



Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química

**INFLUENCIA DE LA LATITUD, PRÁCTICAS AGRONÓMICAS Y  
VARIEDAD DE CULTIVO EN LA EVOLUCIÓN DE LOS  
COMPUESTOS RESPONSABLES DEL FLAVOR DE ACEITE DE  
OLIVA VIRGEN EXTRA**

---

TAMARA KARINA FUENTES SEGUEL

Santiago, Chile

Enero 2015



Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química

**INFLUENCIA DE LA LATITUD, PRÁCTICAS AGRONÓMICAS Y  
VARIEDAD DE CULTIVO EN LA EVOLUCIÓN DE LOS  
COMPUESTOS RESPONSABLES DEL FLAVOR DE ACEITE DE  
OLIVA VIRGEN EXTRA**

---

TAMARA KARINA FUENTES SEGUEL

Memoria para optar a título de Ingeniera en Alimentos

**Profesora Patrocinante**

Msc. Nalda Marcela Romero Palacios  
Químico Farmacéutico

**Director**

Msc. Nalda Marcela Romero Palacios  
Químico Farmacéutico

**Co-Director**

Francisco Tapia Meza  
Ingeniero Agrónomo

Santiago, Chile

Enero 2015

## DEDICATORIA

---

*A Blanca y Alejandro, mis padres, que son mi vida,  
mi orgullo y la razón por la que soy feliz,*

*Los amo.*

“Cuando muere, todo el mundo debe dejar algo detrás, decía mi abuelo. Un hijo, un libro, un cuadro, una casa, una pared levantada o un par de zapatos. O un jardín plantado. Algo que tu mano tocará de un modo especial, de modo que tu alma tenga algún sitio a donde ir cuando tú mueras, y cuando la gente mire ese árbol, o esa flor, que tú plantaste, tú estarás allí. No importa lo que hagas —decía—, en tanto que cambies algo respecto a cómo era antes de tocarlo, convirtiéndolo en algo que sea como tú después de que separes de ellos tus manos. La diferencia entre el hombre que se limita a cortar el césped y un auténtico jardinero está en el tacto. El cortador de césped igual podría no haber estado allí, el jardinero estará allí para siempre”

Ray Bradbury, Fahrenheit 451

## AGRADECIMIENTOS

---

A mis padres, hermano, abuelos, tíos, mascotas, toda mi familia, que me brindó su apoyo incondicional gracias al cual logré entrar a la Universidad y salir exitosamente de ella.

A la Universidad de Chile, la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, y a sus académicos y funcionarios, por su formación tanto académica como ética y moral.

A Fondecyt, que financió esta memoria, y por promover y apoyar el desarrollo científico y tecnológico.

A la profesora Nalda Romero, profesora Patrocinante y directora de tesis, por su apoyo, confianza, y la entrega incondicional de sus conocimientos, que fue fundamental para realizar esta memoria. También por su paciencia y afecto.

A Fernanda Escobar, técnico de laboratorio, por su valiosa ayuda, su inagotable paciencia, sus risas, su ánimo, su cálida compañía en los fríos días en Vicuña Mackenna #20, gracias a su buena disposición siempre.

A mis amigas y amigos que estuvieron y están siempre conmigo dándome su apoyo y cariño. Los que conocía antes de entrar a la Universidad, Gabi y Diewi que son y serán siempre mis gorditos amados; los que conocí dentro, Carito, Peñita, Cami, Eve y Alex, compañeros incondicionales en la carrera y en la vida; y los que conocí fuera, Coni, Cami y tantos otros que me acompañaron durante estos años entregándome su cariño y buenas vibras. A los españoles, mexicanos y estadounidenses, amigos, que hicieron que Lleida fuera más que sólo una pequeña ciudad y yo más que la única chilena ahí. Y a mis compañeras de práctica, ahora amigas, gracias a quienes todo fue Ideal.

Gracias a todos quienes al ver este escrito, sienten que formaron parte de este proceso, y que por eso, saben que mi alegría y felicidad se las debo, por acompañarme y por quererme.

