



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

**Evaluación del perfil aromático de babaco (*Vasconcellea x heilbornii*) por
cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTORA: Jara Zhunaula, Katherine Elizabeth

DIRECTOR: Figueroa Hurtado, Jorge Geovanny, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2018



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2018

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Mg. Sc.

Jorge Geovanny Figueroa Hurtado.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **Evaluación del perfil aromático de babaco (*Vasconcellea x heilbornii*) por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas** realizado por **Katherine Elizabeth Jara Zhunaula**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, y cumple con los requisitos establecidos en las normas generales para la graduación en la Universidad Técnica Particular de Loja por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, febrero del 2018

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Katherine Elizabeth Jara Zhunaula declaro ser autora del presente trabajo de titulación: **Evaluación del perfil aromático de babaco (*Vasconcellea x heilbornii*) por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas**, de la Titulación de Bioquímica y Farmacia, siendo el Mg. Sc. Jorge Geovanny Figueroa Hurtado director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art.88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad.

f).....

Autora: Jara Zhunaula Katherine Elizabeth

Cédula: 1105021610

DEDICATORIA

A **Dios,**

Por bendecir mi vida y que a pesar de todas las adversidades me da la fuerza y la fe para seguir adelante con confianza y amor en mi corazón

A mi hijo **Michael Andrés,**

Por ser quien me ha motivado fuertemente a ser alguien en la vida, por quien quiero ser una mejor persona, ser su ejemplo y guiarlo a lo largo de su vida. Te Amo hijo.

A mis padres, hermanos y hermanas

Por ser parte de mi vida y a pesar de los desacuerdos siempre se preocupan por mi bienestar y el de mi hijo.

A mi abuelita **Beatriz,**

Porque sin ella no estaría donde estoy ahora; la persona que confió en mí, quien vio algo bueno y me brindó su apoyo para lograr concluir mi carrera.

A **Omar Alejandro,**

Por brindarme su amor y su cariño, por darme su mano y ser mi compañero de vida, por sus palabras que me han servido de guía, por cada momento que hemos compartido juntos y especialmente por ser el padre del maravilloso hijo que tenemos. Te Amo.

Katherine.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a mis queridos amigos, Lenin y Andrea, por su apoyo desinteresado, por sus consejos y palabras de ánimo, por sus ocurrencias que llenaron de alegría mi corazón, y por haber sido parte de este sueño que se hizo realidad. Una etapa de nuestras vidas se termina, pero se y estoy segura de que habrán cosas mejores y espero volverlos a ver. Los quiero amigos y gracias.

Agradezco a la Universidad Técnica Particular de Loja y a la Titulación de Bioquímica y Farmacia, por haberme permitido estudiar becada y por facilitarme el uso de los laboratorios para el desarrollo de la presente investigación.

De manera especial quiero agradecer al Ing. Geovanny Figueroa Hurtado, quien como director del presente trabajo y gracias a su experiencia y su profesionalismo, supo guiarme a lo largo de su desarrollo; por su paciencia y preocupación, por ser un gran maestro y excelente persona.

Agradezco a la Mgtr. Natali Solano y al Mgtr. José Vinicio Montesinos por su colaboración como miembros del jurado de tesis, quienes con sus observaciones y sugerencias permitieron la presentación de un mejor trabajo, por su tiempo y dedicación.

Finalmente, le agradezco al ingeniero Holger Jaramillo por su ayuda en el laboratorio, y a mis amigas Cristina, Nancy, Gabriela y Ma. Isabel, por ser quienes en cierto momento me dieron el empuje para ser mejor estudiante.

A todas estas personas

¡¡Muchas Gracias!!

Katherine.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1 ORIGEN.....	6
1.2 DETALLES DE LA VARIEDAD ESTUDIADA	6
1.2.1 <i>Babaco</i>	6
1.2.2 <i>Chamburo</i>	7
1.2.3 <i>Toronche</i>	7
1.3 IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	7
1.4 COMPUESTOS VOLÁTILES.....	9
1.4.1 <i>Extracción de Compuestos Volátiles</i>	9
1.4.1.1 Microextracción en Fase Sólida – SPME	9
1.4.2 <i>Cromatografía de Gases</i>	10
1.4.3 <i>Espectrometría de Masas - MS</i>	10
1.5 ANTIOXIDANTES.....	11
1.5.1 <i>Método DPPH</i>	11
1.5.2 <i>Método ABTS</i>	12
1.5.3 <i>Poder Antioxidante de Reducción Férrica (FRAP)</i>	12
1.5.4 <i>Contenido de Fenoles Totales</i>	12
2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	13
2.1 GENERAL.....	14

2.2	ESPECÍFICOS.....	14
3	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1	MUESTRAS	16
3.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA	16
3.2.1	<i>Masa</i>	16
3.2.2	<i>Longitud y Diámetro</i>	17
3.2.3	<i>Firmeza</i>	17
3.2.4	<i>Determinación del Color</i>	17
3.2.5	<i>Determinación de pH</i>	18
3.2.6	<i>Determinación de Acidez</i>	18
3.2.7	<i>Determinación de Sólidos Solubles</i>	19
3.2.8	<i>Determinación del Índice de Madurez</i>	19
3.2.9	<i>Determinación de humedad</i>	19
3.2.10	<i>Determinación de Cenizas</i>	19
3.3	EVALUACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES	20
3.3.1	<i>Microextracción en Fase Sólida</i>	20
3.3.2	<i>Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas</i>	20
3.3.3	<i>Identificación de Compuestos</i>	21
3.3.3.1	Índice de Kovats	21
3.3.3.2	Índice de Similitud.....	21
3.4	ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	21
3.4.1	<i>Extracción de Antioxidantes</i>	21
3.4.2	<i>Cuantificación de la Actividad Antioxidante</i>	22
3.4.2.1	DPPH	22
3.4.2.2	ABTS	23
3.4.2.3	FRAP	24
3.4.3	<i>Determinación de Fenoles Totales</i>	25
3.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	26
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS	29
4.2	CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES	32
4.3	ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	40
4.3.1	<i>Método DPPH</i>	40
4.3.2	<i>Método ABTS</i>	41
4.3.3	<i>Método FRAP</i>	41
4.4	FENOLES TOTALES	42
	CONCLUSIONES.....	44

RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Productos industrializados de babaco.....	8
Figura 2.- Productos industrializados de chamburo.....	8
Figura 3.- Método de microextracción en fase sólida SPME	10
Figura 4.- Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas.....	11
Figura 5.- Fotografía del fruto del babaco, chamburo, toronche	16
Figura 6.- Espacio de color CIELAB.....	18
Figura 7.- Proceso de extracción de antioxidantes	22
Figura 8.- Determinación de actividad antioxidante mediante el método DPPH	23
Figura 9.- Determinación de actividad antioxidante mediante el método ABTS.....	24
Figura 10.- Determinación de actividad antioxidante mediante el método FRAP.....	25
Figura 11.- Determinación de fenoles totales mediante el método Folin-Ciocalteu.....	26
Figura 12.- Cromatogramas a) Babaco, b) Toronche, c) Chamburo.....	37
Figura 13.- Compuestos volátiles identificados	38
Figura 14.- Sumatoria de áreas para los diferentes grupos químicos encontrados	39
Figura 15.- Actividad antioxidante medida por el método DPPH.	40
Figura 16.- Actividad antioxidante medida por el método ABTS.	41
Figura 17.- Actividad antioxidante medida por el método FRAP.....	42
Figura 18.- Fenoles totales de babaco, chamburo y toronche.	43
Figura 19.- Correlación entre actividad antioxidante y fenoles totales.	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Características físicas	30
Tabla 2.- Características químicas	31
Tabla 3.- Compuestos volátiles identificados	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Cálculo del índice de retención	52
Anexo 2.- Análisis estadístico	53

LISTA DE ABREVIATURAS

SS:	Sólidos solubles
IK:	Índice de Kovats
MeOH:	Metanol
DPPH:	2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
ABTS:	2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolín-6-sulfónico)
FRAP:	Poder antioxidante de reducción férrica
TPTZ:	2,4,6-tripiridil-s-triazina
TROLOX:	Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico
HCl:	Ácido clorhídrico
H₂O d.d:	Agua destilada
H₂SO₄:	Ácido sulfúrico
Na₂CO₃:	Carbonato de sodio
K₂S₂O₈:	Persulfato de potasio
FeCl₃.6H₂O:	Cloruro férrico hexahidratado
C₂H₃NaO₂.3H₂O:	Acetato de sodio trihidratado
rpm:	Revoluciones por minuto
ET:	Equivalente a trolox
g:	gramo
mg:	Miligramo
min:	Minuto
mL:	Mililitro
µL:	Microlitro
µM:	Micromolar
istd:	Estándar interno
BF:	Base fresca
DE:	Desviación estándar
CA:	Capacidad antioxidante
SM:	Solución madre

RESUMEN

Se evaluó el perfil aromático de tres variedades de Vasconcelleas (babaco, toronche y chamburo) mediante microextracción en fase sólida por espacio de cabeza estático y el análisis por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Se identificaron cincuenta y seis compuestos: cuarenta ésteres, siete terpenos, cuatro alcoholes, tres ácidos y dos cetonas. Los compuestos etil acetato, butil acetato, hexil acetato, metil hexanoato, butil butanoato, etil benzoato, butil hexanoato, etil octanoato, etil butanoato, etil hexanoato, linalol, butanol y octanol fueron identificados en las tres muestras.

Además, se cuantificó el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante mediante los métodos: DPPH, ABTS y FRAP. La extracción se realizó mediante maceración dinámica secuencial con metanol/agua (50:50, v/v) y acetona/agua (70:30, v/v). El toronche presentó la mayor concentración para DPPH (7.2 μmol de EQ Trolox/g BF), FRAP (47.6 μmol de EQ Trolox/g BF) y fenoles totales (34.2 mg EAG/100 g BF), en cambio para ABTS fue el chamburo (6.1 μmol de EQ Trolox/g BF). Estos resultados indican que el toronche y el chamburo se pueden considerar como fuentes moderadas de antioxidantes.

Palabras clave: Vasconcelleas, perfil aromático, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

The aromatic profile of three varieties of *Vasconcelleas* (babaco, toronche and chamburo) was evaluated through microextraction in solid phase by static space and analysis by gas chromatography attached to mass spectrometry. Fifty-six compounds were identified: forty esters, seven terpenes, four alcohols, three acids and two ketones. The compounds ethyl acetate, butyl acetate, hexyl acetate, methyl hexanoate, butyl butanoate, ethyl benzoate, butyl hexanoate, ethyl octanoate, ethyl butanoate, ethyl hexanoate, linalool, butanol and octanol were identified in all three samples.

In addition, the content of total phenols and antioxidant capacity was measured by the methods: DPPH, ABTS and FRAP. The extraction was carried out by sequential dynamic maceration with methanol/water (50:50, v/v) and acetone/water (70:30, v/v). The toronche showed the highest concentration for DPPH (7.2 $\mu\text{mol EQ Trolox/g FW}$), FRAP (47.6 $\mu\text{mol EQ Trolox/g FW}$) and total phenols (34.2 mg EAG/100 g FW), whereas for ABTS it was chamburo (6.1 $\mu\text{mol EQ Trolox/g FW}$). These results indicate that the toronche and chamburo can be considered as moderate sources of antioxidants.

Key words: *Vasconcelleas*, aromatic profile, antioxidant capacity.

INTRODUCCIÓN

Ecuador debido a su excepcional ubicación geográfica, se considera como un país multidiverso, que concentra un alto porcentaje de la biodiversidad mundial (26% de la flora nativa) y dentro de ella, la Región Sur del país acoge alrededor del 44.91% del total nacional, distribuidos el 19.1% en la provincia de Loja, el 17.7% en Zamora Chinchipe y el 8.1% en El Oro (Jørgensen & León-Yáñez, 1999; Valencia, 2000); parte de ella la constituyen la familia de las Vasconcelleas. Los frutos babaco (*Vasocellea x heilbornii*), toronche (*Vasocellea stipulata*) y chamburo (*Vasocellea pubescens*), forman parte de esta familia. El babaco es producto del entrecruzamiento entre toronche y chamburo (Van den Eynden, Cueva, & Cabrera, 1999), por lo cual es de esperar cierto nivel de parentesco (sabor, aroma, compuestos volátiles, capacidad antioxidante). Por lo cual mediante la presente investigación se buscó evaluar el perfil aromático y potencial antioxidante de estas frutas, con la finalidad de encontrar similitudes y/o diferencias entre ellas.

El presente trabajo de titulación abarca cuatro capítulos, el primero detalla la revisión bibliográfica del babaco, toronche y chamburo, el segundo y tercero exponen los objetivos planteados y la metodología utilizada, respectivamente; en el cuarto capítulo se discute los resultados obtenidos.

En la identificación de volátiles el toronche y el chamburo tuvieron una mayor cantidad de compuestos con un total de 34 cada uno y finalmente babaco con 28 compuestos, siendo los ésteres el grupo químico más abundante. De igual manera en el análisis de antioxidantes el toronche mostró mayor potencial antioxidante frente a los demás extractos.

Uno de los primeros limitantes que interfirió en el adecuado desarrollo del trabajo fue la obtención del toronche y el tiempo de maduración del mismo, ya que al ser una fruta exótica no se encuentra a la venta en los mercados locales.

La metodología a emplearse en el análisis de los componentes volátiles fue: microextracción en fase sólida por espacio de cabeza estático (HS-SPME) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). Para realizar la evaluación de la actividad antioxidante se dispuso de varios métodos: la capacidad de captación de radicales (DPPH y ABTS), la reducción de metales (FRAP) y la cuantificación de fenoles totales.

No se han podido encontrar estudios previos que evalúen el perfil aromático y capacidad antioxidante del toronche.

Tanto el análisis de compuestos volátiles como el de actividad antioxidante de las muestras antes mencionadas representan un importante aporte en la química de alimentos, dado que la comparación conjunta de estas tres variedades confirmará si existe relación entre ellas.

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Origen

El género *Vasconcellea* está conformado por veintiún especies, de las cuales *V. pubescens*, *V. stipulata*, y el híbrido natural *V. × heilbornii* fueron evaluadas en el presente estudio.

El babaco es una fruta nativa de la región sur del Ecuador, su cultivo se localiza fundamentalmente en los valles de la región interandina (Robles-Carrión & Sánchez-Rodríguez, 2013; Robles Carrión, Herrera Isla, & Torres Gutiérrez, 2016; Soria & Viteri, 1999). La primera descripción taxonómica fue realizada por Heilborn en 1922, donde presentó evidencias que permitieron concluir que el babaco es un híbrido natural derivado del cruce entre las especies *Vasconcellea pubescens* (chamburo) y *Vasconcellea stipulata* (toronche) (T. K. Lim, 2012). Debido a las características de sabor y aroma y por su contenido nutricional se ha incrementado el consumo del babaco, que se ha convertido en un cultivo apto para la exportación a Europa y Estados Unidos (Scheldeman, Romero Motoche, Van Damme, Heyens, & Van Damme, 2003). El desarrollo de la cultura y el consumo del babaco puede explicarse por el sabor original de la fruta, así como los altos rendimientos de producción de la planta (Villareal, Dhuique-Mayer, Dornier, Ruales, & Reynes, 2003).

El chamburo es una fruta originaria de Sudamérica, se extiende desde Colombia hasta Bolivia de manera natural y como planta cultivable alcanza a ocupar el Centro y Sur de Chile (Vidal, Finot, Mora, & Venegas, 2009). El estudio realizado por Estrella (1988) detalla que Azuay, Bolívar, Carchi, Imbabura, Loja, Pichincha y Tungurahua son las zonas de mayor producción de cultivo del chamburo. De la misma forma el toronche es nativo de los Andes ecuatorianos cuyo cultivo silvestre se encuentra especialmente en las provincias de Azuay, Cañar y Loja (Jordán, Vélez, & Armijos, 2011), entre los 2000 y 2800 m.s.n.m. en zonas húmedas y montañas (Boyer, 2000).

