al (2005), refieren que ORAC es un método particularmente sensible por lo que los resultados pueden verse alterados por factores tales como la luz y el oxígeno. A pesar de que se tuvieron todas las precauciones para la realización de este método, no se puede descartar que dichos factores hayan influido en los resultados encontrados. No obstante, los resultados de este estudio son comparables con otros estudios realizados en aceite de oliva (Szydłowska-Czerniak et al., 2008; Samaniego et al., 2007) en donde se encontraron cantidades similares al AHP que variaban entre 123 a 949 $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$ de aceite.

Los resultados obtenidos por TEAC y ORAC también pueden explicarse con respecto al contenido de fenoles totales, ya que la capacidad antioxidante medida en la fase hidrofílica de los extractos de aceite, como en este estudio, aumenta o disminuye dependiendo del contenido de fenoles (Samaniego *et al.*, 2007). Tal es el caso del estudio realizado por Jemai et al (2009), el cual demostró que el método por ABTS^{•+} y RFC se comportaban de la misma manera; a mayor contenido de fenoles mayor capacidad antioxidante durante el proceso de maduración del fruto de oliva. En el caso de este estudio, se observa que tanto la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles tienen en general el mismo comportamiento a través de los diferentes estados de maduración, por lo que se realizó una correlación entre el contenido de fenoles con los métodos de capacidad antioxidante, el cual reveló que el contenido de fenoles totales explica en un 99% la respuesta de la capacidad antioxidante por TEAC y en un 72% la respuesta de la capacidad antioxidante por ORAC.

La correlación entre el contenido total de fenoles y la actividad antioxidante ha sido ampliamente estudiada en diferentes alimentos como frutas; verduras; vino tinto; plantas; semillas y aceite de oliva, donde se demuestra que cuando hay una concentración elevada de fenoles totales, la actividad antioxidante de ese alimento incrementa significativamente (Velioglu et al. 1998; Villaño et al. 2004; Kedage et al. 2007; Neo et al. 2008; Dudonné et al. 2009). Este estudio revela que la mejor correlación entre el contenido de fenoles y la capacidad antioxidante fue dada por el método TEAC (ABTS^{•+}) ($p < 0,05$ $R^2 = 0.9931$), mientras que por el método ORAC, aunque fue significativa ($p < 0,05$) tuvo un $R^2 = 0.7174$, tuvo menor correlación. Estos resultados son comparables con otros estudios, por ejemplo Samaniego et al. (2007) determinaron que la mejor correlación en su estudio fue entre el contenido total de polifenoles y la actividad antioxidante con ABTS^{•+} ($R^2=0.8927$) en aceites de oliva en diferentes tiempos de cosecha; comparado con una correlación menor entre los métodos de Folin-Ciocalteu y ORAC ($R^2=0.7308$). Neo y colaboradores (2010) reportaron que los fenoles contenidos en el aceite de palma muestran correlaciones fuertes entre el contenido total de fenoles y ABTS^{•+} y Pellegrini et al. (2003) reportaron correlaciones

significativas entre el contenido total de fenoles y el método ABTS⁺ para diferentes aceites como el de oliva extra virgen y el de soya.

En todos los alimentos, el contenido total de fenoles está relacionado con la actividad antioxidante, mediante la contribución a su estabilidad y por su capacidad para secuestrar radicales libres (Wang, 1996). Adicionalmente, Huang et al. (2005), refiere que estos resultados se esperan ya que los métodos que miden el contenido de fenoles totales, como el de Folin-Ciocalteu, comparte las mismas reacciones redox que el método del ABTS⁺ (TEAC), los cuales están basados en la transferencia de electrones, mientras que las reacciones llevadas a cabo por el método ORAC están basadas en la transferencia de átomos de hidrogeno (Karadag, 2009).

9. CONCLUSIONES

El contenido total de fenoles y la capacidad antioxidante pueden variar por factores internos y externos que afectan cada fruto en particular. En el caso del AHP se concluye que la capacidad antioxidante y el contenido total de fenoles varían significativamente con respecto al estado de maduración, con un comportamiento general a la disminución a mayor estado de madurez, aunque se debe resaltar que el método ORAC muestra variaciones con respecto a los otros métodos utilizados. Sin embargo, el estado de maduración con mayor capacidad antioxidante y contenido de fenoles fue el de la semana 18 (WAA) para todos los métodos.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer una caracterización del tipo de fenoles específicos que se encuentran en el AHP y determinar la capacidad antioxidante de este con respecto a cómo varían sus compuestos fenolicos durante el proceso de maduración.
- Se sugiere a la industria alimentaria analizar el costo beneficio para realizar la extracción del aceite de Híbrido de Palma en estados de maduración tempranos, teniendo en cuenta el rendimiento de extracción del aceite.
- Se recomienda hacer más estudios que respalden de manera más fuerte estos resultados de tal manera que puedan enriquecer la información que se tiene sobre la capacidad antioxidante de este aceite.

- Se sugiere continuar con el análisis de la capacidad antioxidante del AHP por la metodología ORAC para encontrar una mejor explicación a los coeficientes de variación encontrados en los resultados de este estudio y así lograr una mejor aproximación de la capacidad antioxidante por dicho método.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aceite de Palma: Usos, Orígenes e impactos (2008) [En línea] http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/Aceite_de_Palma.pdf [Consulta: 22 Enero 2014]
- Agudo, L. (2010). Técnicas para la determinación de compuestos antioxidante en alimentos. [En línea] http://www.anpebadajoz.es/autodidacta/autodidacta_archivos/numero_9_archivos/l_a_medina.pdf [Consulta: Enero 30 2014]
- Amado, M. (2010). *Seguimiento a las pérdidas de fitonutrientes durante el proceso de refinación del aceite de palma. Especialización en ciencia y tecnología de alimentos*. Universidad nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Departamento de química. pp 9-15.
- Ariza, T. (2006). *Estandarización y verificación de los métodos analíticos alternativos usados en calidad en la compañía productos alimenticios doria S.A*. Universidad de la Salle de Bogotá facultad de Ingeniería de Alimentos [En línea] <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/15709/1/T43.06%20A47e.pdf> [Consulta: 19 Marzo 2014]
- Baiano, A., Gambacorta, G., Terracone, C., Previtali, M.A., Lamacchia, C., y La Notte, E. (2009). *Changes in Phenolic Content and Antioxidant Activity of Italian Extra-Virgin Olive Oils during Storage*. Journal of Food Chemistry; Vol. 74, Nr. 2. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01072.x
- Barberán, T. (2003). *Los polifenoles de los alimentos y la salud*. Alim. Nutri. Salud vol. 10,(2) pp. 41-53, 2003
- Bastidas, S., Betancourth, C., Preciado, C., Peña, E., y Reyes, R. (2011). *Predicción y control de la cosecha en el híbrido interespecifico *Elaeis Oleifera* x *Elaeis guineensis* en la zona palmera occidental de Colombia. I. Determinación del ciclo de cosecha para obtener racimos con alto contenido de aceite*. Corpoica Cienc. Technol. Agropecu. 12(1), 5-12.
- Bastidas, S., Peña, E., Reyes, R., Perez, J., y Tolosa W. (2007). *Comportamiento agronómico del cultivar híbrido RC1 de Palma de aceite (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) x *Elaeis guineensis**. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 8(1), 5-11

- Bonoli, M., Bendini, A., Cerretani, L., Lercker, G., Toschi, TG. (2004). Qualitative and Semiquantitative Analysis of Phenolic Compounds in Extra Virgin Olive Oils as a Function of the Ripening Degree of Olive Fruits by Different Analytical Techniques. *J. Agric. Food Chem.* 52, 7026-7032.
- Bouaziz, M., Chamkha, M., Sayadi, S. (2004). Comparative Study on Phenolic Content and Antioxidant Activity during Maturation of the Olive Cultivar Chemlali from Tunisia. *J. Agric. Food Chem.* 52, 5476-5481
- Cao G, Alessio HM, Cutler RG (1993) *Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants*. *Free Radical Biology and Medicine* 14(3):303-311
- Charoenprasert, S., y Mitchell, A. (2012). *Factors Influencing Phenolic Compounds in Table Olives(Olea europaea)*. *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60, 7081–7095. dx.doi.org/10.1021/jf3017699
- Choo YM, Ma AN, Yap SC (1997) *Carotenes, vitamin E and sterols in oils from Elaeis guineensis, Elaeis oleifera and their hybrids*. *Palm Oil Dev* 27:1-9
- Comisión del Codex Alimentarius. (2011). *Revisión de la norma codex stan 210 para aceites vegetales especificados con la adición de Aceite de Palma Alto Oleico OxG*. 22ª reunión Penang, Malasia, 21-25 de febrero de 2011. [En línea] ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/CCFO/CCFO22/fo22_14s.pdf [Consulta: 20 Enero 2014]
- Dağdelen A, Tümen G, Özcan MM, Dündar E (2013) *Phenolics profiles of olive fruits (Olea europaea L.) and oils from Ayvalık, Domat and Gemlik varieties at different ripening stages*. *Food chemistry* 136(1):41-45
- Damak, N.,Bouaziz, M.,Ayadi, M., Sayadi,S., y Damak,M. (2008). *Effect of the Maturation Process on the Phenolic Fractions, Fatty Acids, and Antioxidant Activity of the Chétoui Olive Fruit Cultivar*. *J. Agric. Food Chem.* 56, 1560–1566
- Dudonne S, Vitrac X, Coutiere P, Woillez M, Merillon JM (2009) *Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(5):1768-1774
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma. (2009). *Informe agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de palma de aceite en Colombia con énfasis en oleína roja*. [En Línea] http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2009424103533_OLEINA.pdf [Consulta: 8 Febrero 2014]
- Franco, M., Galeano-Díaz, T.,Sánchez, J., De Miguel, C., y Martín-Vertedor, D.(2014). *Antioxidant capacity of the phenolic fraction and its effect on the oxidative*

stability of olive oil varieties grown in the southwest of Spain. Grasas y Aceites, Vol 65, No 1 doi:10.3989/gya.051513