## TABLA DE CONTENIDOS

---

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS .....	XI
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Aceite de oliva .....	1
1.2. Beneficios para la salud de los constituyentes del aceite de oliva virgen extra.....	2
1.3. Flavor.....	4
1.4. Volátiles .....	5
1.4.1. <i>Rutas Metabólicas</i> .....	7
1.5. Fenoles.....	8
1.5.1. <i>Ruta del Ácido Shikímico</i> .....	11
1.5.2. <i>Ruta del Ácido Mevalónico</i> .....	12
1.6. factores que afectan el <i>flavor</i> .....	12
1.6.1. <i>Prácticas agronómicas</i> .....	13
1.6.2. <i>Latitud</i> .....	15
1.6.3. <i>Variedad</i> .....	16
1.7. Situación en Chile.....	17
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1. General.....	18
2.2. Específicos .....	18
<b>3. HIPÓTESIS .....</b>	<b>19</b>
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>20</b>
4.1 Caracterización de las chacras y aspectos agroclimáticos.....	20

4.2	Muestreo.....	21
4.3	Análisis de calidad.....	22
4.3.1	<i>Acidez libre expresada como ácido oleico</i> .....	22
4.3.2	<i>Índice de peróxidos</i> .....	22
4.3.3	<i>Medidas espectrofotométricas de Absorción UV <math>K_{232}</math> y <math>K_{270}</math></i> .....	22
4.3.4	<i>Color</i> .....	23
4.4	Determinación de los compuestos responsables del <i>flavor</i> .....	23
4.4.1	<i>Compuestos volátiles (García-González, 2010)</i> .....	23
4.4.2	<i>Compuestos fenólicos (Mateos y cols., 2001)</i> .....	23
	Análisis estadístico .....	25
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>26</b>
5.1	Análisis de calidad.....	26
5.1.1	<i>Acidez libre</i> .....	26
5.1.2	<i>Índice de peróxidos</i> .....	29
5.1.3	<i>Absorción UV</i> .....	31
5.1.4	<i>Color</i> .....	33
5.2	Determinación de los compuestos responsables del <i>flavor</i> .....	35
5.2.1	<i>Compuestos volátiles</i> .....	35
5.2.2	<i>Compuestos fenólicos</i> .....	42
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>53</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>55</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>63</b>
	Anexo 1. Principales compuestos fenólicos encontrados en aceite de oliva.	63
	Anexo 2. Resultados de ANOVA para identificar diferencias significativas entre variedades, en compuestos volátiles.....	64
	Anexo 3. Resultados de análisis ANOVA para identificar diferencias significativas entre variedades, en contenido de fenoles totales. ....	66

Anexo 4. Contenido individual y total de compuestos secoiridoides y las representaciones gráficas correspondientes a las variedades Koroneiki, Arbequina y Arbosana. .... 68

## INDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b>	Ruta de la Lipoxigenasa.....	8
<b>Figura 2.</b>	Ruta del ácido shikímico, del acetato y metabolismo fenilpropanoide. FEP y E4P: fosfoenolpirúvico y eritrosa-4-fosfato respectivamente.....	11
<b>Figura 3.</b>	Ruta del ácido mevalónico y metabolismo de la oleuropeína.....	12
<b>Figura 4.</b>	Ubicación geográfica de cultivos estudiados.....	20
<b>Figura 5.</b>	Resultados gráficos de acidez libre, expresados como %m/m de ácido oleico, para las muestras analizadas.....	26
<b>Figura 6.</b>	Resultados gráficos de índice de peróxidos en las muestras analizadas.....	29
<b>Figura 7.</b>	Escala de color de Gardner.....	34
<b>Figura 8.</b>	Representación gráfica de la concentración total de compuestos fenólicos.....	44
<b>Figura 9.</b>	Gráfico de interacción para identificar diferencias significativas en muestras de Limarí.....	66
<b>Figura 10.</b>	Gráfico de interacción para identificar diferencias significativas en muestras de Molina.....	66
<b>Figura 11.</b>	Gráfico de interacción para identificar diferencias significativas en muestras de Limarí, incluyendo E7.....	67
<b>Figura 12.</b>	Gráfico de interacción para identificar diferencias significativas en muestras de Molina, incluyendo E5.....	67
<b>Figura 13.</b>	Concentración de derivados secoiridoides obtenidos para la variedad Koroneiki.....	69
<b>Figura 14.</b>	Concentración de derivados secoiridoides obtenidos para la variedad Arbequina.....	70
<b>Figura 15.</b>	Concentración de derivados secoiridoides obtenidos para la variedad Arbosana.....	70