1.2 Detalles de la Variedad Estudiada

1.2.1 Babaco

Vasconcellea x heilbornii se caracteriza por tener un tronco recto, cilíndrico, no leñoso, su color es verde cuando es joven y de color marrón grisáceo cuando la planta es adulta. Las hojas se insertan a lo largo del tronco en forma alterna, las flores nacen en las axilas de las hojas y su aparición es continua mientras crece la planta. El fruto es una baya acuosa, lobulada, que en desarrollo es de color verde y en la madurez de color amarillo (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN-1998, 2005). La pulpa es blanquecina-cremosa,

ligeramente ácida y baja en azúcar. El sabor ha sido descrito con tonos de limón, piña y papaya (T. K. Lim, 2012).

1.2.2 Chamburo

Vasconcellea pubescens se caracteriza por tener un tronco recto semi leñoso, ausente de espinas; las hojas son lobuladas y se distinguen por la presencia de pubescencia (vellosidades) en el envés de las mismas; las flores están cubiertas por finos pelos y son de color verde-amarillo (Van den Eynden et al., 1999). El fruto es una baya ovoide con cinco lóbulos, de color verde cuando está en desarrollo y amarillo en la madurez (Vidal et al., 2009). El centro es hueco y contiene muchas semillas envueltas en un tejido mucilaginoso (Repo de Carrasco & Encina Zelada, 2008). La pulpa es utilizada para preparar conservas y dulces, posee un color crema-amarillento, su sabor es un poco amargo, pero su aroma es muy agradable, además su fruto es rico en papaína (Vidal et al., 2009).

1.2.3 Toronche

Vasconcellea stipulata se caracteriza por tener un tronco semi leñoso, ramificado de hasta 10 metros de altura, se distingue por la presencia de espinas (estípulas), las hojas son lobuladas que se caracterizan por el color rojizo de su nervadura, las flores tienen un color variable (blanco, amarillo a rojizo), el fruto es oblongo de color verde antes de su madurez y amarillo al alcanzarla.

1.3 Importancia en la Industria Alimentaria

El babaco como fruto tiene varios usos dentro de la industria alimentaria, se lo puede encontrar en presentaciones como mermelada, en almíbar y jugos, además de combinaciones con otras frutas o con chocolate (**Figura 1**).





Figura 1.- Productos industrializados de babaco

Fuente: (Vélez & Vélez, 1908); (Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio, 1981); (Aguirre & Bueno, 2008); (Gualán, 2010); (Manrique, 2015); (Ashanka, 2016); (Artesanal Alfarero, 2017)

Elaboración: La Autora

Los productos de chamburo que se comercializan son pocos y abarcan únicamente a las mermeladas (**Figura 2**), en cambio con el toronche no se ha elaborado hasta el momento ningún producto industrializado.



Figura 2.- Productos industrializados de chamburo

Fuente: (Salinerito®, 1970); (Valdivia®, 2016)

Elaboración: La Autora

El aroma es uno de los atributos más importantes que afecta al sabor de una fruta y por lo tanto su aceptabilidad y consumo. La formación de compuestos aromáticos es un proceso dinámico influenciado por varios factores, entre ellos la maduración de la fruta es el más relevante, ya que el sabor típico de la mayoría de las frutas no está presente durante la formación temprana y sólo se desarrolla después de la maduración del fruto (Pereira, Pereira, & Câmara, 2011). Durante este período, el metabolismo cambia a catabolismo y los metabolitos volátiles se forman de los principales componentes de la planta a través de

diversas vías bioquímicas (ruta del ácido shikímico, ruta isoprenoide, β -oxidación) (Pérez, Ríos, Sanz, & Olías, 1992). La caracterización de los volátiles que componen aromas específicos de plantas y frutas resulta bastante útil ya que proporciona una especie de huella que certifica la identidad y la calidad de dicho fruto (Pellati, Benvenuti, Yoshizaki, Bertelli, & Rossi, 2005).

1.4 Compuestos Volátiles

El aroma es una mezcla compleja de compuestos, que aunque se encuentren en bajas concentraciones, contribuyen al olor que caracteriza a cada fruta (Hernández, 2005). Los compuestos del aroma son principalmente hidrofóbicos por ende el análisis instrumental de estos compuestos debe tener en consideración, un método de aislamiento capaz de separar estas sustancias hidrofóbicas de la matriz que constituye el alimento (J. A. Pino, 2000). Las investigaciones sobre química de aromas han señalado que sólo un número muy limitado de volátiles son los responsables del aroma particular de frutas, los cuales se conocen con el nombre de *compuestos clave* del aroma (Gutiérrez, Sinuco, & Osorio, 2010).

1.4.1 Extracción de Compuestos Volátiles

Como se ha mencionado anteriormente el aroma es una mezcla compleja de compuestos y, para lograr una adecuada extracción de los mismos se requiere de la aplicación de métodos confiables y eficaces que garanticen la conservación de la mayoría de los constituyentes principales del aroma (Hernández, 2005). Varios son los factores que afectan la estabilidad de los compuestos en la extracción, por ejemplo la temperatura, preparación de la muestra, tiempo del análisis, etc. Por ello, el método de ensayo debe ser cuidadosamente escogido para alcanzar los objetivos propuestos (Rojas Gutiérrez & Revah Moiseev, 1993; Ulloa, 2006). Los métodos que son utilizados frecuentemente para la extracción de los aromas son: destilación por arrastre de vapor (Gil, 2016), destilación con solventes (Gil, 2016), destilación-extracción con solvente orgánico (Figuroa & Vargas, 2016; A. Martínez, 1996), extracción con fluido supercrítico (Velasco, Villada, & Carrera, 2007) y **microextracción en fase sólida** (de Jesus Benevides, de Almeida Bezerra, Pereira, & de Andrade, 2014).

1.4.1.1 Microextracción en Fase Sólida – SPME

Es una de las técnicas más utilizadas en la industria de los alimentos, de aromas y de fragancias, ya que permite aislar los analitos de una muestra mediante el uso de una fibra de sílice fundida recubierta con un material adsorbente en la cual se extraen dichos compuestos (Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009). La selección de la fibra desempeña un papel importante al momento de extraer compuestos volátiles, las más utilizadas son: PDMS

(polidimetilsiloxano), DVB (divinil benceno), PDMS-CAR (polidimetilsiloxano/carboxeno) y CW (carbowax) (Sampietro, Catalan, & Vattuone, 2009).

SPME (método estático): La muestra de interés se mantiene sellada en un vial hermético a una temperatura controlada durante un tiempo determinado, así se logra un equilibrio y los componentes volátiles pasan de la fase sólida a la fase gas (espacio de cabeza); luego una parte de esta zona se retiene en la fibra y se transfiere a la columna cromatográfica para efectuar la separación de los compuestos (Kolb & Ettre, 2006). Este método se ilustra en la **Figura 3**.

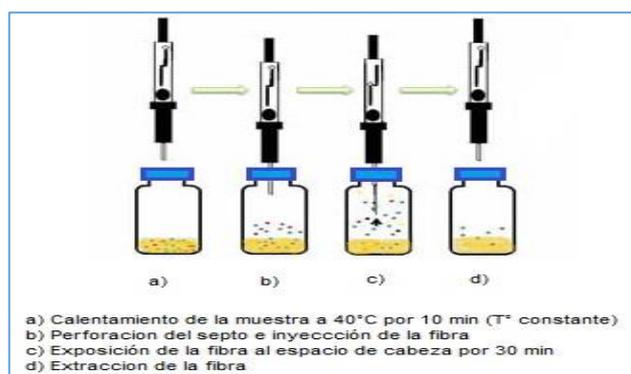


Figura 3.- Método de microextracción en fase sólida SPME

Fuente: (Jaramillo, Stashenko, & Martínez, 2010)

Elaboración: La Autora

1.4.2 Cromatografía de Gases

Es una técnica analítica empleada en la separación e identificación de los constituyentes químicos de los aromas, estos componentes son arrastrados por medio de un gas portador (Helio) a través de una fase estacionaria (Skoog, West, Holler, & Crouch, 2003). De acuerdo al coeficiente de distribución, los analitos de la muestra van eluyendo uno a uno y como resultado tenemos la separación de los compuestos, los cuales pueden ser medidos de manera cualitativa o cuantitativa (Stashenko & Martínez, 2011).

1.4.3 Espectrometría de Masas - MS

Es una técnica analítica que permite determinar la composición de diferentes elementos químicos, separando los núcleos atómicos en función de su relación entre masa y carga (m/z); los objetivos primordiales de este método son: la identificación de compuestos desconocidos, cuantificación de compuestos conocidos y obtener la estructura química del analito (Gutiérrez Bouzán & Droguet, 2002). Frecuentemente el espectrómetro de masas se encuentra como detector de un cromatógrafo de gases, conformando una técnica híbrida conocida como cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) (Harris, 2007). Esta técnica se ilustra en la **Figura 4**.

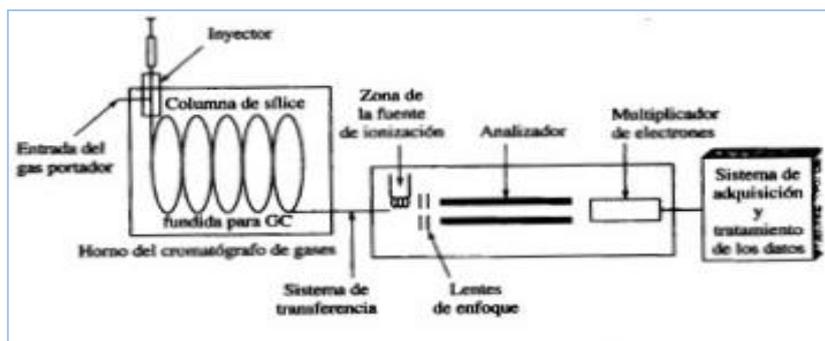


Figura 4.- Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas
Fuente: (Skoog, Holler, & Nieman, 2001)
Elaboración: (Skoog et al., 2001)

1.5 Antioxidantes

Los antioxidantes son moléculas que retardan o impiden la oxidación de otras moléculas como lípidos, proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos (Hassimotto, Genovese, & Lajolo, 2005), de esta manera impiden la formación de radicales libres, es decir que eliminan esa capacidad que tiene los agentes oxidantes para sustraer los electrones, evitando el daño celular (Y. Y. Lim, Lim, & Tee, 2007). Estas moléculas se adquieren a partir de dos rutas principalmente: por síntesis química y los que se encuentran de manera natural en los alimentos (Nantitanon, Yotsawimonwat, & Okonogi, 2010). Los antioxidantes naturales presentes en los vegetales y frutas se encargan de proteger la calidad de los alimentos y además son considerados más seguros (Abdalla, Darwish, Ayad, & El-Hamahmy, 2007; Finkel & Holbrook, 2000; Nantitanon et al., 2010). Entre los antioxidantes naturales más representativos están la vitamina C y E, los carotenoides, los flavonoides, las antocianinas y algunos compuestos fenólicos (Ayala-Zavala et al., 2011).

En la actualidad se utilizan diferentes análisis para evaluar la actividad antioxidante de los vegetales y frutas. Los métodos más empleados son:

1.5.1 Método DPPH

Llamado así por el reactivo 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995). El fundamento de este método se basa en la cuantificación de la capacidad captadora de radicales libres en una determinada muestra, cuya reacción permite la decoloración del reactivo DPPH (púrpura) cuando se añade el contenido de la muestra (Huang, Ou, & Prior, 2005). La longitud de onda utilizada en este método es 515 nm (Thaipong, Boonprakob, Crosby, Cisneros-Zevallos, & Byrne, 2006).

1.5.2 Método ABTS

Denominado así por el reactivo 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolín-6-sulfónico), este método mide la capacidad captadora de radicales libres, a través de la decoloración del radical ABTS (incoloro) teniendo como resultado una coloración final verde-azulada cuando hay presencia de antioxidantes (Arnao, Cano, & Acosta, 2001). La longitud de onda utilizada en este método es 734 nm (Thaipong et al., 2006).

1.5.3 Poder Antioxidante de Reducción Férrica (FRAP)

Este método permite cuantificar el poder que tiene una sustancia antioxidante para reducir el hierro férrico (Fe^{3+}) presente en el complejo 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) hasta su forma ferrosa (Fe^{2+}), la longitud de onda utilizada en este método es 593 nm (Thaipong et al., 2006).

1.5.4 Contenido de Fenoles Totales

Este no es un método para evaluar la capacidad antioxidante, sin embargo mediante el uso del reactivo Folin-Ciocalteu (amarillo) se puede cuantificar el contenido de los compuestos fenólicos totales presentes en frutas y vegetales (Prior, Wu, & Schaich, 2005). La longitud de onda que se utiliza en este método es 725 nm (Thaipong et al., 2006).

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 General

Identificar los principales compuestos volátiles y evaluar la capacidad antioxidante de babaco, chamburo y toronche.

2.2 Específicos

- Extraer e identificar los compuestos volátiles de babaco, chamburo y toronche mediante microextracción en fase sólida y cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas.
- Evaluar la capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales de babaco, chamburo y toronche.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Muestras

Las muestras de babaco (*Vasconcellea heilbornii*) y chamburo (*Vasconcellea pubescens*) fueron adquiridas en el centro comercial (Gran Colombia) de la ciudad de Loja, provincia de Loja. Las muestras de toronche (*Vasconcellea Stipulata*) se obtuvieron de una huerta propiedad de la Sra. María Saca en la parroquia San Lucas de la provincia de Loja. Las variedades que se utilizaron se muestran en la **Figura 5**.



Figura 5.- Fotografía del fruto del babaco, chamburo, toronche

Fuente: La Autora

Elaboración: La Autora

Para el análisis físico de las variedades se seleccionaron frutas enteras maduras (tres de cada muestra), en cambio en los análisis químicos las muestras fueron trituradas retirando previamente las semillas. Finalmente para el análisis de antioxidantes el puré de cada una de las muestras fue colocado por separado en frascos de 250 mL (Boeco Germany) y éstos a su vez se conectaron al liofilizador Labconco (modelo 7754047., USA) para deshidratar la fruta.

3.2 Caracterización Físicoquímica

Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como el valor promedio \pm DE. Los métodos empleados se detallan a continuación:

3.2.1 Masa

El peso de la fruta completa, piel, pulpa y semillas se determinó haciendo uso de una balanza Mettler Toledo (modelo PJ4000).

3.2.2 Longitud y Diámetro

La longitud y diámetro fue medida utilizando un calibrador pie de rey (CUMMINGS TOOLS® 0-6" (1x1/1000 in)).

3.2.3 Firmeza

La firmeza de las frutas se midió con un penetrómetro modelo FT 011 (Fruit Tester., USA) de acuerdo con las instrucciones del fabricante sobre pulpa fresca utilizando la punta de 0.5-5 Kg para babaco y toronche, y la punta de 0.5-13 Kg para chamburo.

3.2.4 Determinación del Color

Se midió el color de la corteza y pulpa, mediante las cartas de color de la Royal Horticultural Society (RHS) y colorímetro digital (KONICA MINOLTA modelo CR-14) con óptico en el sistema Yxy. Estos valores fueron transformados al sistema de color CIE, L*, a*, b*, mediante el Convertidor de Color (ColorMine.org). El ángulo de tono (h°) y el croma (C*) se calcularon con la **Ecuación 1** y **Ecuación 2** respectivamente.

$$h^{\circ} = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde L* es una coordenada del espacio del color que indica la luminosidad del mismo, a* es la coordenada que indica el cambio entre verde y rojo (+a inclinación al rojo, -a inclinación al verde); b* es la coordenada que indica el cambio entre azul y amarillo (+b inclinación al amarillo, -b inclinación al azul); C* es el croma que indica la intensidad de un color particular y h° es el ángulo de matiz que indica la percepción del color de forma similar al ojo humano (Salinas-Hernández, González-Aguilar, & Tiznado-Hernández, 2013).