- Huang, D., Ou, B., y Prior, RL. (2005). *The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays*. J. Agric. Food Chem. 2005, 53, 1841-1856. doi: 10.1021/jf030723c
- Jacob, R., Burri, B. (1996). *Oxidative Damage and Defense*. American Journal Clinical Nutrition 1996;63:985S-90S.
- Jemai, H., Bouaziz, M., & Sayadi, S. (2009). *Phenolic Composition, Sugar Contents and Antioxidant Activity of Tunisian Sweet Olive Cultivar with Regard to Fruit Ripening*. J. Agric. Food Chem. 57, 2961–2968. doi: 10.1021/jf8034176
- Karadag, A., Ozcelik, B., & Saner, S. (2009). *Review of Methods to Determine Antioxidant Capacities*. Food Anal. Methods 2:41–60. doi 10.1007/s12161-008-9067-7
- Kedage VV, Tilak JC, Dixit GB, Devasagayam TP, Mhatre M (2007) *A study of antioxidant properties of some varieties of grapes (Vitis vinifera L.)*. Critical reviews in food science and nutrition 47(2)175-185
- Khurana, S., Venkataraman, K., Hollingsworth, & A., Piche. (2013). *Polyphenols: Benefits to the Cardiovascular System in Health and in Aging*. Nutrients and Nutrition. 47(2)175-185 3779-3827; doi:10.3390/nu5103779
- Kris-Etherton, P M., Hecker, K D., Bonanome, A., Coval, S M., Binkoski, A E., Hilpert K F., Griel A E., & Etherton T D. (2002). *Bioactive Compounds in Foods: Their Role in the Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer*. The American Journal of Medicine. Volume 113
- Laing, D. (2009). *La Causa de Pudrición de Cogollo (PC) en Palma de Aceite: Hipotesis Abiótica-Edáfica*. Presentacion en CIAT, junio 2, 2009. [En Línea]: http://ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2012/11/2009_06_02_D_Laing.pdf [Consulta: 25 Enero 2014]
- Londoño, J. (2012). *Antioxidantes: Su importancia biológica y métodos para medir su actividad*. [En Línea] <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/133/1/9.%20129-162.pdf> [Consulta: 3 Febrero 2014]
- Mayor-Oxila, R. (2010). *Artículo de Revisión: Estrés Oxidativo y Sistema de defensa Antioxidante*. R. Rev. Inst. Med. Trop;5(2):23-29.
- Miller NJ, Rice-Evans C, Davies MJ, Gopinathan V, Milner A (1993) A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical science* 84:407-407

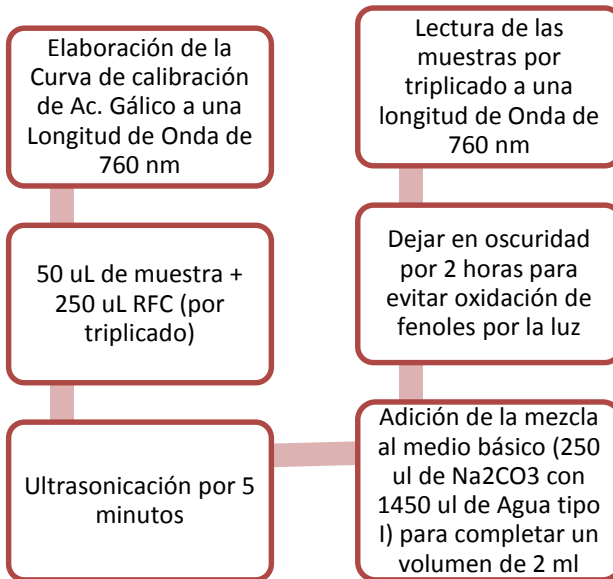
- Neo YP, Ariffin A, Tan CP, Tan YA (2010). *Phenolic acid analysis and antioxidant activity assessment of oil palm (E. guineensis) fruit extracts*. Food Chemistry 122 (2010) 353–359
- Neo YP, Ariffin A, Tan CP, Tan YA (2008) *Determination of oil palm fruit phenolic compounds and their antioxidant activities using spectrophotometric methods*. International journal of food science & technology 43(10):1832-1837
- Ninfali P, Bacchiocca M, Biagiotti E, Servili M, Montedoro G (2002) Validation of the ORAC parameter as a new Index of quality and stability of Olive Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 79(10):977-982
- Ninfali, P., Aluigi, G., Bacchiocca, M., & Magnani M. (2001). *Antioxidant Capacity of Extra-Virgin Olive Oils*. JAOCS, Vol. 78, no. 3, 243–247
- Ochoa, I.E., Suarez C.A., Cayón, D. (2013). *Desarrollo y maduración de frutos en palma de Aceite (Elaeis guineensis Jacq.) e híbridos OxG (E. oleífera x E. guineensis.)* de Unipalma S.A. PALMAS Vol. 34 No. Especial, Tomo I.
- Organización Mundial de la Salud (2010). Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles. [En Línea] http://www.who.int/nmh/publications/ncd_report2010/es/ [Consulta: 2 Abril 2014]
- Organización Mundial de la Salud (2007) Nota informativa, febrero 2007. [En Línea]: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html> [Consulta: 2 Abril 2014]
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., & Brighenti, F. (2003). *Total Antioxidant Capacity of Plant Foods, Beverages and Oils Consumed in Italy Assessed by Three Different In Vitro Assays*. J. Nutr. 133: 2812–2819
- Perez, Y. (2005). Eventos fisiológicos asociados a la madurez y calidad de los frutos cítricos en Cuba y su relación con los productos transformados de la industria. [En Línea]: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1067/cuf0114s.pdf> [Consulta: 23 Abril 2014]
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutr Hosp.* 2012;27:76-89. doi:10.3305/nh.2012.27.1.5418
- Samaniego, C., Troncoso, A.M., Garcia-Parrilla, M.C., Quesada, J.J., Lopez Garcia de la Serrana, H., & Lopez M.C. (2007). *Different radical scavenging tests in virgin olive oil and their relation to the total phenol content*. Analytica Chimica Acta 593 (2007) 103–107. doi:10.1016/j.aca.2007.04.037

- Sequeda, L. (2010). Manual de procedimientos de calidad, Validación de Métodos Analíticos en Espectometría. Antek. s.a. Código MPC-5.4-17.2.
- Sistema Informativo de la Presidencia de la Republica. (2012) “Colombia seguirá consolidándose como el primer productor de aceite de palma en el continente Americano” septiembre 26, 2012 [En Línea] http://wsp.presidencia.gov.co/Prensa/2012/septiembreb/Paginas/20120926_09.aspx [Consulta: 28 Enero 2014]
- Sterling, F., Alvarado, A. (1993). *Determinación del Estado de Madurez del Racimo de Palma Aceitera Asociado con la Máxima Tasa de Extracción de Aceite*. Agronomía Costarricense 17 (2): 71-76.
- Suarez, M., Romero, M., Motilva M. (2010). *Development of a Phenol-Enriched Olive Oil with Phenolic Compounds from Olive Cake*. J. Agric. Food Chem. 58, 10396–10403 DOI:10.1021/jf102203x
- Szydłowska-Czerniak, A., Karlovits, G., Dianoczki, C., Recseg, K., y Szlyk, E. (2008). *Comparison of Two Analytical Methods for Assessing Antioxidant Capacity of Rapeseed and Olive Oils*. J Am Oil Chem Soc, 85:141–149. DOI 10.1007/s11746-007-1178-6
- Rey L, Gómez PL, Ayala IM, Delgado W, Rocha PJ (2004) *Colecciones genéticas de palma de aceite Elaeis guineensis Jacq. Y Elaeis oleífera (HBK) de Cenipalma: características de importancia para el sector palmicultor*. Revista Palmas 25(especial, tomo 2):39-48
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*. Free Radical Biology and Medicine 26(9):1231-1237
- Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD (1998) *Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products*. *Journal of agricultural and food chemistry* 46(10):4113-4117
- Venero, J. (2002). *Daño Oxidativo, Radicales libres y Antioxidantes*. Revista Cubana de Medicina Militar; 31(2):126-33.
- Villaño D, Fernández-Pachón MS, Troncoso AM, Garcia-Parrilla MC (2004) *The antioxidant activity of wines determined by the ABTS·+ method: influence of sample dilution and time*. *Talanta* 64(2):501-509
- Volkan E., Reza E. H., Çimen K. (2013). *Carbonyl Stress in Aging Process: Role of Vitamins and Phytochemicals as Redox Regulators*. Aging and Disease, Volume 4, Number 5; 276-294.