**Figura 16.** Concentración total de Secoiridoides por variedad obtenidos en Limarí..... 71

**Figura 17.** Concentración total de Secoiridoides por variedad obtenidos en Limarí..... 71

## INDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b> Decálogo sobre los beneficios para la salud del consumo regular de aceite de oliva virgen. ....	4
<b>Tabla 2.</b> Escala de coloración que define el estado de madurez de olivas aceiteras.....	14
<b>Tabla 3.</b> Variables agronómicas.....	21
<b>Tabla 4.</b> Fechas y estados de maduración para cada variedad y latitud. ....	21
<b>Tabla 5.</b> Acidez libre expresada como %m/m de ácido oleico, correspondiente a las muestras de aceite de oliva virgen extra analizadas. ....	27
<b>Tabla 6.</b> Resultados de índice de peróxidos expresado como mEq O <sub>2</sub> /kg aceite, correspondiente a las muestras de aceite de oliva virgen extra analizadas.....	30
<b>Tabla 7.</b> Coeficientes de extinción específica correspondiente a las muestras de aceite de oliva virgen extra analizadas. ....	32
<b>Tabla 8.</b> Resultados de mediciones de color obtenidos según la escala de Gardner para todas las muestras de aceite de oliva virgen extra analizadas. ...	33
<b>Tabla 9.</b> Compuestos volátiles identificados en las muestras analizadas con sus respectivos descriptores sensoriales y umbrales de olor. ....	35
<b>Tabla 10.</b> Concentración de compuestos volátiles (µg/kg) para variedad Koroneiki, en Valle del Limarí, y Molina. ....	37
<b>Tabla 11.</b> Concentración de compuestos volátiles (µg/kg) para variedad Arbequina, en Valle del Limarí, y Molina.....	38
<b>Tabla 12.</b> Concentración de compuestos volátiles (µg/kg) para variedad Arbosana, en Valle del Limarí, y Molina.....	39
<b>Tabla 13.</b> Compuestos fenólicos identificados, agrupados según sus máximos de absorbancia. ....	42

<b>Tabla 14.</b>	Concentración total de compuestos fenólicos expresada como mg/kg de aceite, para variedades Koroneiki, Arbequina y Arbosana, en Limarí y Molina, en sus distintos estados de maduración.....	43
<b>Tabla 15.</b>	Concentración de compuestos fenólicos (mg/kg) para variedad Koroneiki, en Valle del Limarí, y Molina. ....	47
<b>Tabla 16.</b>	Concentración de compuestos fenólicos (mg/kg) para variedad Arbequina, en Valle del Limarí, y Molina.....	48
<b>Tabla 17.</b>	Concentración de compuestos fenólicos (mg/kg) para variedad Arbosana, en Valle del Limarí, y Molina.....	49
<b>Tabla 18.</b>	Estructuras de los principales compuestos fenólicos presentes en el aceite de oliva. ....	63
<b>Tabla 19.</b>	Compuestos volátiles sobre el umbral de olor, en Limarí .....	64
<b>Tabla 20.</b>	Compuestos volátiles sobre el umbral de olor, en Molina. ....	65
<b>Tabla 21.</b>	Concentración (mg/kg) de compuestos Secoiridoides presentes en variedad Koroneiki. ....	68
<b>Tabla 22.</b>	Concentración (mg/kg) de compuestos Secoiridoides presentes en variedad Arbequina.....	68
<b>Tabla 23.</b>	Concentración (mg/kg) de compuestos Secoiridoides presentes en variedad Arbosana.....	69

## RESUMEN

---

El aceite de oliva virgen es uno de los principales ingredientes de la Dieta Mediterránea, y su consumo está relacionado con una gran cantidad de beneficios para la salud, atribuidos a sus componentes mayoritarios, como los ácidos grasos; y minoritarios, como los compuestos volátiles y fenólicos, estos últimos responsables de su característico *flavor*. El propósito de este estudio fue determinar la influencia de las prácticas agronómicas —riego y estado de maduración—, la latitud y la variedad en la composición del *flavor* del aceite de oliva virgen extra, mediante el análisis de los compuestos volátiles y fenoles. Se estudiaron muestras de las variedades Arbequina, Koroneiki y Arbosana, en 6 distintos estados de maduración, provenientes de Limarí y Molina, las cuales fueron sometidas a análisis de calidad (acidez libre, índice de peróxidos, absorción UV y color) y caracterización de compuestos volátiles mediante cromatografía de gases; y de fenoles, mediante HPLC. Los resultados obtenidos en la determinación de la calidad cumplieron los requisitos establecidos por el COI (Consejo Oleícola Internacional) para aceite de oliva virgen extra. Se identificaron un total de 40 compuestos volátiles, de los cuales 11 fueron perceptibles según su umbral de detección. Destacaron con altas concentraciones los aldehídos hexanal y E-2-hexenal, y el alcohol hexanol, siendo más abundantes en Molina que en Limarí, y en la variedad Arbequina sobre Koroneiki y Arbosana. Se observaron también distintas concentraciones en los distintos estados de maduración, sin embargo sin una tendencia clara. Para el caso de fenoles, 16 compuestos se identificaron, donde los derivados secoiridoides fueron los más abundantes. La mayor concentración de fenoles se encontró en Limarí, mientras que en Molina hubo un precario desarrollo de estos, relacionado probablemente al mayor riego y eventos de heladas en la zona. Arbequina y Koroneiki presentaron la mayor cantidad de estos compuestos en los estados de maduración E2 y E3, respectivamente.