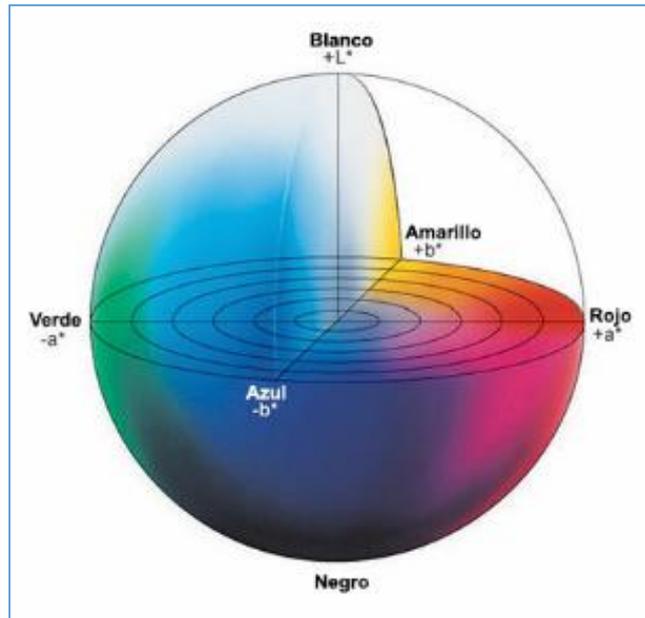


Figura 6.- Espacio de color CIELAB

Fuente: KONICA MINOLTA

Elaboración: KONICA MINOLTA

3.2.5 Determinación de pH

El pH de las muestras fue medido de acuerdo al método AOAC 981.12 para lo cual se utilizó el pH-metro digital Testo (modelo 206., AG Germany).

3.2.6 Determinación de Acidez

La determinación de acidez titulable se realizó en un titulador automático Mettler Toledo (modelo DL15., China), se pesó 2 g de muestra diluidos en 60 mL de agua destilada y se homogenizó con la ayuda de un magneto; la mezcla se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0.02 N, hasta alcanzar un pH de 8.2, el porcentaje de acidez se calculó mediante la **Ecuación 3**.

$$\%(\text{A}) = \frac{(\text{mL NaOH}) (\text{N NaOH})(\text{meq}) \times 100}{V_{\text{muestra}}} \quad \text{Ecuación 3}$$

En donde:

mL NaOH : volumen de hidróxido de sodio gastado
 N NaOH : normalidad del hidróxido de sodio (0.02 N)
 V_{muestra} : volumen de la muestra
 meq (Ac. málico): 0.067

3.2.7 Determinación de Sólidos Solubles

El análisis del contenido de sólidos solubles fue determinado mediante el método de la AOAC 932.12 para lo cual se utilizó un refractómetro Mettler Toledo (modelo 30PX), en el que se colocó 1 mL del puré de las muestras y se midió el índice de refracción por separado cada una; el resultado se expresó como °Brix. En la **Tabla 2** se expresan los resultados promediados para cada muestra.

3.2.8 Determinación del Índice de Madurez

La determinación del índice de madurez (IM) es importante en el análisis químico ya que asegura la calidad final y la vida comercial de la fruta (Lleó García, Valero Ubierna, & Ruiz-Altisent, 1999). Para este método se utilizó la **Ecuación 4** expuesta en la norma INEN-1909 (2015), en la que se divide el porcentaje de sólidos solubles para el porcentaje de acidez titulable.

$$\text{Índice de Madurez} = \frac{SS(^{\circ}\text{Brix})}{\text{Acidez titulable (\%)}} \quad \text{Ecuación 4}$$

3.2.9 Determinación de humedad

Este método se realizó en una estufa de vacío Jeio Tech (modelo OV-12., Korea) basándose en la técnica AOAC 934.06, para lo cual se pesó 5 g de cada muestra, que se colocaron en varias cápsulas de porcelana y fueron llevadas a la estufa a $70 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (Presión ≤ 100 mm Hg) hasta alcanzar un peso constante, luego se dejó enfriar las muestras en un desecador y se pesaron. El porcentaje de humedad se calculó mediante la **Ecuación 5**.

$$\% \text{Humedad} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_h} \times 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

En donde:

$$\begin{aligned} m_{\text{H}_2\text{O}} &: (\text{peso cápsula} + \text{muestra húmeda}) - (\text{peso cápsula vacía} + \text{muestra seca}) \\ m_h &: (\text{peso cápsula} + \text{muestra húmeda}) - \text{peso cápsula vacía} \end{aligned}$$

De igual manera los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresan promediados para cada muestra en la **Tabla 2**.

3.2.10 Determinación de Cenizas

Para este método se utilizó una mufla furnace (Thermolyne modelo 8000), tomando como base la técnica descrita por AOAC 940.26. Primeramente se procedió a pesar 2 g de cada

muestra en varios crisoles, los cuales se colocaron sobre una estufa hasta que las muestras estuvieran quemadas totalmente, luego los crisoles fueron llevados a la mufla ($T^{\circ} = 550^{\circ}\text{C}$ por 5h) donde todas las muestras se incineraron hasta obtener cenizas blancas. Finalmente se dejó enfriar los crisoles dentro de un desecador y se pesaron. El porcentaje de cenizas se calculó mediante la **Ecuación 6**.

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

En donde:

- m_2 : peso en gramos del crisol con cenizas
- m_1 : peso en gramos del crisol con la muestra
- m_0 : peso en gramos del crisol vacío

3.3 Evaluación de Compuestos Volátiles

3.3.1 Microextracción en Fase Sólida

Para la extracción de los compuestos volátiles se utilizó la técnica descrita por Ferreira, Perestrelo, and Camara (2009), en la que se seleccionó una fibra: 50/30 μm divinil benceno/carboxeno/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS - SUPELCO). Esta fibra se acondicionó en el puerto de inyección, manteniendo la fibra por 5 min a una temperatura de 250°C .

Se utilizó como estándar interno (istd) el decanol al cual se lo diluyó con agua (10 μL decanol + 30 mL H_2O). Primeramente se introdujo un magneto dentro de un vial ámbar de 40 mL (Supelco), luego se colocó 30 μL del istd diluido en el fondo del mismo, se pesó 8 g del puré de babaco conjuntamente con 0.4 g de NaCl y 2 mL de agua destilada, a continuación se agitó en vortex por 2 min. Finalmente se lo colocó sobre una placa de calentamiento con agitación a una temperatura de $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 10 min, para extraer los compuestos volátiles, la fibra fue expuesta al espacio de cabeza por 30 min. La desorción de los compuestos se realizó en el puerto de inyección del cromatógrafo a 250°C por 5 min.

3.3.2 Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas

Se implementó el método descrito por Ferreira et al. (2009), para la extracción de compuestos volátiles, el equipo utilizado fue un cromatógrafo de gases (Agilent 6890) acoplado al espectrómetro de masas (Agilent 5973). Se utilizó una columna capilar DB-5ms (Agilent Technologies) de dimensiones (0.1 mm * 60 m * 0.1 μm), el gas empleado fue Helio

(99.99% - Indura S.A.). La temperatura inicial del horno fue de 40 °C permaneciendo así por 5 min; a continuación la temperatura se eleva a razón de 10 °C por min hasta alcanzar los 220 °C; finalmente se mantiene a 250 °C por 10 min. El flujo del gas de arrastre fue 1 mL/min.

3.3.3 Identificación de Compuestos

Para la identificación de los compuestos aromáticos de las especies de *Vasconcelleas* se utilizó el índice de Kovats y el índice de similitud.

3.3.3.1 Índice de Kovats

Es un método cualitativo con el que se analizan los tiempos de retención de los diferentes compuestos aromáticos en cromatografía de gases, de manera que ayuda a identificar positivamente los componentes de una mezcla (Quirós, 2006).

En este método se utilizó una mezcla estándar de n-alcános, con la que se hace la comparación del tiempo de retención de los hidrocarburos con el tiempo de retención de los compuestos del babaco, toronche y chamburo.

3.3.3.2 Índice de Similitud

La identificación de cada compuesto volátil se realizó por medio de comparaciones con la biblioteca Wiley (7ⁿ edition) la cual dispone de 390.000 espectros y 316.934 compuestos. Se consideró identificado a un compuesto, cuando el índice de similitud (QM) es igual o mayor a 80 (Figuroa & Vargas, 2016).

3.4 Análisis de la Actividad Antioxidante

3.4.1 Extracción de Antioxidantes

La extracción se realizó según la metodología descrita por Pérez-Jiménez and Saura-Calixto (2007). En la **Figura 7** se detalla la técnica aplicada.

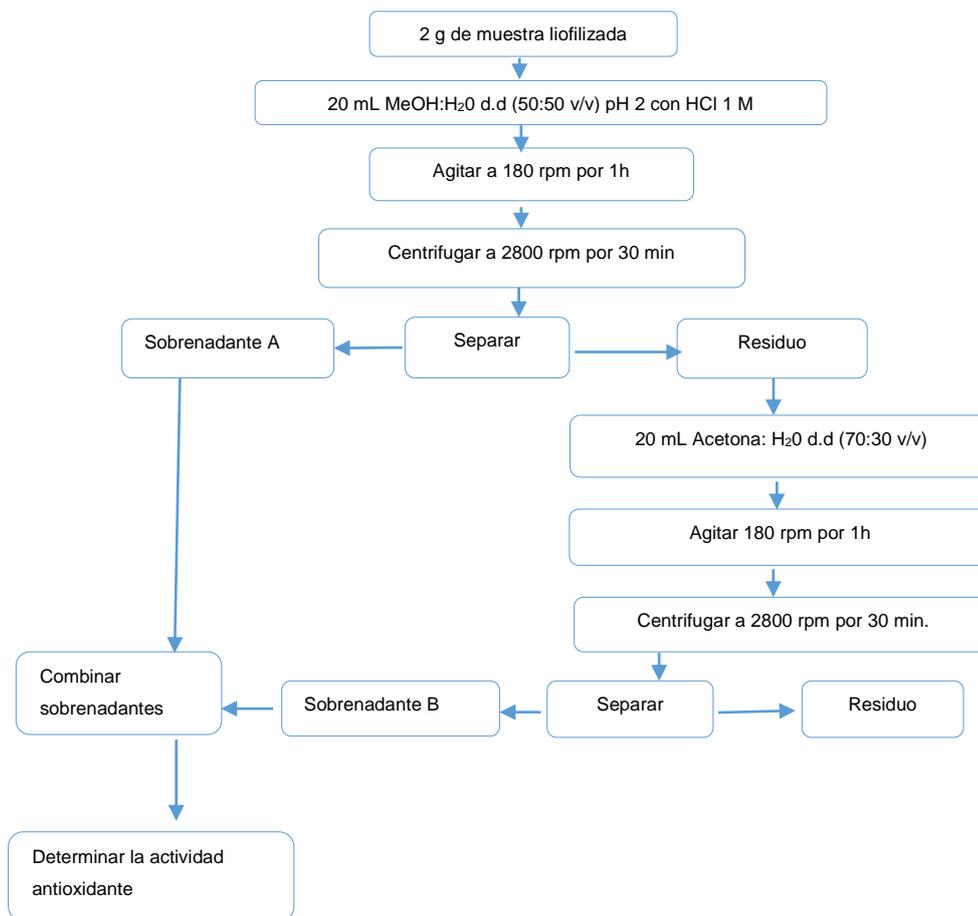


Figura 7.- Proceso de extracción de antioxidantes

Fuente: Pérez-Jiménez and Saura-Calixto (2007)

Elaboración: La Autora

3.4.2 Cuantificación de la Actividad Antioxidante

Con el fin de evaluar la actividad antioxidante del babaco se emplearon los métodos de inhibición de los radicales difenil-1-picrihidrazilo (DPPH) y 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolín-6-sulfónico (ABTS) y el poder antioxidante de reducción férrica (FRAP). Además, se realizó la determinación de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu.

3.4.2.1 DPPH

Se utilizó la metodología descrita por Brand-Williams et al. (1995), con modificaciones realizadas por Thaipong et al. (2006). El resultado se expresa como μmol equivalentes de Trolox por cada gramo de muestra fresca ($\mu\text{mol ET/g}$). En la **Figura 8** se detalla el procedimiento aplicado:

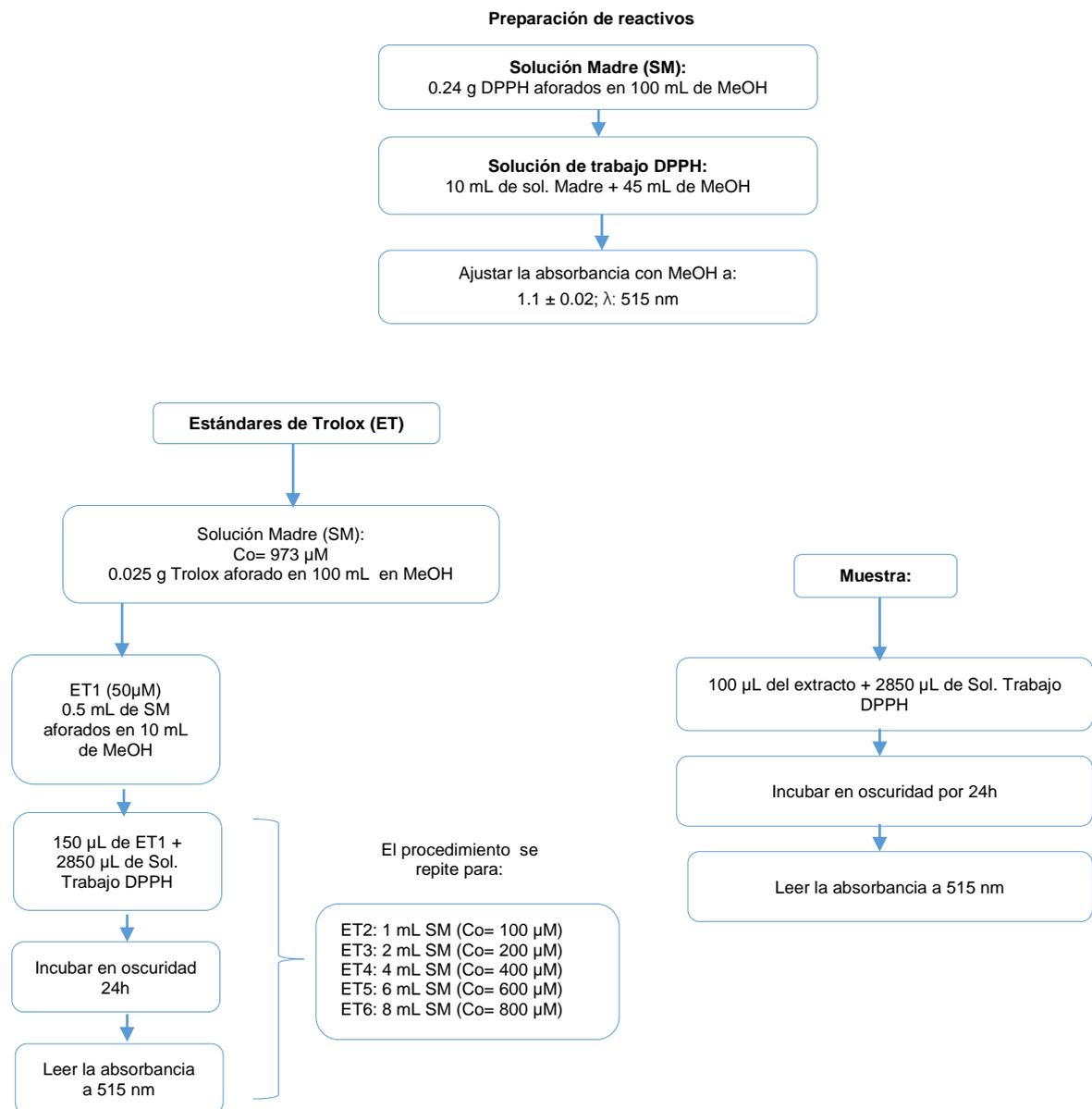


Figura 8.- Determinación de actividad antioxidante mediante el método DPPH
 Fuente: Brand-Williams et al. (1995) modificado por Thaipong et al. (2006)
 Elaboración: La Autora

3.4.2.2 ABTS

Se utilizó el método descrito por Arnao et al. (2001), con modificaciones realizadas por Thaipong et al. (2006). El resultado se expresa como μmol equivalentes de Trolox por gramo de muestra fresca. El procedimiento usado se detalla en la **Figura 9**:

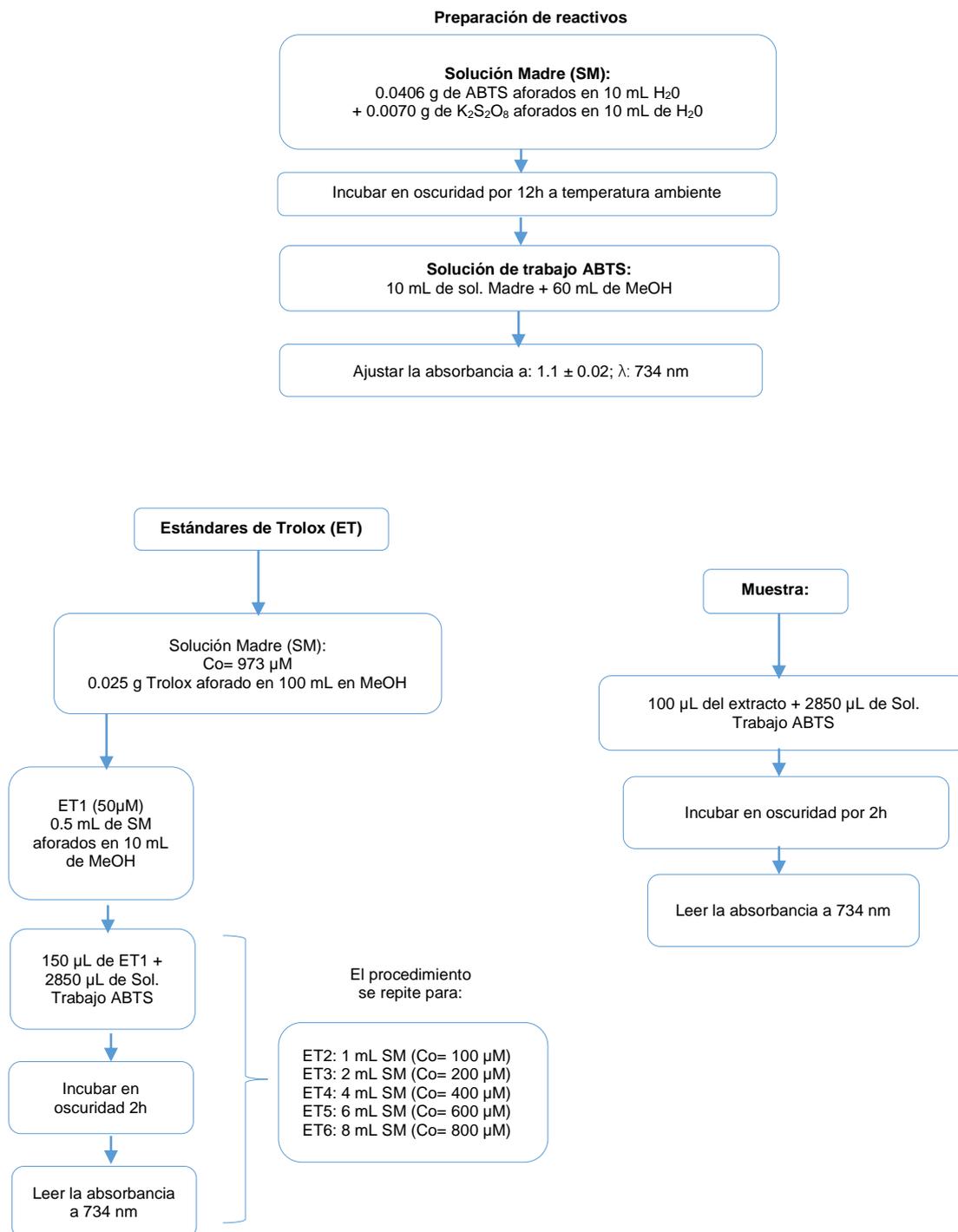


Figura 9.- Determinación de actividad antioxidante mediante el método ABTS
Fuente: Arnao et al. (2001) modificado por Thaipong et al. (2006)
Elaboración: La Autora

3.4.2.3 FRAP

Se utilizó en el método de Benzie and Strain (1996) con modificaciones descritas por Thaipong et al. (2006). Los resultados se expresan como μmol equivalentes de Trolox por gramo de muestra fresca. La técnica utilizada se describe en la **Figura 10**:

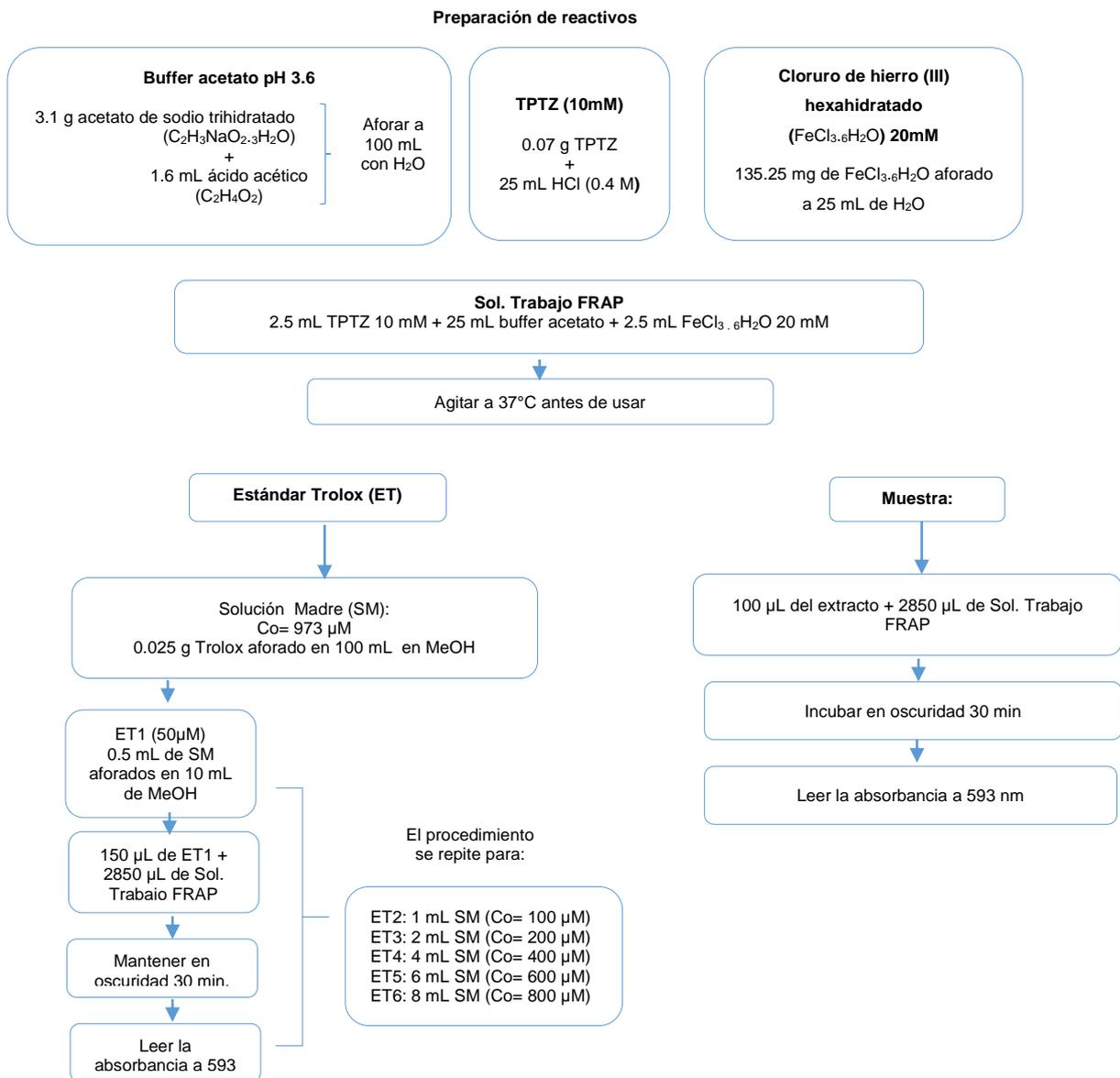


Figura 10.- Determinación de actividad antioxidante mediante el método FRAP
Fuente: Benzie and Strain (1996) modificado por Thaipong et al. (2006)
Elaboración: La Autora

3.4.3 Determinación de Fenoles Totales

El contenido de fenoles totales (FT) se realizó utilizando el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, adaptado por Swain and Hillis (1959) y modificado por Thaipong et al. (2006). Los resultados se expresan como miligramos equivalentes de ácido gálico por cada 100 gramos de muestra fresca (mg EAG/100g). El procedimiento utilizado se detalla en el **Figura 11**:

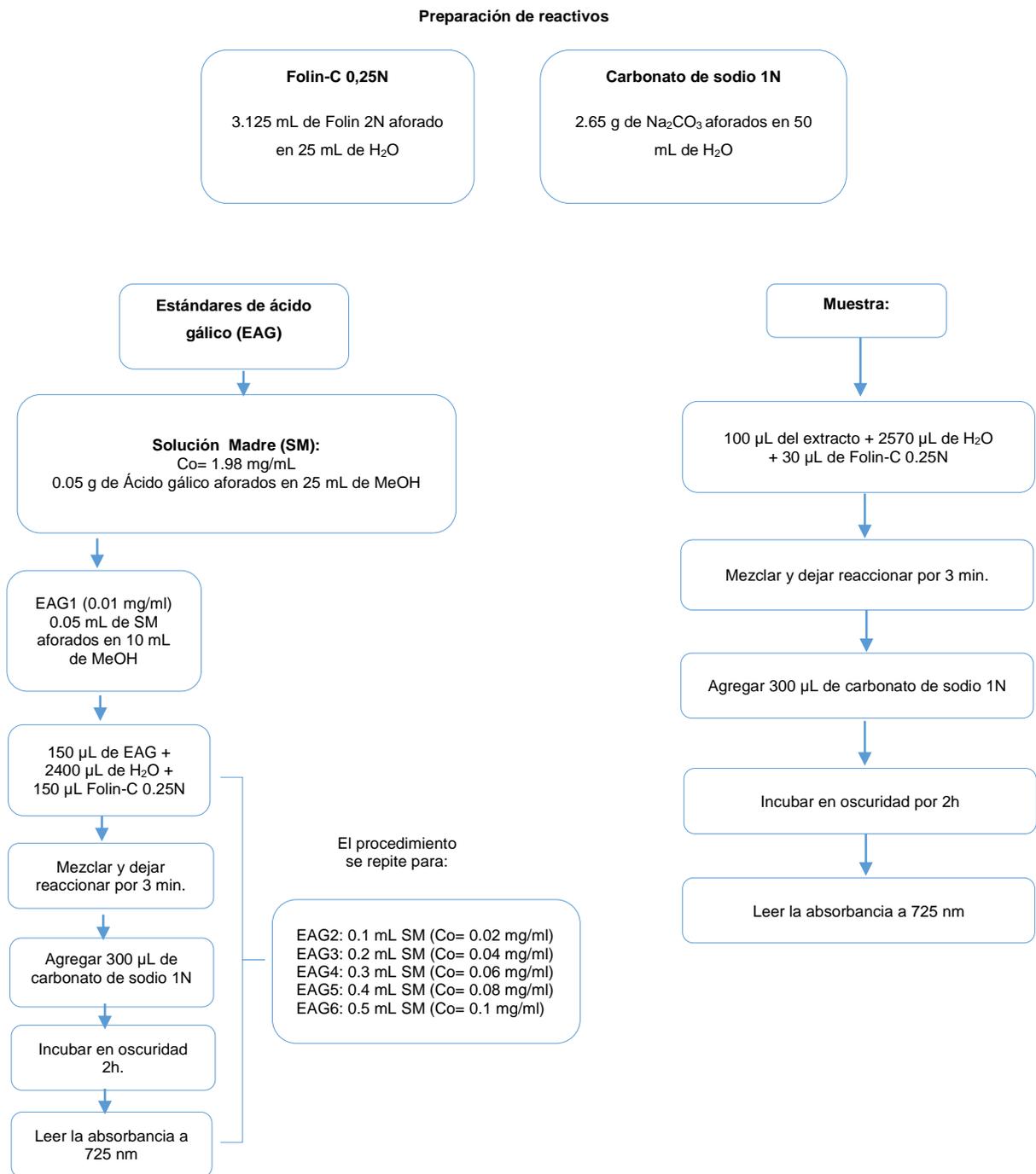


Figura 11.- Determinación de fenoles totales mediante el método Folin-Ciocalteu
Fuente: Swain and Hillis (1959) modificado por Thaipong et al. (2006)
Elaboración: La Autora

3.5 Análisis Estadístico

Todos los análisis se realizaron por triplicado. Los datos se expresaron como medias \pm desviación estándar. El análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) y las comparaciones múltiples de Tukey se llevaron a cabo para probar cualquier diferencia significativa entre las

medias. Para los cálculos se utilizó el software estadístico Minitab 16. Los resultados se muestran en el **Anexo 2**.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de las Muestras

Previo a la identificación de los compuestos aromáticos y los análisis de actividad antioxidante, se examinaron las características físicas de las variedades de Vasconcelleas, los resultados están expuestos en la **Tabla 1**.

La masa fue una de las características físicas evaluadas, el babaco destacó sobre las otras muestras con un mayor resultado (1218 ± 140 g), y como es de esperarse también un mayor diámetro (11 ± 0.3 cm) y longitud (24 ± 0.3 cm), de tal forma que cumplen con lo establecido en la norma INEN-1998 (2005), catalogando al mismo como un fruto “grande”. Romero-Rodriguez, Vazquez-Oderiz, Lopez-Hernandez, and Simal-Lozano (1994) reportaron valores inferiores (755 ± 180 g) en babaco procedente de Galicia, confirmando que nuestra variedad es más grande. En cambio, el toronche y el chamburo presentaron una masa aproximadamente diez veces menor que lo del babaco con lo que se espera que sus diámetros y longitudes sean menores. Sin embargo, el chamburo a pesar de tener una mayor masa (169 ± 15.1 g) que el toronche (98 ± 29.12 g), presentó una longitud menor (10 ± 0.5 cm), pero un diámetro mayor (6 ± 0.1 cm), esto puede deberse a la forma de “trompo” que posee este fruto. Laily and Suranto (2012) expusieron rangos de diámetro de 5.4 – 7.3 cm y longitud de 8.1 – 8.8 cm en chamburo que al compararlos con lo obtenido en el presente estudio se puede considerar que las muestras de chamburo son semejantes en tamaño y masa.

La firmeza fue otra de las características físicas que se evaluó. El babaco con un óptimo grado de madurez, presentó una firmeza de 0.5 Kgf, cumpliendo con lo establecido en la norma INEN-1998 (2005), al no superar el valor máximo expuesto en la misma (< 1.5 Kgf). De la misma forma el toronche y el chamburo se hallaban en un buen estado de maduración, estos presentaron una firmeza de 1.8 Kgf y 4.4 Kgf, respetivamente, siendo el chamburo la fruta que mostró mayor resistencia. Este parámetro particularmente se relaciona con la madurez de las frutas y se lo asocia con los análisis químicos de sólidos solubles, pH y acidez; es decir que a mayor madurez, mayor será la concentración de sólidos solubles, mayor el pH y menor el valor de acidez.

Como se mencionó anteriormente las tres variedades de Vasconcelleas se encontraron en óptimas condiciones de madurez y la evaluación del color nos ayuda a confirmar dicho estado. Primeramente se utilizaron las cartas de color RHS en la piel del fruto determinando así que el babaco tiende a la coloración amarilla y el toronche y chamburo tienden a la coloración amarilla-anaranjada, confirmando de esta forma el estado de maduración de las muestras.