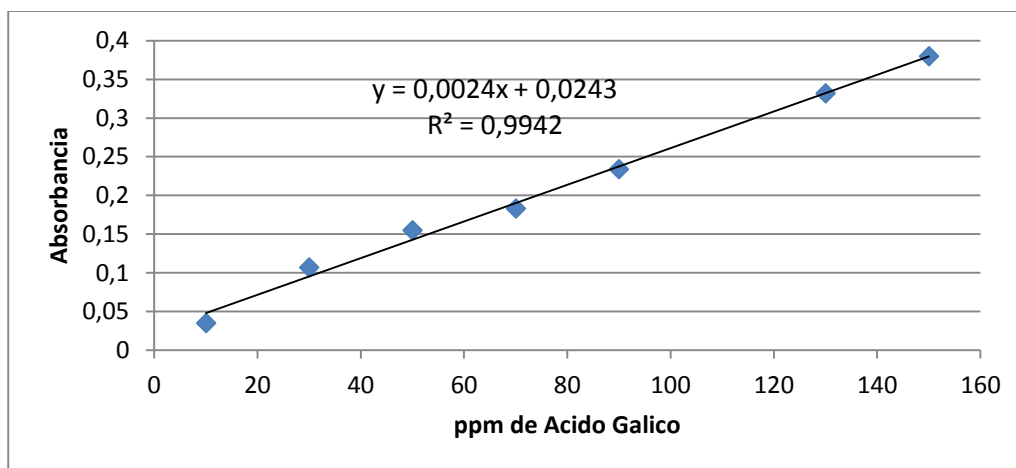
- Wang, H., Cao, G., & Prior, R.L. (1996). Total Antioxidant Capacity of Fruits. *J. Agric. Food Chem.*, *44* (3), pp 701–705 doi: 10.1021/jf950579y
- Zapata L.E. (2010). Situación y perspectivas del aceite de Palma Alto Oleico OxG en Colombia. PALMAS; Vol. 31 No. Especial, Tomo II.

12. ANEXOS

Anexo 1. Esquema para el desarrollo del método RFC y su respectiva curva de calibración



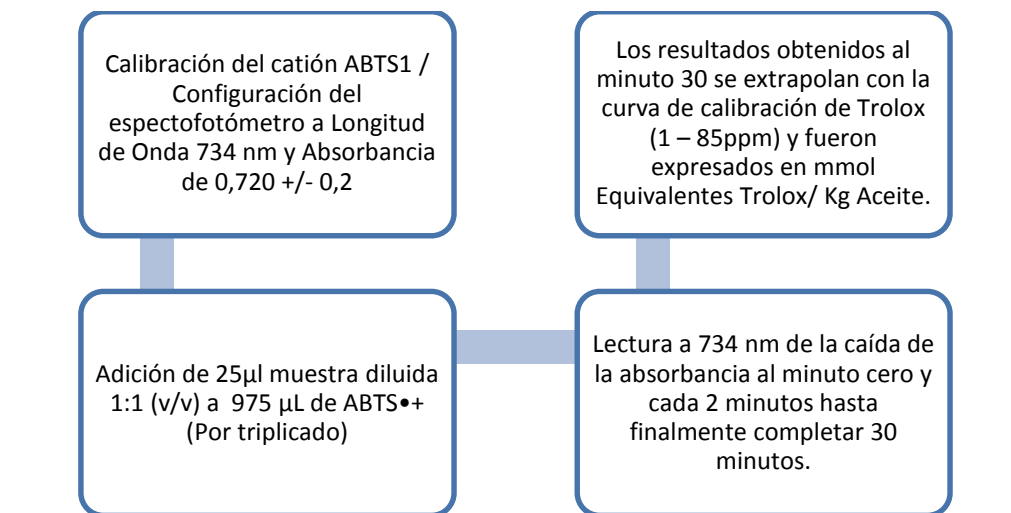
CURVA DE CALIBRACION						
10	30	50	70	90	130	150
0.035	0.107	0.155	0.183	0.234	0.332	0.380



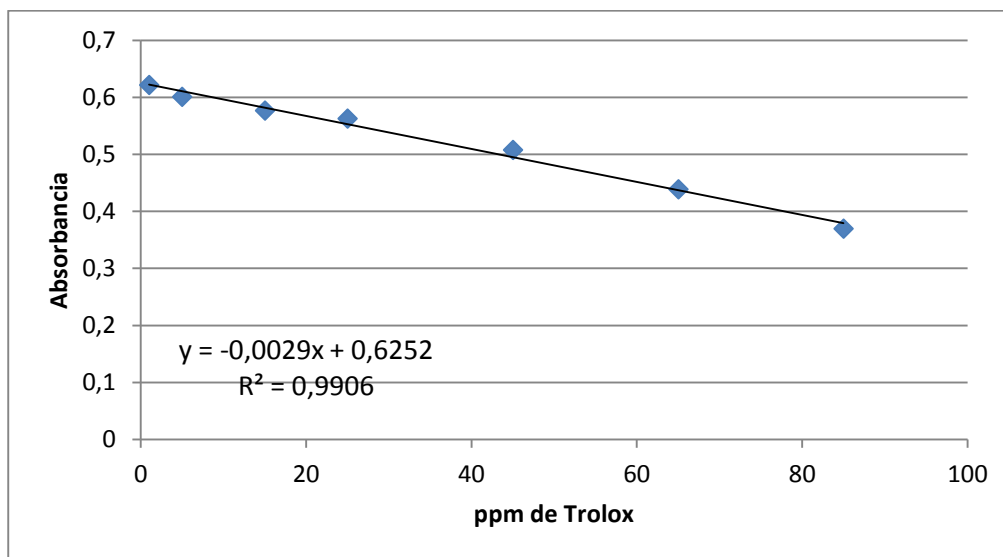
Anexo. 2 Matriz de resultados del método RFC

<u>CONTENIDO DE FENOLES</u>		
<u>MÉTODO: Folin Ciocalteu</u>		
Estados de Maduración (Semanas) (18=1, 20=2, 22=3, 24=4)	Repeticiones	Contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico / kg de Aceite)
1	1	265,70
1	2	258,37
1	3	267,37
2	1	235,03
2	2	227,37
2	3	231,03
3	1	208,37
3	2	245,37
3	3	195,37
4	1	202,70
4	2	179,03
4	3	189,70
	Estado de Maduración	Promedios
	18	263,81
	20	231,14
	22	216,37
	24	190,48

Anexo 3. Esquema para el desarrollo del método TEAC y su respectiva curva de calibración



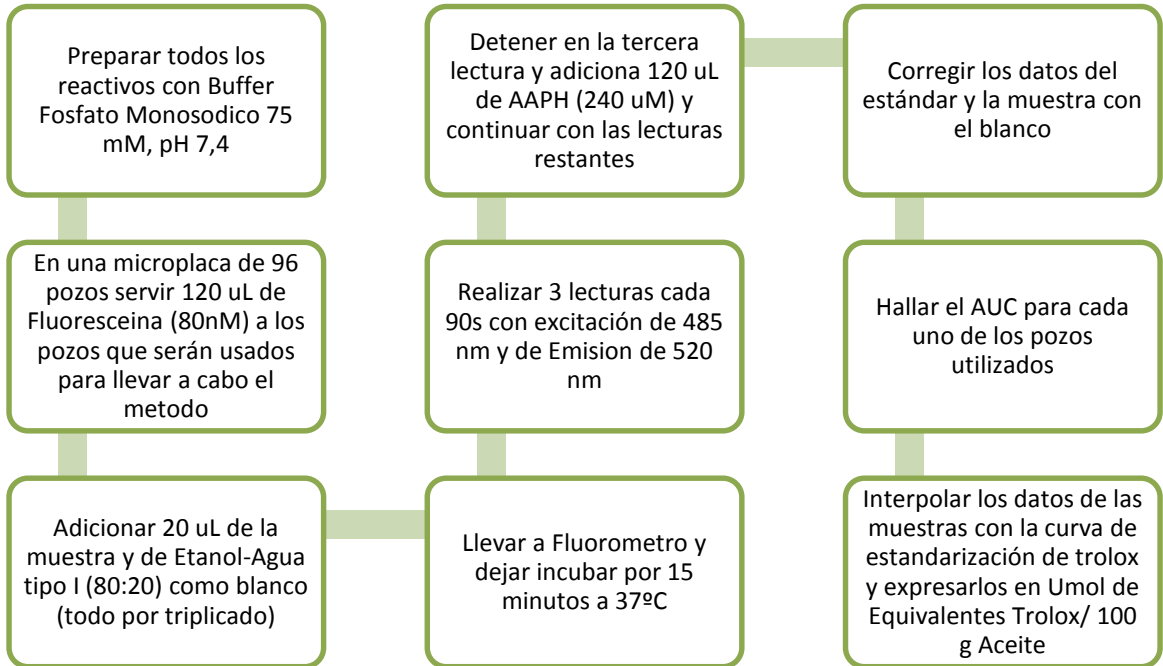
CURVA DE CALIBRACION FINAL A LOS 30 MINUTOS						
1	5	15	25	45	65	85
0.622	0.601	0.577	0.563	0.508	0.439	0.370