Tabla 1.- Características físicas

Nombre	Masa (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Firmeza (kgf)	Color		RHS PIEL	Fotografía
					PULPA	PIEL		
Babaco	T= 1218 ± 140 P= 221 ± 4.3 Pulp+M= 996 ± 136	24 ± 0.3	11 ± 0.3	0.6 ± 0.4	L* 55.4 ± 2.4 a* 6.7 ± 1.3 b* 22.5 ± 1.2	L* 61.4 ± 5.3 a* 6.4 ± 4.2 b* 46.0 ± 7.9	Yellow 13 (A)	
Chamburo	T= 169 ± 15.1 P= 36 ± 4.83 Pulp= 88 ± 8.2 Sm+M= 42 ± 2.6 Sm= 3 ± 0.4	10 ± 0.5	6 ± 0.1	4.4 ± 0.8	L* 60.8 ± 3.1 a* 2.2 ± 0.3 b* 22.8 ± 0.7	L* 57.2 ± 4.0 a* 12.2 ± 5.9 b* 46.0 ± 2.8	Yellow Orange 21 (A)	
Toronche	T= 98 ± 29.12 P= 13 ± 0.9 Pulp= 52 ± 7.6 Sm+M= 32 ± 20.5 Sm= 1 ± 0.1	13 ± 0.9	4 ± 0.3	1.8 ± 0.5	L* 52.6 ± 5.7 a* 1.3 ± 2.8 b* 24.1 ± 8.8	L* 42.8 ± 4.0 a* 6.2 ± 1.2 b* 41.6 ± 5.3	Yellow Orange 23 (A)	
Ref. 1 Babaco	755 ± 180	25.3 ± 2.61	8.3 ± 1.24	-	-	-	-	
Ref. 2 Babaco	T peq= 50 – 700 T med= 701 – 1000 T grnd= 1001 - 1700	≤ 23 23 – 26 ≥ 26	-	< 1.5	-	-	-	
Ref. 3 Chamburo	-	8.1 – 8.8	5.4 – 7.3	-	-	-	-	

T= peso total, P= peso piel, M= peso mucilago, Sm= peso semillas. Los valores se expresaron como el promedio de 3 muestras ± DE.

Elaboración: La Autora

Fuente: Ref 1: Romero-Rodriguez et al. (1994); Ref 2: INEN-1998 (2005); Ref 3: Laily and Suranto (2012)

De manera subsecuente se examinó el color en piel y pulpa de las frutas por medio del colorímetro digital, dando como resultado valores positivos de L*a*b* (Tabla 1), para la interpretación del color nos ayudamos de la Figura 6 que presenta el espacio de color CIELab. Las coordenadas correspondientes al babaco denotan la tendencia de esta fruta hacia el color amarillo brillante, en cambio las coordenadas del toronche sugieren la tendencia hacia el color amarillo intenso y finalmente el chamburo un amarillo-anaranjado.

Seguido se efectuaron varios análisis químicos en las tres variedades de Vasconcelleas, cuyos resultados se detallan en la **Tabla 2**. A continuación, se discuten los resultados obtenidos de los análisis de la caracterización química.

Tabla 2.- Características químicas

Nombre	pH	Acidez* (%)	SS (°Brix)	Índice de Madurez (°Brix/Acidez)	Humedad (%)	Cenizas (%)
Babaco	3.9 ± 0.06 ^c	0.5 ± 0.002 ^a	6.7 ± 0.1 ^a	8.15 ± 0.05 ^b	92 ± 0.031 ^b	0.3 ± 0.03 ^b
Chamburo	4.5 ± 0.07 ^a	0.2 ± 0.002 ^c	4.7 ± 0.1 ^b	11.9 ± 0.25 ^b	93 ± 0.161 ^a	0.6 ± 0.04 ^a
Toronche	4.3 ± 0.008 ^b	0.3 ± 0.008 ^b	4.1 ± 0.3 ^c	8.33 ± 0.46 ^a	93 ± 0.140 ^a	0.4 ± 0.01 ^b

* La acidez es expresada en gramos de ácido málico/100 g de fruta. SS= sólidos solubles
 Las medias que no comparten una letra en una misma columna, son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).
 Elaboración: La Autora
 Fuente: La Autora

La acidez del babaco fue de 0.5 % y un valor de SS de 6.7 °Brix (**Tabla 2**); resultados similares fueron encontrados por Romero-Rodríguez et al. (1994) en babaco procedente de Galicia (0.7 % y 7.5 °Brix). Por otra parte, el toronche reportó 0.3 % de acidez y 4.1 °Brix, los cuales fueron menores a los de babaco. Finalmente el chamburo presentó una acidez de 0.2 % y 4.1 °Brix en SS, que fue menor a los resultados de toronche y a lo reportado por Rodríguez, Lopez, and García (2010) en su estudio sobre la composición del chamburo procedente de Colombia (0.5 % y 5.9 °Brix).

En los resultados del índice de madurez (°Brix/Acidez) el chamburo presentó un valor de 11.9, y comparándolo con lo obtenido por Rodríguez et al. (2010) 12.3, notamos que los valores son similares. El toronche presentó un valor de 8.33, siendo ligeramente mayor al encontrado en babaco con un índice de 8.15, pero este último valor es mucho menor a lo encontrado por Romero-Rodríguez et al. (1994) en babaco de Galicia, teniendo un índice de 11.6.

El pH también se correlaciona con las características anteriores. Los valores de pH de chamburo, toronche y babaco encontrados fueron 4.5, 4.3 y 3.9, respectivamente (**Tabla 2**). Esto concuerda con lo mencionado por Torres (2012) que expone la relación de la acidez con el pH de la fruta, de tal forma que al disminuir la acidez va aumentando el pH.

La humedad de un alimento se refiere al contenido de agua que este posee en sus tejidos (Badui Dergal & Cejudo Gómez, 2006). La norma INEN-1998 (2005) especifica un rango de humedad del 85 al 90 % para babaco. El promedio de humedad que el babaco presentó fue del 92 %, toronche y chamburo ambos con el 93 %, estos resultados no cumplen con lo establecido en la normativa, ya que exceden dichos rangos. Sin embargo Romero-Rodriguez et al. (1994) expusieron un valor similar en el babaco de Galicia con una humedad relativa del 94 %, cuyo valor es mayor a los resultados obtenidos en el presente estudio. Giraldo G. (2006) en su investigación sobre frutas procedentes de Colombia obtuvo una humedad relativa del 89 % en sandía, 86 % en manzana y melocotón y del 83 % en fresa. Conociéndose que la sandía posee un alto contenido de agua se esperaría que la humedad fuese mayor a la de las variedades de Vasconcelleas, pero esto no se ha evidenciado puesto que los valores de Giraldo G. (2006) fueron menores a lo reportado en esta investigación. El aumento del contenido de agua en nuestras muestras pudo deberse al exceso de humedad relativa en el suelo (González, Moreno, Giardina, & Di Miro, 2006).

Las cenizas totales, representa el contenido de minerales en los alimentos (Morillas-Ruiz & Delgado-Alarcón, 2012). El contenido de minerales en nuestras frutas es bajo, en chamburo fue de 0.6 %, toronche 0.4 % y babaco 0.3 %, siendo el chamburo quien tuvo un mayor contenido de cenizas. Resultados similares fueron reportados por Romero-Rodriguez et al. (1994) en el babaco procedente de Galicia, en el que obtuvieron un contenido de cenizas del 0.3 %. En la tabla de composición de los alimentos de Centroamérica, Menchú and Méndez (2007) reportaron un valor de 0.6 % en cenizas de chamburo, lo cual concuerda con el resultado del presente estudio. Ketiku (1973) reportó valores de 2.2 % y 2 % en cenizas de pulpa de banano procedente de Nigeria en dos estados de maduración (maduro e inmaduro), esto evidencia que las muestras de babaco, toronche y chamburo poseen un bajo contenido de minerales.

4.2 Concentración de Compuestos Volátiles

Como se puede apreciar en la **Tabla 3**, entre las tres muestras se lograron identificar 56 compuestos volátiles, clasificados en 5 grupos químicos: 40 ésteres, 7 terpenos, 4 alcoholes, 3 ácidos y 2 cetonas.

Los compuestos etil hexanoato (22.1%), octanol (21.2%), butil butanoato (16.2%), octil butanoato (8.9%) y etil butanoato (8.5%) se encontraron como mayoritarios en babaco, estos representan el 77 % del área total.

En el toronche los componentes más abundantes fueron: etil hexanoato (23.09%), butil acetato (14.42%), etil butanoato (10.71%), etil acetato (5.07%) y etil octanoato (5.06%) que abarcan el 58% del área total. Finalmente, en chamburo se identificó al etil butanoato (22.31%), etil hexanoato (22.01%), etil acetato (6.43%), butanol (5.47%) y al etil octanoato (5.07%) como compuestos mayoritarios.

Como se mencionó anteriormente se identificaron 56 compuestos totales entre las tres especies, de los cuales etil butanoato, butil acetato, butil butanoato, etil hexanoato y octanol son los compuestos que se encuentran en mayor proporción y resaltan notablemente en la **Figura 13**.

Al ser el babaco un fruto proveniente del cruce entre chamburo y toronche se esperaría una semejanza en los perfiles de compuestos volátiles. Sin embargo, esto no se ha observado; los compuestos que se encontraron presentes en las tres muestras fueron: etil acetato, butil acetato, hexil acetato, metil hexanoato, butil butanoato, etil benzoato, butil hexanoato, etil octanoato, etil butanoato, etil hexanoato, linalol, butanol y octanol, y estos representan sólo el 23 % del total de compuestos.

En babaco se identificaron 28 compuestos volátiles los cuales se distribuyen en 22 ésteres, 3 terpenos y 3 alcoholes; en cambio en el toronche se identificaron 34 compuestos volátiles (28 ésteres, 2 terpenos, 3 alcoholes, 1 ácido) y finalmente, en el chamburo se identificaron 34 compuestos volátiles (20 ésteres, 5 terpenos, 4 alcoholes, 3 ácidos, 2 cetonas).

Tabla 3.- Compuestos volátiles identificados

N°	Nombre Compuesto	Tiempo de retención (min)	Grupo Funcional	m/z	QM	IK	IK referencial	% abundancia relativa			Referencia
								Babaco	Toronche	Chamburo	
1	Etanol	5.90	Alcohol	45.05	90	474	500	-	1.49 ± 0.07 ^a	0.53 ± 0.03 ^b	Morales and Duque (1987)
2	Acetato de Etilo	6.94	Éster	87.09	91	537	600	0.18 ± 0.02 ^c	5.07 ± 0.17 ^b	6.43 ± 0.48 ^a	Bartley (1988)
3	Butanol	7.56	Alcohol	73.11	91	575	647	0.65 ± 0.04 ^b	0.55 ± 0.08 ^b	5.47 ± 0.11 ^a	Shaw, Allen, and Visser (1985)
4	Propionato de etilo	8.18	Éster	101.12	43	611	691	-	0.11 ± 0.01	-	Morales and Duque (1987)
5	Acetoina	8.26	Cetona	87.09	72	616	706	-	-	0.44 ± 0.01	Lozano, Drake, Benítez, and Cadwallader (2007)
6	Butanoato de metilo	8.39	Éster	101.12	91	624	705	-	1.25 ± 0.10 ^b	2.33 ± 0.22 ^a	Morales and Duque (1987)
7	Metil 2-butanoato	9.13	Éster	99.10	64	670	756	-	0.17 ± 0.02	-	Jorge A Pino, Mesa, Muñoz, Martí, and Marbot (2005)
8	Ácido butírico	9.33	Ácido	87.09	91	682	780	-	-	0.60 ± 0.02	J. Pino, Marbot, and Vázquez (2004)
9	Butanoato de etilo	9.78	Éster	115.15	97	708	784	8.53 ± 1.27 ^b	10.71 ± 1.41 ^b	22.31 ± 2.50 ^a	Noriega, Calero, Larenas, Maldonado, and Vita Finzi (2014)
10	butil acetato	10.03	Éster	115.14	90	724	800	0.65 ± 0.02 ^c	14.42 ± 1.45 ^a	2.80 ± 0.31 ^b	Barbeni et al. (1990)
11	Etil 2-butanoato	10.70	Éster	113.13	91	765	819	-	1.90 ± 0.16	-	G. R. Takeoka, Buttery, and Flath (1992)
12	Etil trans-2-butanoato	10.70	Éster	113.13	87	765	823	0.33 ± 0.05 ^b	-	1.38 ± 0.18 ^a	Shaw et al. (1985)
13	2-metilbutanoato de etilo	10.76	Éster	129.17	87	769	837	-	0.32 ± 0.03 ^b	0.54 ± 0.02 ^a	Morales and Duque (1987)
14	Acetato de isoamilo	11.22	Éster	129.17	81	796	858	-	0.78 ± 0.04	-	Lee, DeMilo, Moreno, and Mangan (1997)
15	Hexanol	11.32	Alcohol	101.16	86	801	859	3.09 ± 0.33 ^b	-	4.25 ± 0.33 ^a	Morales and Duque (1987)
16	2-heptanona	11.62	Cetona	113.17	87	821	878	-	-	1.66 ± 0.16	Bartley (1988)
17	Butanoato de propilo	11.75	Éster	129.17	72	829	880	0.32 ± 0.04	-	-	Bartley (1988)
18	Pentanoato de etilo	11.80	Éster	129.17	96	833	884	-	0.92 ± 0.05	-	Bartley (1988)
19	Hexanoato de metilo	12.31	Éster	129.17	97	863	913	0.35 ± 0.01 ^b	3.29 ± 0.27 ^b	3.67 ± 0.40 ^a	Barbeni et al. (1990)
20	Etil 3-hidroxibutirato	12.63	Éster	131.14	91	882	920	-	-	1.35 ± 0.13	Barbeni et al. (1990)
21	Etil 2-metil-2-butanoato	12.66	Éster	127.16	33	884	928	-	4.20 ± 0.38	-	Bartley (1988)
22	Metil 2-hexenoato	13.24	Éster	127.16	42	930	966	-	2.33 ± 0.29	-	J. Pino et al. (2004)
23	Ácido hexanoico	13.33	Ácido	115.14	97	939	974	-	0.09 ± 0.01 ^b	3.46 ± 0.26 ^a	Barbeni et al. (1990)
24	Butanoato de butilo	13.81	Éster	143.20	91	985	979	16.22 ± 1.34 ^a	0.26 ± 0.03 ^b	0.17 ± 0.02 ^b	Shaw et al. (1985)
25	Hexanoato de etilo	13.89	Éster	143.20	97	993	988	22.10 ± 1.32 ^a	23.09 ± 1.67 ^a	22.01 ± 2.98 ^a	Noriega et al. (2014)
26	Etil 3-hexenoato	13.98	Éster	141.18	68	1001	990	0.45 ± 0.03 ^a	0.19 ± 0.03 ^b	-	Bartley (1988)
27	Hexil acetato	14.16	Éster	143.20	90	1010	1002	0.22 ± 0.02 ^b	1.82 ± 0.18 ^a	0.16 ± 0.02 ^b	Barbeni et al. (1990)
28	Limoneno	14.79	Terpeno	135.22	97	1042	1010	-	-	0.36 ± 0.06	Marongiu et al. (2006)
29	Butil 2-metil butanoato	14.79	Éster	157.22	72	1042	1021	-	0.58 ± 0.07	-	Barbeni et al. (1990)

N°	Nombre Compuesto	Tiempo de retención (min)	Grupo Funcional	m/z	QM	IK	IK referencial	% abundancia relativa			Referencia
								Babaco	Toronche	Chamburo	
30	Etil trans-2-hexanoato	14.85	Éster	141.18	95	1045	1021	4.38 ± 0.18 ^a	0.83 ± 0.11 ^b	-	Barbeni et al. (1990)
31	Butil trans-2-butanoato	14.86	Éster	141.18	50	1045	1023	3.82 ± 0.50	-	-	Morales and Duque (1987)
32	1,8-cineol	14.93	Terpeno	153.24	98	1049	1026	-	0.81 ± 0.10 ^a	0.68 ± 0.04 ^a	Bartley (1988)
33	Octanol	15.46	Alcohol	129.21	91	1074	1063	21.26 ± 1.68 ^a	2.59 ± 0.17 ^b	2.11 ± 0.20 ^b	Noriega et al. (2014)
34	Hexanoato de propilo	15.85	Éster	157.22	25	1092	1078	0.30 ± 0.03	-	-	Barbeni et al. (1990)
35	Linalol	16.11	Alcohol	153.24	96	1105	1095	2.78 ± 0.29 ^a	1.36 ± 0.11 ^b	0.84 ± 0.12 ^c	Noriega et al. (2014)
36	Octanoato de metilo	16.46	Éster	157.22	94	1076	1107	-	0.37 ± 0.03 ^b	0.59 ± 0.04 ^a	Morales and Duque (1987)
37	Etil 3-hidroxi hexanoato	16.63	Éster	159.20	62	1133	1001	-	0.30 ± 0.02	-	Noriega et al. (2014)
38	Butil 3-hidroxi butanoato	16.70	Éster	159.20	50	1137	1111	-	-	0.50 ± 0.07	Morales and Duque (1987)
39	Ácido octanoico	17.29	Ácido	143.20	96	1167	1165	-	-	3.25 ± 0.24	Gary Takeoka, Perrino, and Buttery (1996)
40	Benzoato de etilo	17.64	Éster	149.16	97	1184	1149	1.01 ± 0.13 ^b	4.21 ± 0.19 ^a	0.40 ± 0.05 ^c	Noriega et al. (2014)
41	Butanoato de hexilo	17.71	Éster	171.25	80	1188	1180	0.65 ± 0.03	-	-	Shaw et al. (1985)
42	Hexanoato de butilo	17.75	Éster	171.25	93	1190	1173	1.00 ± 0.07 ^c	2.93 ± 0.26 ^a	1.58 ± 0.05 ^b	Barbeni et al. (1990)
43	Octanoato de etilo	17.84	Éster	171.25	98	1195	1181	0.86 ± 0.10 ^b	5.06 ± 0.35 ^a	5.07 ± 0.74 ^a	Noriega et al. (2014)
44	4-terpineol	17.94	Terpeno	153.24	78	1199	1184	-	-	0.14 ± 0.01	Mevy, Bessiere, Greff, Zombre, and Viano (2006)
45	Acetato de octilo	18.10	Éster	171.25	91	1208	1187	0.29 ± 0.03 ^b	2.35 ± 0.14 ^a	-	Morales and Duque (1987)
46	alfa-Terpineol	18.19	Terpeno	153.24	93	1213	1190	-	-	0.92 ± 0.07	Maia et al. (2005)
47	Etil 3-piridin carboxilato	18.51	Éster	150.15	81	1231	1180	-	4.01 ± 0.06 ^a	0.87 ± 0.05 ^b	Barbeni et al. (1990)
48	Citronelol	18.53	Terpeno	155.25	46	1232	1207	0.22 ± 0.03	-	-	Noriega et al. (2014)
49	Butil trans-2-hexenoato	18.75	Éster	169.23	53	1244	1216	0.33 ± 0.04	-	-	Barbeni et al. (1990)
50	Hexil trans-2-butenoato	18.76	Éster	169.23	78	1245	1218	0.26 ± 0.03	-	-	Barbeni et al. (1990)
51	Etil 2-octanoato	18.82	Éster	169.23	66	1248	1231	-	-	0.45 ± 0.07	Morales and Duque (1987)
52	Geraniol	18.99	Terpeno	153.24	87	1257	1233	0.52 ± 0.05	-	-	Shaw et al. (1985)
53	Etil citronelato	20.24	Éster	197.29	86	1328	1302	0.31 ± 0.03	-	-	Lloyd, Grimm, Klich, and Beltz (2005)
54	Hexanoato de hexilo	21.26	Éster	199.30	91	1386	1378	-	0.26 ± 0.04 ^b	1.46 ± 0.14 ^a	Morales and Duque (1987)
55	Butanoato de octilo	21.31	Éster	199.30	94	1388	1372	8.95 ± 0.28	-	-	Bartley (1988)
56	Decanoato de etilo	21.41	Éster	199.30	98	1394	1395	-	1.14 ± 0.07 ^a	1.21 ± 0.09 ^a	Noriega et al. (2014)

(-) No estuvo presente. * Los promedios con letras diferentes dentro de una columna son significativamente diferentes en $p < 0.05$.

Elaboración: La Autora

Fuente: La Autora

Como se puede observar en la **Figura 12a** perteneciente al babaco, los picos de mayor altura fueron: el 25 (etil hexanoato), el 42 (butil hexanoato), el 33 (octanol), el 55 (octil butanoato) y el 9 (etil butanoato). De la misma manera en el toronche (**Figura 12b**) se evidencia una similitud con el babaco ya que los compuestos correspondientes a los picos 25 y 9 tienen una altura significativa, pero también encontramos otros compuestos con mayor abundancia como el correspondiente al pico 10 (butil acetato) y el 2 (etil acetato). Por otra parte en el chamburo (**Figura 12c**) los picos más representativos fueron: 9, 25 y 43 (etil octanoato), demostrando que hay compuestos similares entre las tres muestras, pero que la cantidad de los mismos no es la esperada.

En la **Figura 13** se detalla claramente lo explicado en el párrafo anterior, ya que, según la intensidad del área se puede observar mayor predominio de los componentes volátiles del toronche seguido de los de babaco y finalmente los de chamburo. Etil butanoato y etil hexanoato son los ésteres que cumplen con dos características muy importantes: 1) están presentes en las tres especies y 2) poseen áreas de pico grandes. Bartley (1988) en su trabajo sobre babaco menciona a estos compuestos como los más abundantes.

Varios de los compuestos antes mencionados se los relaciona con olores dulces (etil butanoato, etil hexanoato, butil butanoato) y frutales (octanol, linalol), percibiéndose aromas semejantes a piña y manzana, que concuerda con lo expuesto por Barbeni et al. (1990) en su estudio de compuestos volátiles de babaco, y G Takeoka et al. (1989) y Elss et al. (2005), que evaluaron volátiles en piña.

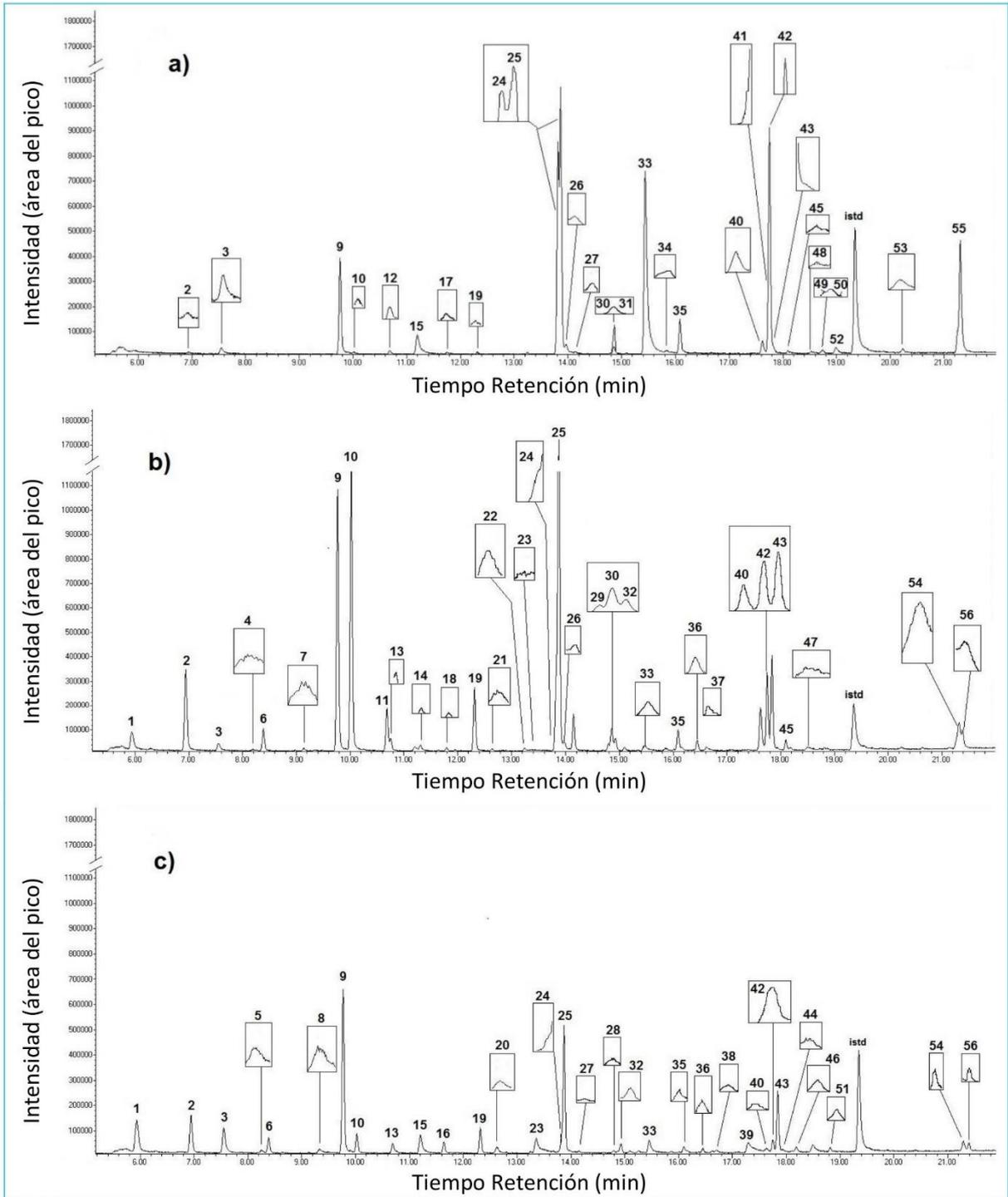


Figura 12.- Cromatogramas a) Babaco, b) Toronche, c) Chamburo

Fuente: La Autora

Elaboración: La Autora

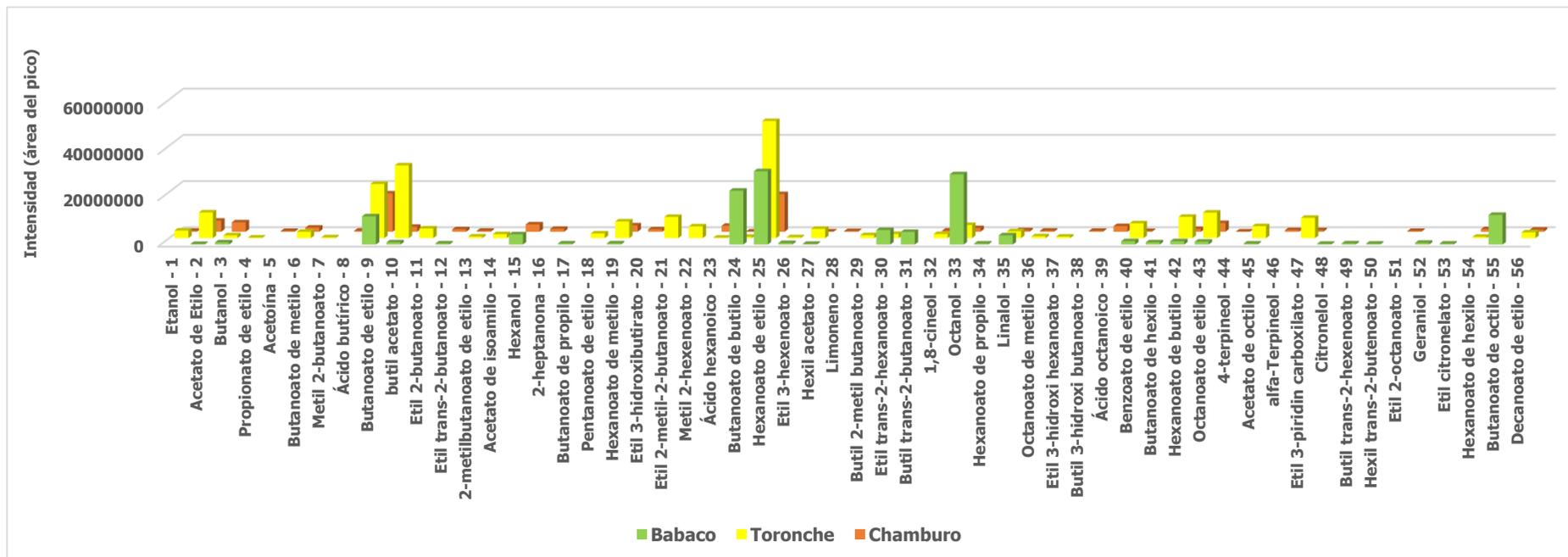


Figura 13.- Compuestos volátiles identificados

* Los números que acompañan al nombre de cada compuesto corresponden a la identificación del pico de acuerdo a la Figura 12.

Fuente: La Autora

Elaboración: La Autora

En la **Figura 14** se muestran los resultados según el grupo químico. En el grupo éster al comparar los resultados encontrados en las tres muestras, se observa una mayor cantidad para el toronche siendo más abundante que lo encontrado en babaco y chamburo. Los resultados encontrados ratifican lo expuesto por Shaw et al. (1985) y Barbeni et al. (1990) en sus estudios de extracción de compuestos volátiles en babaco, donde indican que hay una mayor concentración de ésteres. Para el grupo de los terpenos se evidencia que el toronche tiene un alto contenido de los mismos a diferencia de las otras dos muestras. Gutiérrez et al. (2010) expusieron en su investigación que sólo un número muy limitado de compuestos volátiles son los responsables del aroma característico de las frutas y otros alimentos, estos se conocen como *compuestos impacto* o *key aroma compounds*. El linalol es un compuesto terpénico que se encontró presente en las tres muestras y del cual se conoce la descripción de olor (fresco, floral), a pesar de encontrarse en concentraciones bajas aporta notablemente al aroma final de las muestras (Ferreira et al., 2009). En el grupo de alcoholes el babaco evidencia una mayor concentración seguido del toronche y el chamburo, uno de los compuestos más representativos fue el octanol y según lo mencionado por Barbeni et al. (1990) confiere un olor dulce frutal a esta especie.

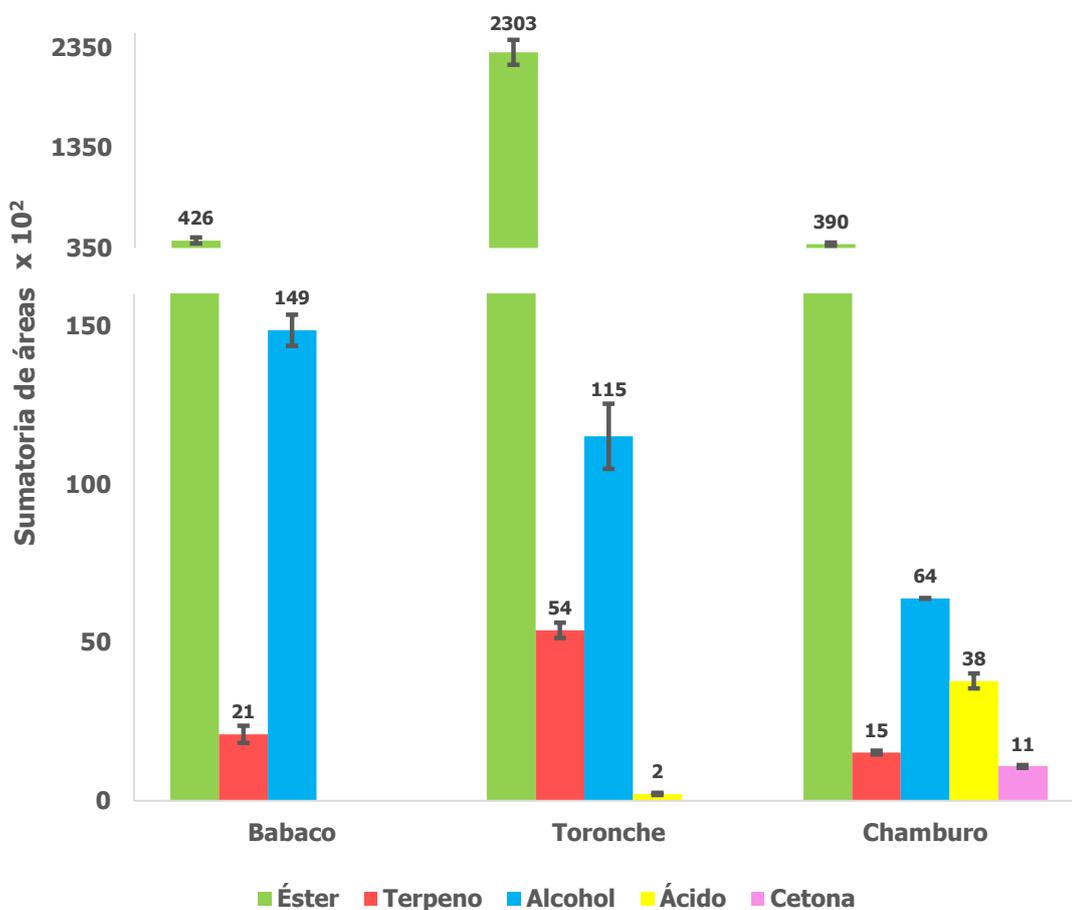


Figura 14.- Sumatoria de áreas para los diferentes grupos químicos encontrados
 Fuente: La Autora
 Elaboración: La Autora

Finalmente, el chamburo obtuvo una concentración de ácidos y cetonas poco mayor a la del toronche y babaco (**Figura 14**). Según lo expuesto por Ferreira et al. (2009) los ácidos butanoico y hexanoico se perciben como un olor entre dulce o queso rancio. Favorablemente se han encontrado áreas relativas bajas para estos compuestos. Sin embargo la liberación de estos puede jugar un papel más pequeño en el aroma de las especies de Vasconcelleas (Boulanger & Crouzet, 2001).