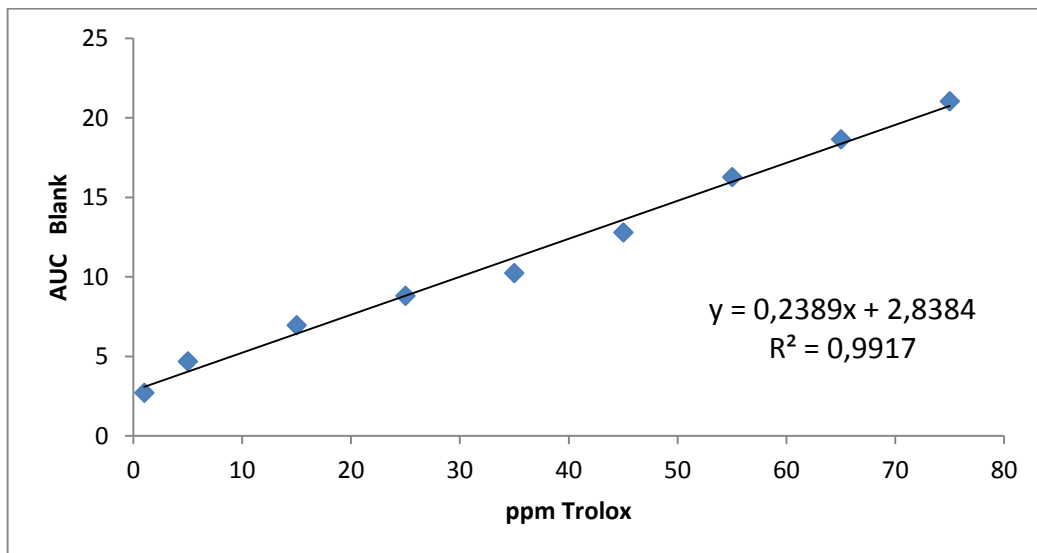
Anexo 4. Matriz de resultados por el método TEAC

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE		
MÉTODO: TEAC		
Estados de Maduración (Semanas) (18=1, 20=2, 22=3, 24=4)	Repeticiones	Actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite)
1	1	0,62
1	2	0,58
1	3	0,59
2	1	0,44
2	2	0,53
2	3	0,45
3	1	0,40
3	2	0,42
3	3	0,42
4	1	0,36
4	2	0,33
4	3	0,35
	Estado de Maduración	Promedios
	18	0,60
	20	0,47
	22	0,41
	24	0,34

Anexo 5. Esquema para el desarrollo del método ORAC y su respectiva curva de calibración



ppm Trolox	AUC Blank
1	2.71963264
5	4.68911955
15	6.96557298
25	8.82263136
35	10.2531924
45	12.7945901
55	16.2866985
65	18.6576688
75	21.0460583



Anexo 6. Matriz de resultados por el método ORAC

MÉTODO: ORAC		
Estados de Maduración (Semanas) (18=1, 20=2, 22=3, 24=4)	Repeticiones	Actividad Antioxidante (μmol Trolox equivalentes / 100g Aceite)
1	1	838,55
1	2	946,52
1	3	769,42
2	1	271,00
2	2	327,72
2	3	364,61
3	1	413,91
3	2	558,40
3	3	566,55
4	1	251,20
4	2	248,92
4	3	289,50
	Estados de Maduración	Promedios
	18	851,49
	20	321,11
	22	512,95
	24	263,21

Anexo 7. Análisis estadístico para el método Folin-Ciocalteu

Hipótesis de investigación:

Ho: El contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) es igual en todos los estados de maduración en semanas (18, 20, 22 y 24 semanas).

Hi: El contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) es diferente en al menos uno de los estados de maduración en semanas (18, 20, 22 y 24 semanas).

Hipótesis estadísticas:

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

Hi: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

Descriptivos

Fenoles

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
18 semanas	3	263,8133	4,78745	2,76403	251,9207	275,7060	258,37	267,37
20 semanas	3	231,1433	3,83126	2,21198	221,6260	240,6607	227,37	235,03
22 semanas	3	216,3700	25,94224	14,97776	151,9259	280,8141	195,37	245,37
24 semanas	3	190,4767	11,85410	6,84397	161,0295	219,9239	179,03	202,70
Total	12	225,4508	30,34866	8,76090	206,1682	244,7335	179,03	267,37

Tabla 1. Estadísticos descriptivos.

En la Tabla 1 se puede analizar que los n muestrales son iguales para todos los tratamientos. Así mismo se analizan las medias las cuales son disimiles variando en un rango de $190,47 \pm 11,85$ y $263,81 \pm 4,78$. A su vez observando la desviación estándar se puede mencionar que los datos con menor variación con respecto a la media son los del tratamiento de 20 semanas de estado de maduración.

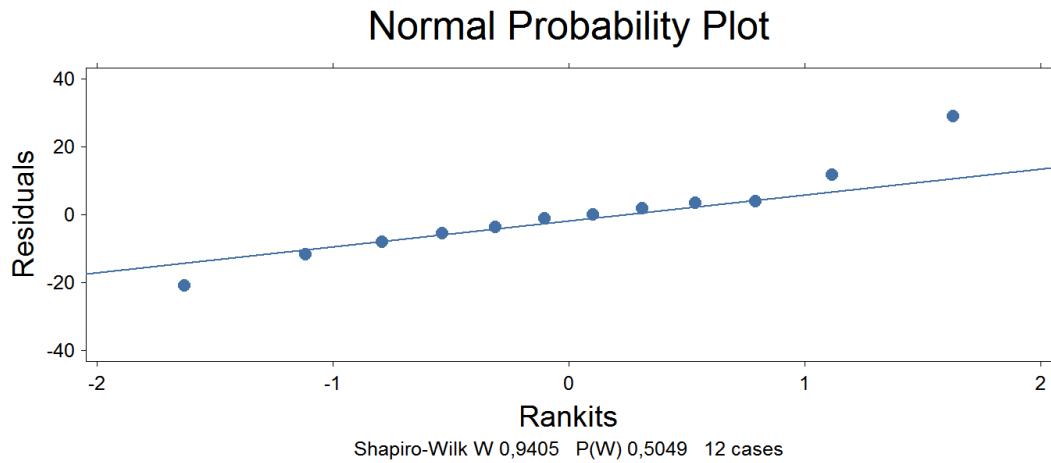


Tabla 2. Pruebas de Normalidad.

Ho: Los errores de los tratamientos tienen distribución normal.

Hi: Los errores de los tratamientos no tienen distribución normal.

En la Tabla 2 se observa que la prueba de Shapiro-Wilk muestra que los valores son $>$ a 0.05 (0,50), esto quiere decir que siguen una distribución normal (Gaussiana) cumpliendo con el supuesto de normalidad, por lo tanto se acepta la Ho.

Prueba de homogeneidad de varianzas

Fenoles

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
4,375	3	8	,052

Tabla 3. Prueba de homogeneidad de varianzas.

Ho: Las varianzas son iguales para todos los tratamientos.

Hi: Las varianzas son diferentes para al menos uno de los tratamientos.

En cuanto a la prueba de homogeneidad de varianzas los datos son $>$ a 0.05, esto quiere decir que cumplen con el supuesto en donde las varianzas son iguales. Por lo tanto se acepta la Ho.

- En general los datos siguen los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad, por lo que se realizó un análisis de varianzas.

ANOVA

Fenoles

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	8429,219	3	2809,740	13,205	,002
Intra-grupos	1702,236	8	212,779		
Total	10131,455	11			

Tabla 4. Prueba de Análisis de varianzas.

Hi: Las medias son diferentes para al menos uno de los tratamientos.

Ho: Las medias son iguales para todos los tratamientos.

Los datos de ANOVA reflejan que el Fcalculado es de 13,205 > Ft 4,06 por lo cual se rechaza la Ho que establece que las medias son iguales. Además se debe tener en cuenta que la significancia es < 0,05 (0,002).

Fenoles

EstadosMaduracion		N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	24 semanas	3	190,4767		
	22 semanas	3	216,3700	216,3700	
	dimension1 20 semanas	3		231,1433	231,1433
	18 semanas	3			263,8133
	Sig.		,210	,621	,096
Scheffé ^a	24 semanas	3	190,4767		
	22 semanas	3	216,3700		
	dimension1 20 semanas	3	231,1433	231,1433	
	18 semanas	3		263,8133	
	Sig.		,055	,133	

Las pruebas de Tukey y Scheffe evidencian que el tratamiento más diferente es el 18 semanas de estado de maduració con un valor de media de 263,81 (p< 0,05). Lo cual se corrobora en el grafico de medias (Figura 1).

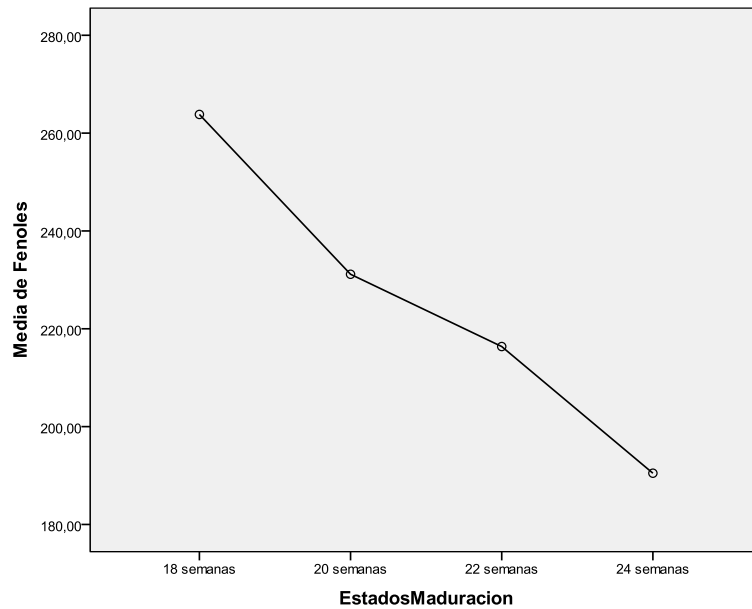


Figura 1. Gráfico de medias de los tratamientos.

En la Figura 1 se observa que el contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) es diferente en al menos uno de los estados de maduración en semanas. En donde la semana 18 es la que presenta mayor contenido de fenoles.

MODELO REGRESIÓN LINEAL

Hipótesis estadísticas:

Ho: $\beta_1 = 0$

Hi: $\beta_1 \neq 0$

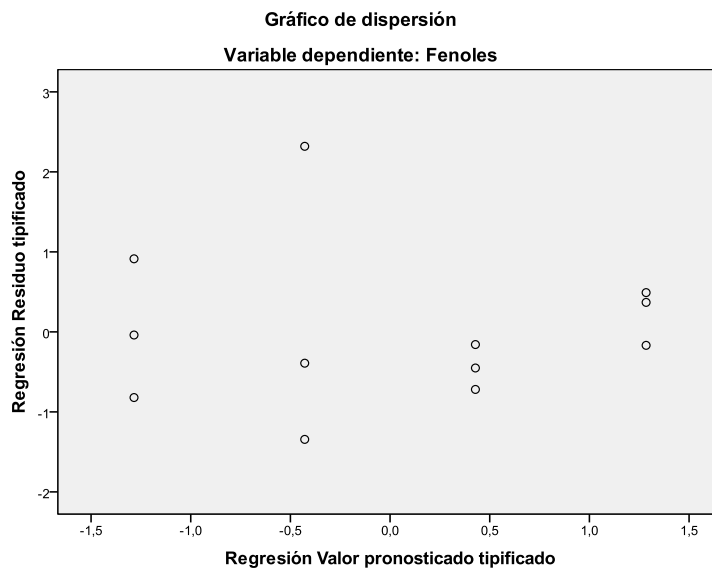


Figura 1. Gráfico de residuales.

Ho: Las varianzas son iguales para todos los tratamientos.

Hi: Las varianzas son diferentes para al menos uno de los tratamientos.

El gráfico de residuales muestra al evaluar la relación entre pronosticado (eje x) y Tip. Residual (eje y) que hay homogeneidad de varianzas ya que los puntos están disgregados y se encuentran en orden uno tras otro. Por lo tanto se acepta la Ho que establece que las varianzas son similares o iguales.

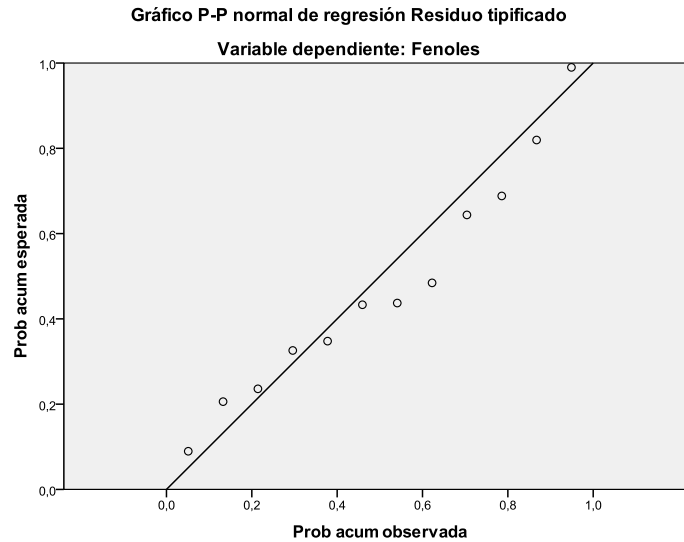


Figura 2. Prueba de normalidad.

Ho: Los errores de los tratamientos tienen distribución normal.

Hi: Los errores de los tratamientos no tienen distribución normal.

El gráfico normal de regresión Residuo tipificado muestra que al evaluar la probabilidad acumulada observada (eje x) y la probabilidad acumulada esperada (eje y) hay normalidad en los datos ya que la mayoría de puntos están cercanos a la línea, esto quiere decir que siguen una distribución normal, por lo tanto se acepta la Ho para las variables (dependiente e independientes), estableciendo que existe normalidad.

- En general los datos siguen el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo que se realizó una regresión lineal simple.

Correlaciones

		Fenoles	EstadosMaduracion
Correlación de Pearson	Fenoles	1,000	-,903
	EstadosMaduracion	-,903	1,000
Sig. (unilateral)	Fenoles	.	,000

	EstadosMaduracion	,000	.
N	Fenoles	12	12
	EstadosMaduracion	12	12

Ho: No existe relación entre la variable respuesta contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Hi: Existe relación entre la variable respuesta contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Se evidencia que existe correlación significativa entre la variable dependiente y la variable independiente donde se observa una correlación negativa (-0,903) con una significancia de 0,000.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl 1	gl 2	Sig. Cambio en F
dimension 1 0	,903 ^a	,816	,798	13,64908	,816	44,383	1	10	,000

a. Variables predictoras: (Constante), EstadosMaduracion

b. Variable dependiente: Fenoles

El r^2 corregido establece que la variable independiente estado de maduración explica en un 80% el comportamiento de la variable dependiente (contenido de Fenoles mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite). Por lo que el modelo explicativo es eficiente.

ANOVA^b

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	8268,482	1	8268,482	44,383	,000 ^a
Residual	1862,973	10	186,297		
Total	10131,455	11			

a. Variables predictoras: (Constante), EstadosMaduracion

b. Variable dependiente: Fenoles

General:

Ho: No existe dependencia lineal entre la variable respuesta contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Hi: Existe dependencia lineal entre la variable respuesta contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Los datos de ANOVA reflejan que el F calculado es de 44,383 > Ft 4,96 (Alfa: 0.05) por lo cual se rechaza la Ho que establece que no existe dependencia lineal entre la variable respuesta contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración. Además se debe tener en cuenta el p donde la significancia es < 0,05 (0,000).

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B		Correlaciones		
	B	Error típ.				Beta	Límite inferior	Límite superior	Orden cero	Parcial
1 (Constante)	284,147	9,651		29,441	,000	262,642	305,651			
EstadosMaduración	-23,478	3,524	-,903	-6,662	,000	-31,331	-15,626	-,903	-,903	-,903

a. Variable dependiente: Fenoles

Ho: $\beta=0$

Hi: $\beta \neq 0$

Ho: No existe dependencia lineal entre la variable respuesta contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Hi: Existe dependencia lineal entre la variable respuesta contenido de Fenoles (mg Equivalentes Acido Gálico/kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Los B son los coeficientes de regresión parcial que indican el cambio que sufre Y (variable dependiente) por cada cambio en X (variable independiente), por lo tanto los coeficientes muestran el cambio que sufre el contenido de Fenoles (Y) respecto a la variable independiente estado de maduración. Donde a medida que disminuya la variable estado de maduración disminuye la respuesta -23,478 unidades.

Así mismo la ecuación de predicción no pasa por el origen.

$$\text{Modelo de predicción } Y = 284,147(\text{constante}) - 23,478(\text{estado de maduración})$$

Anexo 8. Análisis estadístico de los resultados arrojados por el método TEAC

Hipótesis de investigación:

Ho: La actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) es igual en todos los estados de maduración en semanas (18, 20, 22 y 24 semanas).

Hi: La actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) es diferente en al menos uno de los estados de maduración en semanas (18, 20, 22 y 24 semanas).

Hipótesis estadísticas:

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

Hi: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

Descriptivos

ActAntioxidante

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
18 semanas	3	,5967	,02082	,01202	,5450	,6484	,58	,62
20 semanas	3	,4733	,04933	,02848	,3508	,5959	,44	,53
22 semanas	3	,4133	,01155	,00667	,3846	,4420	,40	,42
24 semanas	3	,3467	,01528	,00882	,3087	,3846	,33	,36
Total	12	,4575	,09910	,02861	,3945	,5205	,33	,62

Tabla 1. Estadísticos descriptivos.

En la Tabla 1 se puede analizar que los n muestrales son iguales para todos los tratamientos. Así mismo se analizan las medias las cuales son disimiles variando en un rango de $0,34 \pm 0,015$ y $0,5967 \pm 0,02$. A su vez observando la desviación estándar se puede mencionar que los datos con menor variación con respecto a la media son los del tratamiento de 18 semanas de estado de maduración.

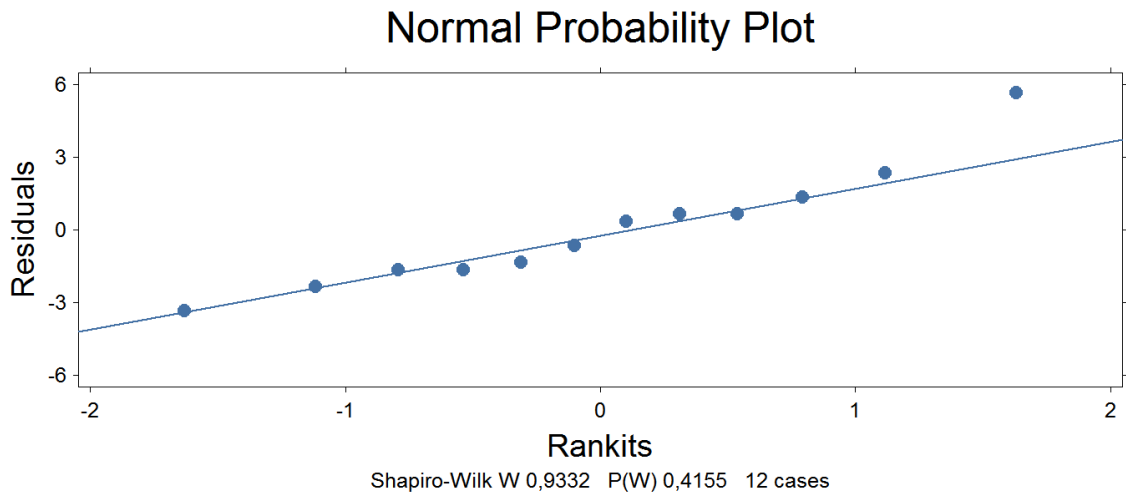


Tabla 2. Pruebas de Normalidad.