4.3 Actividad antioxidante

4.3.1 Método DPPH

En la **Figura 15** se presentan los resultados de DPPH, en donde se puede apreciar que el toronche tienen la mayor actividad antioxidante con un valor de 7.2 $\mu\text{mol EQ Trolox/g BF}$, siendo el doble a lo encontrado en chamburo y el triple para babaco.

Al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio, empleando el método DPPH, se puede notar que el toronche posee una mayor CA que lo reportado por Vasco, Ruales, and Kamal-Eldin (2008) en mango (3.1 $\mu\text{mol EQ Trolox/g BF}$) y maracuyá (0.5 $\mu\text{mol EQ Trolox/g BF}$).

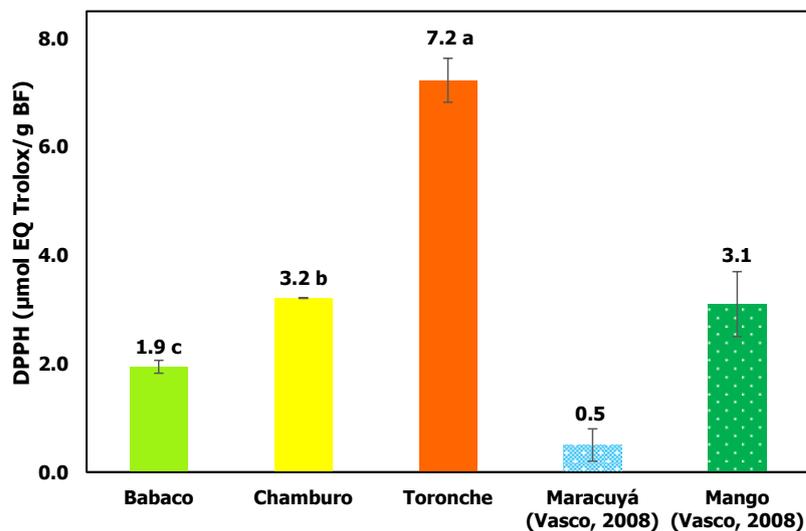


Figura 15.- Actividad antioxidante medida por el método DPPH. Las letras minúsculas muestran diferencia significativa entre cada especie analizada. Fuente: La Autora
Elaboración: La Autora

4.3.2 Método ABTS

En la **Figura 16** se observa la actividad antioxidante medida mediante el método ABTS, se muestra que el chamburo tiene mayor CA (6.1 μmol de Trolox/g BF), seguido por el toronche con una diferencia mínima (5.8 μmol de Trolox/g BF) y finalmente el babaco (1.4 μmol de Trolox/g BF).

En relación con otras frutas se tiene que lo encontrado en chamburo es similar a lo reportado por Vasco et al. (2008) en mango (6 μmol de Trolox/g BF), pero mayor al maracuyá (4.5 μmol de Trolox/g BF). El toronche también supera al maracuyá, sugiriendo de esta manera que ambas especies en estudio (toronche y chamburo) tienen buena actividad antioxidante.

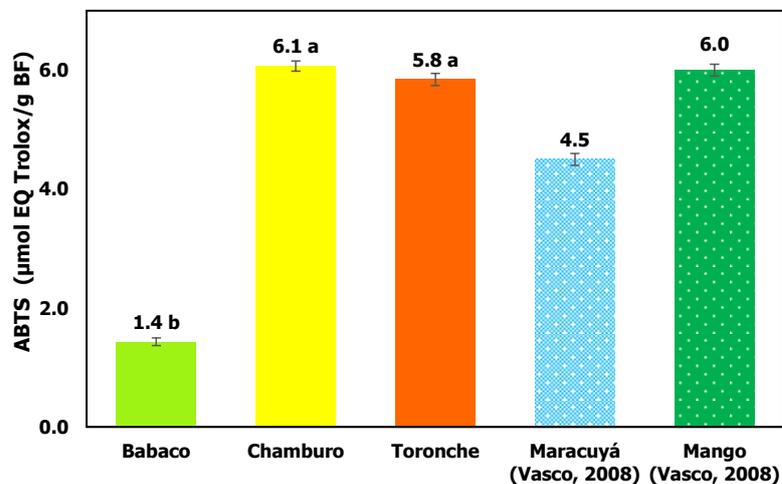


Figura 16.- Actividad antioxidante medida por el método ABTS. Las letras minúsculas muestran diferencia significativa entre cada especie analizada. Fuente: Leong and Shui (2002) Elaboración: La Autora

4.3.3 Método FRAP

El potencial antioxidante de babaco, chamburo y toronche se estimó a partir de su capacidad para reducir el hierro férrico a ferroso (R. Martínez et al., 2012). En la **Figura 17**, se puede observar que la especie de Vasconcellea más rica en antioxidantes es el toronche (47.6 μmol de Trolox/g BF) seguido del chamburo (24.4 μmol de Trolox/g BF) y el babaco (8.2 μmol de Trolox/g BF), observándose que el toronche posee mayor capacidad reductora.

Al comparar estos resultados con otras investigaciones; Vasco et al. (2008) analizaron la actividad antioxidante de mango y maracuyá correspondiente a 11 y 7 μmol de Trolox/g BF; estos valores son menores al resultado de toronche y chamburo. Sin embargo el babaco resulta tener menor CA que el mango, pero mayor a la del maracuyá; de esta manera se puede considerar al toronche como fuente de antioxidantes.

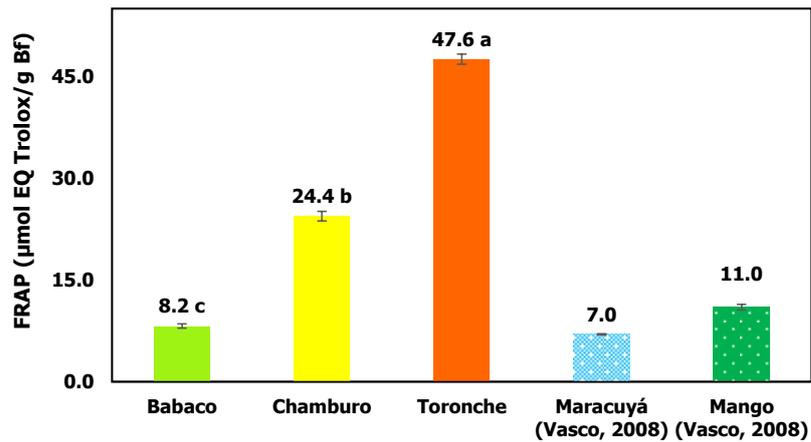


Figura 17.- Actividad antioxidante medida por el método FRAP. Las letras minúsculas muestran diferencia significativa entre cada especie analizada. Fuente: Guo et al. (2003), Liu et al. (2013) Elaboración: La Autora

4.4 Fenoles totales

En la **Figura 18** se presenta el contenido de fenoles totales (FT) determinados en babaco, chamburo y toronche; se puede observar que el toronche contiene la mayor cantidad de FT (34.2 mg EAG/100 g BF), seguido por chamburo y babaco.

Vasco et al. (2008) analizó el contenido de FT en maracuyá y mango, encontrando resultados de 61 y 60 mg EAG/100 g BF respectivamente, si comparamos estos valores con lo obtenido en la presente investigación, se aprecia que todas las muestras analizadas según el contenido de fenoles totales, presentan valores bajos.

Vasco et al. (2008) en su estudio sobre 17 frutas tropicales de Ecuador, logró determinar tres categorías: baja (< 1000 mg EAG/100 g), media (1000-5000 mg EAG/100 g) y alta (> 5000 mg EAG/100 g); por lo cual las tres frutas evaluadas se las clasificó en la categoría baja.

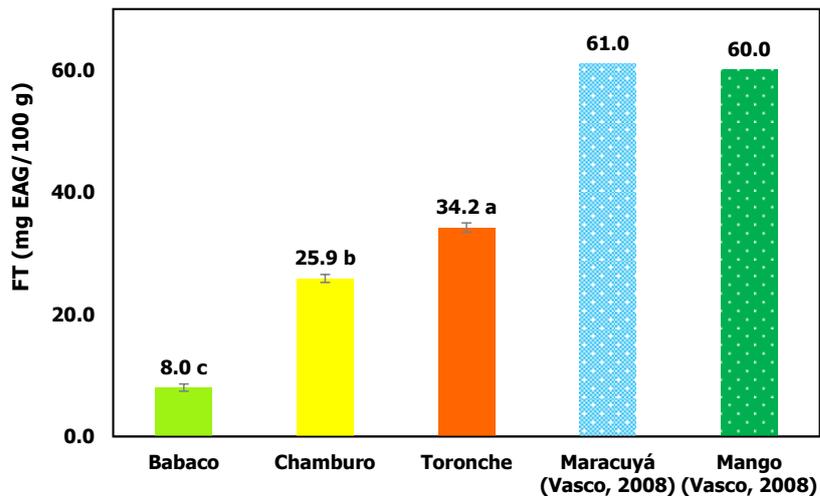


Figura 18.- Fenoles totales de babaco, chamburo y toronche. Las letras minúsculas muestran diferencia significativa entre cada especie analizada. Fuente: Kim et al. (2010); Aaby, Skrede, and Wrolstad (2005) Elaboración: La Autora

Los valores de correlación de FRAP/fenoles, ABTS/fenoles y DPPH/fenoles (**Figura 19**) para las tres especies de Vasconcelleas fueron altamente positivas y significativas con valores de 0.91, 0.88 y 0.77, respectivamente.

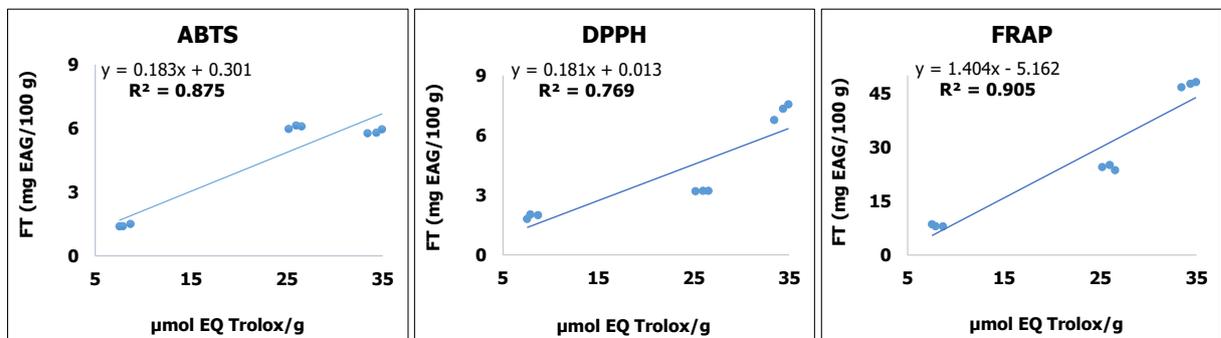


Figura 19.- Correlación entre actividad antioxidante y fenoles totales.

Fuente: La Autora
Elaboración: La Autora

(Nilsson et al. (2005)) en su estudio demostraron que las metodologías ABTS y FRAP, son adecuadas para medir y controlar las capacidades antioxidantes en frutas y verduras, y que los diferentes antioxidantes contenidos en este tipo de muestras poseen reactividad variable en los dos métodos.

CONCLUSIONES

- ✓ Se logró identificar cincuenta y seis compuestos volátiles en las tres variedades de Vasconcelleas; etil acetato, butil acetato, hexil acetato, metil hexanoato, butil butanoato, etil benzoato, butil hexanoato, etil octanoato, etil butanoato, etil hexanoato, linalol, butanol y octanol estuvieron presentes en todas las muestras.
- ✓ Las muestras de toronche y chamburo tuvieron la mayor cantidad de compuestos (34 cada uno), seguido del babaco (28).
- ✓ Los grupos químicos más abundantes fueron el grupo éster y el grupo de terpenos.
- ✓ Octanol estuvo presente únicamente en babaco.
- ✓ Tanto toronche y chamburo mostraron una moderada actividad antioxidante, sin embargo, el extracto de toronche fue el que predominó sobre las demás muestras.
- ✓ El toronche presentó mayor potencial antioxidante en DPPH ($7.2 \pm 0.4 \mu\text{mol EQ Trolox/g BF}$), FRAP ($47.6 \pm 0.7 \mu\text{mol de Trolox/g BF}$) y contenido de fenoles totales ($34.2 \pm 0.7 \text{ mg EAG/100 g BF}$)
- ✓ El chamburo presentó ligeramente una mayor concentración que la de toronche en el método ABTS ($6.1 \mu\text{mol de Trolox/g BF}$).

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un perfil aromático en las tres variedades de Vasconcelleas en diferentes estados de maduración y con diferentes tipos de fibra.
- ✓ Evaluar la actividad antioxidante comparando la fruta fresca con la fruta liofilizada.
- ✓ Determinar si la liofilización de las muestras afecta en la actividad antioxidante.

BIBLIOGRAFÍA

- Aaby, K., Skrede, G., & Wrolstad, R. E. (2005). Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4032-4040.
- Abdalla, A. E., Darwish, S. M., Ayad, E. H., & El-Hamahmy, R. M. (2007). Egyptian mango by-product 2: Antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. *Food chemistry*, 103(4), 1141-1152. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.026>
- Aguirre, R., & Bueno, G. (2008). TAKAL®. Retrieved 2 de Febrero, 2018, from <http://takalchocolate.com/productos/#anclaPag1>
- Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food chemistry*, 73(2), 239-244.
- Artesanal Alfarero, M. (2017). from <http://alfareroartesanal.com/shop/productos-dulces/mermeladas/mermelada-de-pina-babaco-y-menta-2/>
- Ashanka. (2016). Ashanka. from <http://ashanka.ec/producto/fruta-en-conserva-mi-tierra-babaco-220gr/>
- Ayala-Zavala, J. F., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodríguez, J. A., Siddiqui, M. W., . . . González-Aguilar, G. A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874.
- Badui Dergal, S., & Cejudo Gómez, H. (2006). *Química de los alimentos*: Pearson educación.
- Barbeni, M., Guarda, P. A., Villa, M., Cabella, P., Pivetti, F., & Ciaccio, F. (1990). Identification and Sensory Analysis of Volatile Constituents of Babaco Fruit (*Carica pentagona* heilborn). *Flavour and Fragrance Journal*, 5(1), 27-32. doi: 10.1002/ffj.2730050105
- Bartley, J. P. (1988). Volatile Flavor Components in the Headspace of the Babaco Fruit (*Carica Pentagonia*). *Journal of Food Science*, 53(1), 138-140. doi: 10.1111/j.1365-2621.1988.tb10194.x
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Coffee, Tea, Cocoa. *Food chemistry*, 938-970.
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Boulanger, R., & Crouzet, J. (2001). Identification of the aroma components of acerola (*Malphigia glabra* L.): free and bound flavour compounds. *Food chemistry*, 74(2), 209-216.
- Boyer, R. (2000). *Conceptos en bioquímica*: International Thomson Editores.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.-E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- de Jesus Benevides, C. M., de Almeida Bezerra, M., Pereira, P. A. P., & de Andrade, J. B. (2014). HS-SPME/GC-MS Analysis of VOC and multivariate techniques applied to the discrimination of brazilian varieties of Mango. *American Journal of Analytical Chemistry*, 5(03), 157.
- Elss, S., Preston, C., Hertzog, C., Heckel, F., Richling, E., & Schreier, P. (2005). Aroma profiles of pineapple fruit (*Ananas comosus* [L.] Merr.) and pineapple products. *LWT-Food Science and Technology*, 38(3), 263-274.
- Estrella, E. (1988). El pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador.
- Ferreira, L., Perestrelo, R., & Camara, J. S. (2009). Comparative analysis of the volatile fraction from *Annona cherimola* Mill. cultivars by solid-phase microextraction and gas chromatography-quadrupole mass spectrometry detection. *Talanta*, 77(3), 1087-1096. doi: 10.1016/j.talanta.2008.08.011