Ho: Los errores de los tratamientos tienen distribución normal.

Hi: Los errores de los tratamientos no tienen distribución normal.

En la Tabla 2 se observa que la prueba de Shapiro-Wilk muestra que los valores son $>$ a 0,05 (0,50), esto quiere decir que siguen una distribución normal (Gaussiana) cumpliendo con el supuesto de normalidad, por lo tanto se acepta la Ho.

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	3,08	0,0904
O'Brien's Test	1,37	0,3204
Brown and Forsythe Test	0,54	0,6654

Tabla 3. Prueba de homogeneidad de varianzas.

Ho: Las varianzas son iguales para todos los tratamientos.

Hi: Las varianzas son diferentes para al menos uno de los tratamientos.

En cuanto a la prueba de homogeneidad de varianzas los datos son $>$ a 0,05, esto quiere decir que cumplen con el supuesto en donde las varianzas son iguales. Por lo tanto se acepta la Ho.

- En general los datos siguen los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad, por lo que se realizó un análisis de varianza.

ANOVA

ActAntioxidante

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,102	3	,034	41,880	,000
Intra-grupos	,006	8	,001		
Total	,108	11			

Tabla 4. Prueba de Analisis de varianzas.

Hi: Las medias son diferentes para al menos uno de los tratamientos.

Ho: Las medias son iguales para todos los tratamientos.

Los datos de ANOVA reflejan que el Fcalculado es de 41,880 > Ft 4,06 por lo cual se rechaza la Ho que establece que las medias son iguales. Además se debe tener en cuenta que la significancia es < 0,05 (0,000).

ActAntioxidante

EstadosMaduracion		N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	24 semanas	3	,3467		
	dime 22 semanas	3	,4133	,4133	
	nsion 20 semanas	3		,4733	
	1 18 semanas	3			,5967
	Sig.		,080	,119	1,000
Scheffé ^a	24 semanas	3	,3467		
	dime 22 semanas	3	,4133	,4133	
	nsion 20 semanas	3		,4733	
	1 18 semanas	3			,5967
	Sig.		,112	,163	1,000

Las pruebas de Tukey y Scheffe evidencian que el tratamiento más diferente es el 18 semanas de estado de maduración con un valor de media de 0,59 (p< 0,05). Lo cual se corrobora en el grafico de medias (Figura 1).

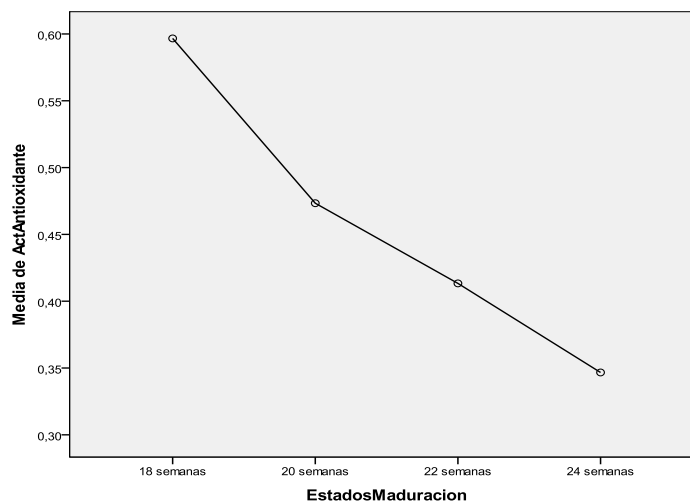


Figura 1. Gráfico de medias de los tratamientos.

En la Figura 1 se observa que la actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) es diferente en al menos uno de los estados de maduración en semanas. En donde la semana 18 es la que presenta mayor contenido de fenoles.

MODELO REGRESIÓN LINEAL

Hipótesis estadísticas: $H_0: \beta_1 = 0$ $H_i: \beta_1 \neq 0$

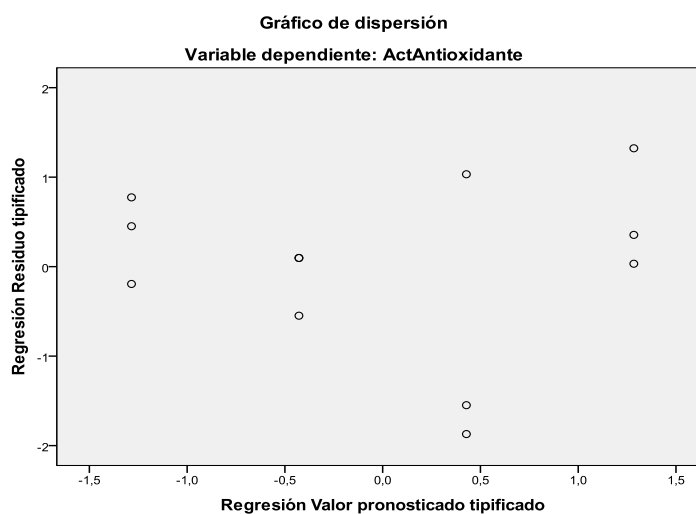


Figura 1. Gráfico de residuales.

H_0 : Las varianzas son iguales para todos los tratamientos. H_i : Las varianzas son diferentes para al menos uno de los tratamientos.

El gráfico de residuales muestra al evaluar la relación entre pronosticado (eje x) y Tip. Residual (eje y) que hay homogeneidad de varianzas ya que los puntos están disgregados y se encuentran en orden uno tras otro. Por lo tanto se acepta la H_0 que establece que las varianzas son similares o iguales.

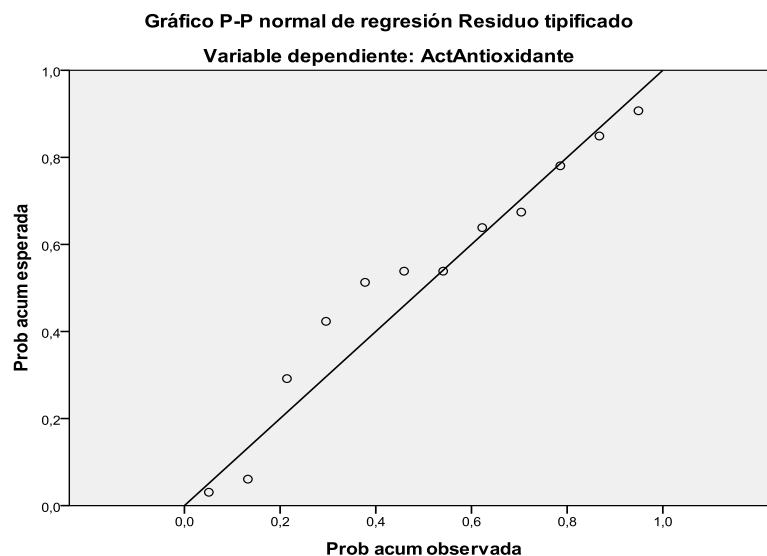


Figura 2. Prueba de normalidad.

Ho: Los errores de los tratamientos tienen distribución normal.

Hi: Los errores de los tratamientos no tienen distribución normal.

El gráfico normal de regresión Residuo tipificado muestra que al evaluar la probabilidad acumulada observada (eje x) y la probabilidad acumulada esperada (eje y) hay normalidad en los datos ya que la mayoría de puntos están cercanos a la línea, esto quiere decir que siguen una distribución normal, por lo tanto se acepta la Ho para las variables (dependiente e independientes), estableciendo que existe normalidad.

- En general los datos siguen el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo que se realizó una regresión lineal simple.

		ActAntioxidante	EstadosMaduración
Correlación de Pearson	ActAntioxidante	1,000	-,954
	EstadosMaduración	-,954	1,000
Sig. (unilateral)	ActAntioxidante	.	,000
	EstadosMaduración	,000	.
N	ActAntioxidante	12	12
	EstadosMaduración	12	12

Ho: No existe relación entre la variable respuesta actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Hi: Existe relación entre la variable respuesta actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Se evidencia que existe correlación significativa entre la variable dependiente y la variable independiente donde se observa una correlación negativa (-0,954) con una significancia de 0,000.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl 1	gl 2	Sig. Cambio en F
dimension 1 0	,954 ^a	,911	,902	,03100	,911	102,409	1	10	,000

a. Variables predictoras: (Constante), EstadosMaduracion

b. Variable dependiente: ActAntioxidante

El r^2 corregido establece que la variable independiente estado de maduración explica en un 90% el comportamiento de la variable dependiente actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite). Por lo que el modelo explicativo es eficiente.

ANOVA^b

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	,098	1	,098	102,409	,000 ^a
Residual	,010	10	,001		
Total	,108	11			

a. Variables predictoras: (Constante), EstadosMaduracion

b. Variable dependiente: ActAntioxidante

General:

Ho: No existe dependencia lineal entre la variable respuesta actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Hi: Existe dependencia lineal entre la variable respuesta actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Los datos de ANOVA reflejan que el F calculado es de 102,409 > Ft 4,96 (Alfa: 0.05) por lo cual se rechaza la Ho que establece que no existe dependencia lineal entre la variable respuesta actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración. Además se debe tener en cuenta el p donde la significancia es < 0,05 (0,000).