- Figuerola, J. G., & Vargas, L. F. (2016). Evaluación de DES, FSC y SPME/CG-MS para la extracción y determinación de compuestos responsables del aroma de café tstadado de Vilcabamba - Ecuador. *Química Nova*, 39, 712-719.
- Finkel, T., & Holbrook, N. J. (2000). Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*, 408(6809), 239-247.
- Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio, F. (1981). Camari. from <http://www.camari.org/joomla25/index.php/catalogo/alimentos/conservas/babaco-en-almibar-detail>
- Gil, E. (2016). Diseño y montaje de un equipo para la extracción de aceites esenciales a escala piloto. *Revista Facultad de Ingeniería*(20), 55-72.
- Giraldo G., G. A. (2006). El efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas. *Vitae*, 13, 21-25.
- González, M. G., Moreno, G., Giardina, E. B., & Di Miro, M. (2006). Exceso de agua en el suelo: efecto sobre la calidad del fruto del duraznero *Prunus persica* (L.) batsch. *Ciencia del suelo*, 24(1), 59-63.
- Gualán, A. (2010). Kanastakuna. Retrieved 5 de Febrero, 2018, from <https://kanastakuna.wordpress.com/productos-2/>; <https://www.flickr.com/photos/kanastakuna/4972024014/>
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., & Jiang, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23(12), 1719-1726.
- Gutiérrez Bouzán, M., & Droguet, M. (2002). La cromatografía de gases y la espectrometría de masas: identificación de compuestos causantes de mal olor. *Boletín Intexternúm*.(122), 35-41.
- Gutiérrez, D., Sinuco, D. C., & Osorio, C. (2010). Caracterización de los compuestos volátiles activos olfativamente en Uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Colombiana de Química*, 39(3), 389-399.
- Harris, D. C. (2007). *Análisis Químico Cuantitativo*, 3° Ed.
- Hassimotto, N. M. A., Genovese, M. I., & Lajolo, F. M. (2005). Antioxidant Activity of Dietary Fruits, Vegetables, and Commercial Frozen Fruit Pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 2928-2935. doi: 10.1021/jf047894h
- Hernández, E. (2005). Evaluación sensorial. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD. Bogotá, Colombia*.
- Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1841-1856.
- Frutas Frescas. Tomate de árbol. Requisitos. (2015).
- Frutas Frescas. Babaco. Requisitos. (2005).
- Jaramillo, B. E., Stashenko, E., & Martínez, J. R. (2010). Composición química volátil de *Satureja brownei* (Sw.) Briq. colombiana y determinación de su actividad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 15(1), 0-0.
- Jordán, M., Vélez, D., & Armijos, R. (2011). Biotecnologías aplicables al desarrollo de algunas especies de Caricáceas cultivadas en la región andina: avances y problemas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(1), 9-17.
- Jørgensen, P. M., & León-Yáñez, S. (1999). Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador. *Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden*, 75, 1-1181.
- Ketiku, A. O. (1973). Chemical composition of unripe (green) and ripe plantain (*Musa paradisiaca*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24(6), 703-707.
- Kim, H., Moon, J. Y., Kim, H., Lee, D.-S., Cho, M., Choi, H.-K., . . . Cho, S. K. (2010). Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel. *Food chemistry*, 121(2), 429-436.
- Kolb, B., & Ettre, L. S. (2006). *Static headspace-gas chromatography: theory and practice*: John Wiley & Sons.

- Laily, A. N., & Suranto, S. (2012). Characterization of *Carica pubescens* in Dieng Plateau, Central Java based on morphological characters, antioxidant capacity, and protein banding pattern. *Jurnal Nusantara Bioscience*, 4(1), 16-21.
- Lee, C.-J., DeMilo, A. B., Moreno, D. S., & Mangan, R. L. (1997). Identification of the volatile components of E802 Mazoferm steepwater, a condensed fermented corn extractive highly attractive to the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(6), 2327-2331.
- Leong, L., & Shui, G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food chemistry*, 76(1), 69-75.
- Lim, T. K. (2012). *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants* (Vol. 1). Paises Bajos: Springer Science.
- Lim, Y. Y., Lim, T. T., & Tee, J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food chemistry*, 103(3), 1003-1008.
- Liu, F.-X., Fu, S.-F., Bi, X.-F., Chen, F., Liao, X.-J., Hu, X.-S., & Wu, J.-H. (2013). Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. *Food chemistry*, 138(1), 396-405.
- Lozano, P. R., Drake, M., Benitez, D., & Cadwallader, K. R. (2007). Instrumental and sensory characterization of heat-induced odorants in aseptically packaged soy milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(8), 3018-3026.
- Lleó García, L., Valero Ubierna, C., & Ruiz-Altisent, M. (1999). Parámetros de calidad organoléptica en el melocotón. *Fruticultura profesional*(101), 69-79.
- Lloyd, S. W., Grimm, C. C., Klich, M. A., & Beltz, S. B. (2005). Fungal infections of fresh-cut fruit can be detected by the gas chromatography–mass spectrometric identification of microbial volatile organic compounds. *Journal of food protection*, 68(6), 1211-1216.
- Maia, J. G. S., Andrade, E. H. A., da Silva, A. C. M., Oliveira, J., Carreira, L. M. M., & Araújo, J. S. (2005). Leaf volatile oils from four Brazilian *Xylopi*a species. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(5), 474-477.
- Manrique, L. F. M. (2015). Alimentos Valdivia®.
- Marongiu, B., Porcedda, S., Piras, A., Sanna, G., Murreddu, M., & Loddo, R. (2006). Extraction of *Juniperus communis* L. ssp. nana Willd. essential oil by supercritical carbon dioxide. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(1), 148-154.
- Martínez, A. (1996). Aceites esenciales. *Journal of Natural Products*, 59(1), 77-79.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products. *Food Research International*, 49(1), 39-45.
- Menchú, M. T., & Méndez, H. (2007). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*: INCAP.
- Mevy, J.-P., Bessiere, J.-M., Greff, S., Zombre, G., & Viano, J. (2006). Composition of the volatile oil from the leaves of *Ximenia americana* L. *Biochemical systematics and ecology*, 34(7), 549-553.
- Morales, A. L., & Duque, C. (1987). Aroma Constituents of the Fruit of the Mountain Papaya (*Carica pubescens*) from Colombia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35(4), 538-540. doi: 10.1021/jf00076a024
- Morillas-Ruiz, J., & Delgado-Alarcón, J. (2012). Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutr. clín. diet. hosp*, 32(2), 8-20.
- Nantitanon, W., Yotsawimonwat, S., & Okonogi, S. (2010). Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. *LWT-Food Science and Technology*, 43(7), 1095-1103.
- Nilsson, J., Pillai, D., Öning, G., Persson, C., Nilsson, Å., & Åkesson, B. (2005). Comparison of the 2, 2'-azinobis-3-ethylbenzotiazole-6-sulfonic acid (ABTS) and ferric reducing anti-oxidant power (FRAP) methods to assess the total antioxidant capacity in extracts of fruit and vegetables. *Molecular nutrition & food research*, 49(3), 239-246.

- Noriega, P., Calero, D., Larenas, C., Maldonado, M. E., & Vita Finzi, P. (2014). Componentes volátiles de los frutos de *Vasconcellea pubescens* A. DC. y *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Kunth) usando la metodología HS-SPME-GC/MS.
- Pellati, F., Benvenuti, S., Yoshizaki, F., Bertelli, D., & Rossi, M. C. (2005). Headspace solid-phase microextraction-gas chromatography–mass spectrometry analysis of the volatile compounds of *Evodia* species fruits. *Journal of Chromatography A*, *1087*(1), 265-273.
- Pereira, J., Pereira, J., & Câmara, J. S. (2011). Effectiveness of different solid-phase microextraction fibres for differentiation of selected Madeira island fruits based on their volatile metabolite profile—Identification of novel compounds. *Talanta*, *83*(3), 899-906.
- Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. (2007). *Metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas*.
- Pérez, A. G., Rios, J. J., Sanz, C., & Olías, J. M. (1992). Aroma components and free amino acids in strawberry variety Chandler during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *40*(11), 2232-2235. doi: 10.1021/jf00023a036
- Pino, J., Marbot, R., & Vázquez, C. (2004). Volatile components of the fruits of *Vangueria madagascariensis* JF Gmel. from Cuba. *Journal of Essential Oil Research*, *16*(4), 302-304.
- Pino, J. A. (2000). *Avances en el Aislamiento de Volátiles en Frutas y Determinación de su Contribución Sensorial: Parte 1. Ciencia Y Tecnología de Alimentos* (Vol. 22): Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria.
- Pino, J. A., Mesa, J., Muñoz, Y., Martí, M. P., & Marbot, R. (2005). Volatile components from mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*(6), 2213-2223.
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*(10), 4290-4302.
- Quirós, M. B. (2006). *Principios Y Aplicaciones de la Cromatografía de Gases*: Editorial Universidad de Costa Rica.
- Repo de Carrasco, R., & Encina Zelada, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, *74*(2), 108-124.
- Robles-Carrión, A. n., & Sánchez-Rodríguez, A. (2013). Establecimiento de interacciones intra-especies durante el desarrollo de la enfermedad de la marchitez vascular en el babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona*).
- Robles Carrión, A. R., Herrera Isla, L., & Torres Gutiérrez, R. (2016). El babaco (*Vasconcellea heilbornii* var. *pentagona* Badillo). Principales agentes fitopatógenos y estrategias de control. *Centro Agrícola*, *43*, 83-92.
- Rodríguez, L., Lopez, L., & García, M. (2010). Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, mora (*Rubus glaucus* B.), maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundinamarcensis* J.). *Alimentos Hoy*, *19*(21), 35-42.
- Rojas Gutiérrez, M., & Revah Moiseev, S. (1993). Aromas y sabores. *Bioteología alimentaria*, 453.
- Romero-Rodríguez, M., Vázquez-Oderiz, M., Lopez-Hernandez, J., & Simal-Lozano, J. (1994). Composition of babaco, feijoa, passionfruit and tamarillo produced in Galicia (North-west Spain). *Food chemistry*, *49*(1), 23-27.
- Salinas-Hernández, R. M., González-Aguilar, G. A., & Tiznado-Hernández, M. E. (2013). Utilization of physicochemical variables developed from changes in sensory attributes and consumer acceptability to predict the shelf life of fresh-cut mango fruit. *Journal of food science and technology*, *52*(1), 63-77.
- Salinerito®. (1970). Retrieved 29 de Enero, 2018, from <http://www.salinerito.com/productos/chocolates>

- Sampietro, D. A., Catalan, C. A. N., & Vattuone, M. A. (2009). *Isolation, Identification and Characterization of Allelochemicals/Natural Products*: Science Publishers.
- Scheldeman, X., Romero Motoche, J. P., Van Damme, V., Heyens, V., & Van Damme, P. (2003). Potential of highland papayas (*Vasconella spp.*) in southern Ecuador. *Lyonia*, 5(1), 73-80.
- Shaw, G. J., Allen, J. M., & Visser, F. R. (1985). Volatile flavor components of babaco fruit (*Carica pentagona*, Heilborn). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33(5), 795-797. doi: 10.1021/jf00065a006
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (2001). *Principios de Análisis Instrumental* (5th Edition ed.). España: Mc GRAW HILL.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2003). *Química Analítica 7a. Ed., México*.
- Soria, N., & Viteri, P. (1999). *Guía para el cultivo de babaco en el Ecuador*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Fruticultura.
- Stashenko, E., & Martínez, J. R. (2011). Algunos consejos útiles para el análisis cromatográfico de compuestos orgánicos volátiles. *Scientia Chromatographica*, 3, 199-221.
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68.
- Takeoka, G., Buttery, R. G., Flath, R. A., Teranishi, R., Wheeler, E., Wieczorek, R., & Guentert, M. (1989). Volatile constituents of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.): ACS Publications.
- Takeoka, G., Perrino, C., & Buttery, R. (1996). Volatile constituents of used frying oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 654-660.
- Takeoka, G. R., Buttery, R. G., & Flath, R. A. (1992). Volatile constituents of Asian pear (*Pyrus serotina*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(10), 1925-1929.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of food composition and analysis*, 19(6), 669-675.
- Torres, A. (2012). Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)(Cav.) Sendtn. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 62(4), 381.
- Ulloa, C. (2006). Aromas y sabores andinos. *Botánica económica de los Andes Centrales*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Valdivia®, A. (2016). Retrieved 1 de Enero, 2018, from <http://maquitaproductos.com/producto/handmade-jams/>
- Valencia, R. (2000). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Van den Eynden, V., Cueva, E., & Cabrera, O. (1999). *Plantas silvestres comestibles del sur del Ecuador*. Ediciones Abya-Yala.
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food chemistry*, 111(4), 816-823.
- Velasco, R. J., Villada, H. S., & Carrera, J. E. (2007). Aplicaciones de los Fluidos Supercríticos en la Agroindustria. *Información tecnológica*, 18, 53-66.
- Vélez, C., & Vélez, L. (1908). El Pan de Las Villacis. from <http://hermanasvillacis.com/9-productos/12-conservaspera>
- Vidal, L. V., Finot, V. L., Mora, K. d. C., & Venegas, F. A. (2009). Características físico-químicas del látex de papayuelo (*Vasconcellea cundinamarzensis* Badillo, Caricaceae). *Información tecnológica*, 20(6), 93-103.
- Villareal, L., Dhuique-Mayer, C., Dornier, M., Ruales, J., & Reynes, M. (2003). Évaluation de l'intérêt du babaco (*Carica pentagona* Heilb.). 58.

ANEXOS

Anexo 1.- Cálculo del índice de retención

Linalol

Tiempo de Retención de compuesto: 16.100 (problema)

Número de Carbonos del Alcano más corto: 11 (n)

Número de Carbonos del Alcano más largo: 12 (N)

Tiempo de Retención del Alcano más corto: 16.015

Tiempo de Retención del Alcano más largo: 17.960

$$I = 100 \left[n + (N - n) \frac{\log t_r(\text{problema}) - \log t_r(n)}{\log t_r(N) - \log t_r(n)} \right] \quad \text{Ecuación 7}$$

$$I = 100 \left[11 + (12 - 11) \frac{\log t_r(16.100) - \log t_r(16.015)}{\log t_r(17.960) - \log t_r(16.015)} \right]$$

$$I = 100 \left[11 + (1) \frac{1.2068 - 1.2045}{1.2543 - 1.2045} \right]$$

$$I = 100 [11 + (1)(0.04618)]$$

$$I = 100 (11.04618)$$

$$I = 1104.61$$

* El IK de todos los compuestos volátiles fueron calculados con la ecuación empleada anteriormente.

Anexo 2.- Análisis estadístico

ANOVA unidireccional: etil butanoate vs. muestra

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
muestra	2	329.23	164.616	50.05	0.000
Error	6	19.74	3.289		
Total	8	348.97			

Medias

muestra	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
babaco	3	8.525	1.275	(5.963. 11.087)
chamburo	3	22.31	2.50	(19.74. 24.87)
toronche	3	10.706	1.411	(8.144. 13.269)

Desv.Est. agrupada = 1.81363

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

muestra	N	Media	Agrupación
chamburo	3	22.31	A
toronche	3	10.706	B
babaco	3	8.525	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: etil hexanoate vs. muestra_1

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
muestra_1	2	2,156	1,078	0,25	0,789
Error	6	26,194	4,366		
Total	8	28,350			

Medias

muestra_1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
babaco	3	22,098	1,201	(19,146. 25,050)
chamburo	3	22,01	2,98	(19,06. 24,96)
toronche	3	23,091	1,665	(20,139. 26,042)

Desv.Est. agrupada = 2,08943

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

muestra_1	N	Media	Agrupación
toronche	3	23,091	A
babaco	3	22,098	A
chamburo	3	22,01	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.