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B		Correlaciones		
	B	Error típ.				Beta	Límite inferior	Límite superior	Orden cero	Parcial
			B							
1 (Constante)	,660	,022		30,109	,000	,611	,709			
EstadosMaduración	-,081	,008	-,954	-10,120	,000	-,099	-,063	-,954	-,954	-,954

a. Variable dependiente: ActAntioxidante

Ho: $\beta=0$

Hi: $\beta \neq 0$

Ho: No existe dependencia lineal entre la variable respuesta actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Hi: Existe dependencia lineal entre la variable respuesta actividad Antioxidante (mmol Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) y la variable independiente estado de maduración.

Los B son los coeficientes de regresión parcial que indican el cambio que sufre Y (variable dependiente) por cada cambio en X (variable independiente), por lo tanto los coeficientes muestran el cambio que sufre la actividad antioxidante (Y) respecto a la variable independiente estado de maduración. Donde a medida que disminuya la variable estado de maduración disminuye la respuesta -0,081 unidades.

Así mismo la ecuación de predicción no pasa por el origen. Modelo de predicción $Y= 0,660(\text{constante})-0,081(\text{estado de maduración})$

Anexo 9. Análisis estadístico de los resultados arrojados por el método ORAC

Hipótesis de investigación:

Ho: La Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) es igual en todos los estados de maduración en semanas (18, 20, 22 y 24 semanas).

Hi: La Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) es diferente en al menos uno de los estados de maduración en semanas (18, 20, 22 y 24 semanas).

Hipótesis estadísticas:

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

Hi: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

Descriptivos

ActAtioxidante

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
18 semanas	3	851,4967	89,25701	51,53256	629,7700	1073,2234	769,42	946,52
20 semanas	3	321,1100	47,15376	27,22424	203,9736	438,2464	271,00	364,61
22 semanas	3	512,9533	85,87079	49,57752	299,6385	726,2682	413,91	566,55
24 semanas	3	263,2067	22,79921	13,16313	206,5703	319,8431	248,92	289,50
Total	12	487,1917	246,71853	71,22150	330,4342	643,9491	248,92	946,52

Tabla 1. Estadísticos descriptivos.

En la Tabla 1 se puede analizar que los n muestrales son iguales para todos los tratamientos. Así mismo se analizan las medias las cuales son disimiles variando en un rango de $263,2067 \pm 22,79$ y $851,49 \pm 89,25$. A su vez observando la desviación estándar se puede mencionar que los datos con menor variación con respecto a la media son los del tratamiento de 24 semanas de estado de maduración.

Normal Probability Plot

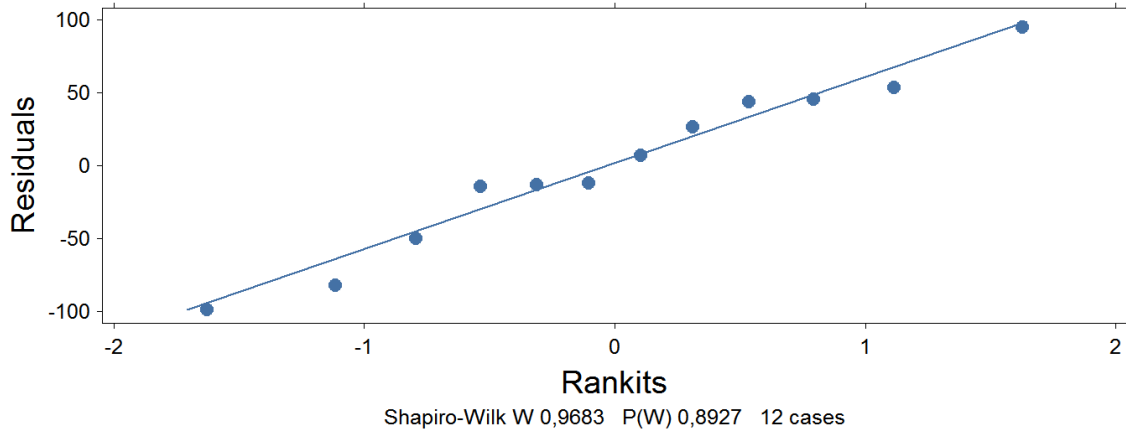


Tabla 2. Pruebas de Normalidad.

Ho: Los errores de los tratamientos tienen distribución normal.

Hi: Los errores de los tratamientos no tienen distribución normal.

En la Tabla 2 se observa que la prueba de Shapiro-Wilk muestra que los valores son $>$ a 0.05 (0,89), esto quiere decir que siguen una distribución normal (Gaussiana) cumpliendo con el supuesto de normalidad, por lo tanto se acepta la Ho.

Prueba de homogeneidad de varianzas

ActAtioxidante			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,968	3	8	,197

Tabla 3. Prueba de homogeneidad de varianzas.

Ho: Las varianzas son iguales para todos los tratamientos.

Hi: Las varianzas son diferentes para al menos uno de los tratamientos.

En cuanto a la prueba de homogeneidad de varianzas los datos son $>$ a 0.05, esto quiere decir que cumplen con el supuesto en donde las varianzas son iguales. Por lo tanto se acepta la Ho.

- En general los datos siguen los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad, por lo que se realizó un análisis de varianza.

ANOVA

ActAtioxidante					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.

Inter-grupos	633402,590	3	211134,197	46,701	,000
Intra-grupos	36167,776	8	4520,972		
Total	669570,366	11			

Tabla 4. Prueba de Análisis de varianzas.

Hi: Las medias son diferentes para al menos uno de los tratamientos.

Ho: Las medias son iguales para todos los tratamientos.

Los datos de ANOVA reflejan que el Fcalculado es de $46,701 > F_{t 4,06}$ por lo cual se rechaza la Ho que establece que las medias son iguales. Además se debe tener en cuenta que la significancia es $< 0,05$ (0,000).

ActAtioxidante

EstadosMaduracion		N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	24 semanas	3	263,2067		
	dime 20 semanas	3	321,1100		
	nsion 22 semanas	3		512,9533	
	1 18 semanas	3			851,4967
	Sig.		,724	1,000	1,000
Scheffé ^a	24 semanas	3	263,2067		
	dime 20 semanas	3	321,1100		
	nsion 22 semanas	3		512,9533	
	1 18 semanas	3			851,4967
	Sig.		,776	1,000	1,000

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

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Las pruebas de Tukey y Scheffe evidencian que el tratamiento más diferente es el 18 semanas de estado de maduración con un valor de media de 851,49 ($p < 0,05$). Lo cual se corrobora en el grafico de medias (Figura 1).

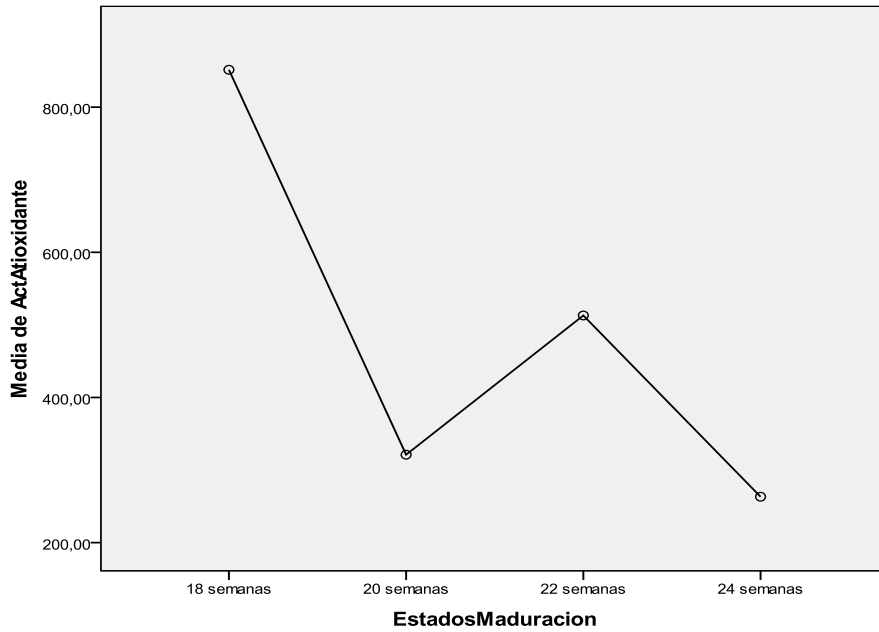


Figura 1. Gráfico de medias de los tratamientos.

En la Figura 1 se observa la Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) es diferente en al menos uno de los estados de maduración en semanas. En donde la semana 18 es la que presenta mayor contenido de fenoles.

MODELO REGRESIÓN LINEAL

Hipótesis estadísticas:

$H_0: \beta_1 = 0$ $H_i: \beta_1 \neq 0$

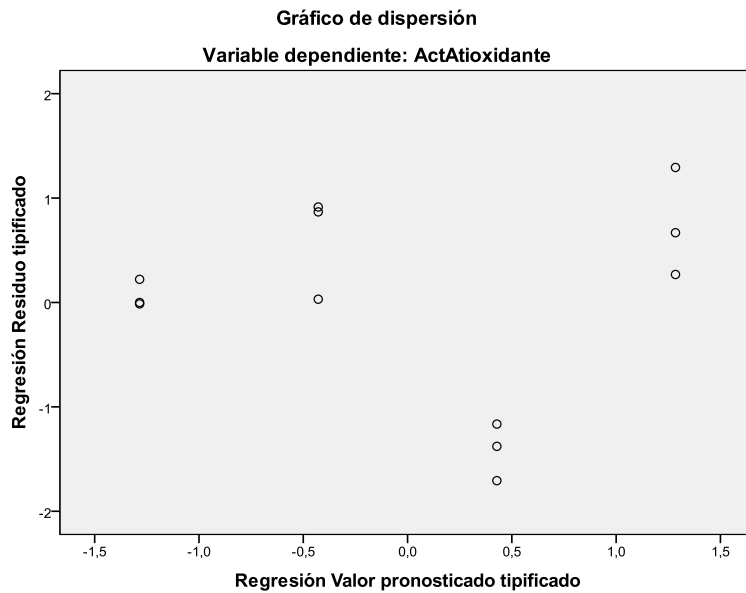


Figura 1. Gráfico de residuales.

Ho: Las varianzas son iguales para todos los tratamientos.

Hi: Las varianzas son diferentes para al menos uno de los tratamientos.

El gráfico de residuales muestra al evaluar la relación entre pronosticado (eje x) y Tip. Residual (eje y) que hay homogeneidad de varianzas ya que los puntos están disgregados y se encuentran en orden uno tras otro. Por lo tanto se acepta la Ho que establece que las varianzas son similares o iguales.

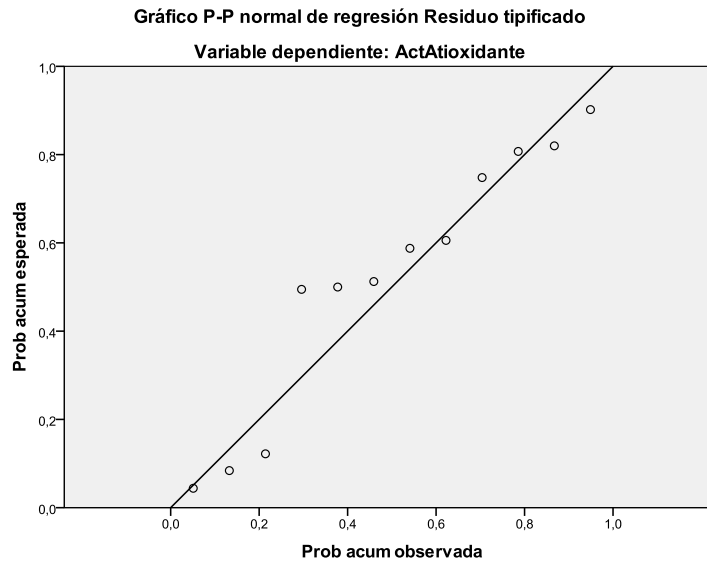


Figura 2. Prueba de normalidad.

Ho: Los errores de los tratamientos tienen distribución normal.

Hi: Los errores de los tratamientos no tienen distribución normal.

El gráfico normal de regresión Residuo tipificado muestra que al evaluar la probabilidad acumulada observada (eje x) y la probabilidad acumulada esperada (eje y) hay normalidad en los datos ya que la mayoría de puntos están cercanos a la línea, esto quiere decir que siguen una distribución normal, por lo tanto se acepta la Ho para las variables (dependiente e independientes), estableciendo que existe normalidad.

- En general los datos siguen el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo que se realizó una regresión lineal simple.

Correlaciones

		ActAtioxidante	EstadosMaduración
Correlación de Pearson	ActAtioxidante	1,000	-,745
	EstadosMaduración	-,745	1,000
Sig. (unilateral)	ActAtioxidante	.	,003
	EstadosMaduración	,003	.

N	ActAtioxidante	12	12
	EstadosMaduracion	12	12

Ho: No existe relación entre la variable respuesta Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) y la variable independiente estado de maduración.

Hi: Existe relación entre la variable respuesta Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) y la variable independiente estado de maduración.

Se evidencia que existe correlación significativa entre la variable dependiente y la variable independiente donde se observa una correlación negativa (-0,745) con una significancia de 0,003.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl 1	gl 2	Sig. Cambio en F
dimension 1 0	,745 ^a	,554	,510	172,7450	,554	12,438	1	10	,005

a. Variables predictoras: (Constante), EstadosMaduracion

b. Variable dependiente: ActAtioxidante

El r^2 corregido establece que la variable independiente estado de maduración explica en un 51% el comportamiento de la variable dependiente Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$). Por lo que el modelo explicativo es eficiente.

ANOVA^b

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	371161,934	1	371161,934	12,438	,005 ^a
Residual	298408,432	10	29840,843		
Total	669570,366	11			

a. Variables predictoras: (Constante), EstadosMaduracion

b. Variable dependiente: ActAtioxidante

General:

Ho: No existe dependencia lineal entre la variable respuesta Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) y la variable independiente estado de maduración.

Hi: Existe dependencia lineal entre la variable respuesta Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) y la variable independiente estado de maduración.

Los datos de ANOVA reflejan que el F calculado es de 12,438 > Ft 4,96 (Alfa: 0.05) por lo

cual se rechaza la Ho que establece que no existe dependencia lineal entre la variable respuesta Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) y la variable independiente estado de maduración. Además se debe tener en cuenta el p donde la significancia es $< 0,05$ (0,005).

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B		Correlaciones		
	B	Error típ.				Beta	Límite inferior	Límite superior	Orden cero	Parcial
1 (Constante)	880,48	122,149		7,208	,000	608,283	1152,614			
EstadosMaduración	-157,303	44,603	-,745	-3,527	,005	-256,683	57,922	-,745	-,745	-,745

a. Variable dependiente: ActAtioxidante

Ho: $\beta=0$

Hi: $\beta \neq 0$

Ho: No existe dependencia lineal entre la variable respuesta Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) y la variable independiente estado de maduración.

Hi: Existe dependencia lineal entre la variable respuesta Actividad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox equivalentes} / 100\text{g Aceite}$) y la variable independiente estado de maduración.

Los B son los coeficientes de regresión parcial que indican el cambio que sufre Y (variable dependiente) por cada cambio en X (variable independiente), por lo tanto los coeficientes muestran el cambio que sufre la actividad antioxidante (Y) respecto a la variable independiente estado de maduración. Donde a medida que disminuya la variable estado de maduración disminuye la respuesta -157,3 unidades.

Así mismo la ecuación de predicción no pasa por el origen.

Modelo de predicción $Y = 880,4(\text{constante}) - 157,3(\text{estado de maduración})$

Anexo 10, Análisis estadístico de la correlación entre el contenido total de fenoles (RFC) y la capacidad antioxidante por TEAC

Correlaciones

		Fenoles	Act.Antiox
Fenoles	Correlación de Pearson	1	,887**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	12	12
Act.Antiox	Correlación de Pearson	,887**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	12	12

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Ho: No existe relación entre la variable respuesta Actividad Antioxidante (mg Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) y la variable fenoles.

Hi: Existe relación entre la variable respuesta Actividad Antioxidante (mg Equivalentes Trolox/ Kg de Aceite) y la variable fenoles.

Se evidencia que existe correlación significativa entre la variable dependiente y la variable fenoles donde se observa una correlación positiva (0,87) con una significancia de 0,000.

Anexo 11, Análisis estadístico de la correlación entre el contenido total de fenoles (RFC) y la capacidad antioxidante por ORAC

Correlaciones

		Fenoles	Act.Antiox
Fenoles	Correlación de Pearson	1	,750**
	Sig. (bilateral)		,005
	N	12	12
Act.Antiox	Correlación de Pearson	,750**	1
	Sig. (bilateral)	,005	
	N	12	12

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Ho: No existe relación entre la variable respuesta Actividad Antioxidante (mg equivalentes Trolox / Kg Aceite (ppm) y la variable fenoles.

Hi: Existe relación entre la variable respuesta Actividad Antioxidante (mg equivalentes Trolox / Kg Aceite (ppm) y la variable fenoles.

Se evidencia que existe correlación significativa entre la variable dependiente y la variable fenoles donde se observa una correlación positiva (0,75) con una significancia de 0,005.



FACULTAD DE CIENCIAS
Anexo No. 6

Doctora
MARTHA CONSTANZA LIEVANO FIESCO
Directora de la Carrera de Nutrición y Dietética
Facultad de Ciencias

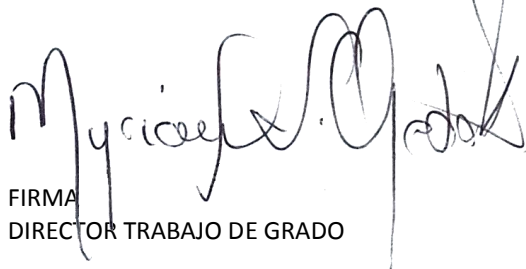
Respetado(a) Doctor(a):

Con la presente comunicación, hacemos constar que el trabajo de grado titulado: *DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE HIBRIDO DE PALMA EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACION*. Realizado por la estudiante *DANIELA GOMEZ SALGUERO* ha sido revisado y corregido de acuerdo con las observaciones sugeridas por los jurados en la sustentación.

En constancia se firma, a los días del mes de Julio del año 2014.

Cordialmente,

NOMBRE: Myriam Lucia Ojeda Arredondo



FIRMA
DIRECTOR TRABAJO DE GRADO

NOMBRE: Ligia Inés Rodríguez Piedrahita



FIRMA
JURADO TRABAJO DE GRADO