## ABSTRACT

---

### **Influence of latitude, agronomic practices, and variety of crops on the evolution of flavor responsible compounds of extra virgin olive oil.**

The virgin olive oil is one of main ingredients of the Mediterranean Diet and its consumption is related to a lot of health benefits attributed to its major components, such as fatty acids; and minority, as volatile and phenolic compounds, the latter responsible for its characteristic flavor. The aim of this study was to determine the influence of agronomic practices —irrigation and ripening—, latitude and variety on the flavor of extra virgin olive oil composition through the analysis of the volatile and phenolic compounds. Samples of Arbequina, Koroneiki and Arbosana varieties were studied, in 6 different ripening stages, from Limarí and Molina, which were subjected to quality analysis (free acidity, peroxide index, UV absorption and color) and characterization of volatile compounds by gas chromatography; and phenolic compounds, by HPLC. The results obtained from the quality parameters were according to that established by IOC (International Olive Council) for extra virgin olive oil. A total of 40 volatile compounds were identified, of which 11 were sensitive by their detection threshold. They stressed with high concentrations, the aldehydes: hexanal, E-2-hexenal; and alcohol: hexanol, being more abundant in Molina than in Limarí and in Arbequina variety than Koroneiki and Arbosana. It was found also different concentrations in the different ripening stages, however without clear tendency. In the case of phenols, 16 compounds were identified where secoiridoides derivates were the most abundant. The highest concentration of phenols was found in Limarí, while in Molina there were a less development of these, probably related to increased irrigation and frost events there. Arbequina and Koroneiki had the highest amount of these compounds in the E2 and E3 ripening stages respectively.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

### 1.1. ACEITE DE OLIVA

El aceite de oliva virgen, uno de los principales ingredientes de la Dieta Mediterránea, es el aceite procedente exclusivamente del fruto del olivo (*Olea europaea L.*) y que ha sido obtenido únicamente por procedimientos mecánicos o físicos que no produzcan la alteración del aceite, que no haya tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado, sin sufrir ningún proceso de refinación posterior (Luchetti, 2003). El aceite, obtenido en estas condiciones, retiene compuestos menores que dan lugar a un fragante y delicado *flavor* que es apreciado por los consumidores desde la antigüedad (Morales y cols., 2003).

El aceite de oliva virgen extra es considerado como el mejor aceite de oliva debido a sus características sensoriales, su estabilidad oxidativa y su composición química y nutricional, y es prácticamente el único aceite vegetal que puede ser consumido directamente luego de su extracción sin necesidad de pasar por procesos de refinación posteriores (Baccouri y cols., 2008).

Cientos de compuestos químicos, mayoritarios como los ácidos grasos o minoritarios como volátiles o fenoles, determinan las características químicas sensoriales y nutricionales del aceite de oliva virgen. Dentro de la composición en ácidos grasos se encuentran mayoritariamente los ácidos grasos monoinsaturados (72%) y poliinsaturados (14%) (Luchetti, 2003). La razón entre las concentraciones de ácidos grasos mono y poliinsaturados, y el contenido de fenoles, tocoferoles, esteroides y carotenoides, explica las propiedades cardioprotectoras del aceite de oliva virgen y sus efectos beneficiosos en otros aspectos de la salud como la presión sanguínea, la aterosclerosis, el deterioro cognitivo y la obesidad entre otros (López-Miranda, J., y cols., 2010; Baccouri y cols., 2008; Conde y cols., 2008; Romero y Aparicio, 2010).

## **1.2. BENEFICIOS PARA LA SALUD DE LOS CONSTITUYENTES DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA**

El estudio “The Seven Countries” (1986), evidenció que la población del Mediterráneo tenía menor incidencia de enfermedades cardiovasculares en comparación con otros países europeos y Estados Unidos, debido a la baja ingesta de grasas saturadas. La propiedad cardioprotectora se atribuyó a la ingesta del aceite de oliva virgen, grasa mayoritaria de esta dieta. Posteriormente se observó que los ácidos grasos mono-insaturados como el ácido oleico, ácido graso mayoritario del aceite de oliva virgen, disminuyen la concentración de colesterol total y LDL-colesterol, y aumentan el colesterol HDL cuando estos ácidos sustituyen a las grasas saturadas (López-Miranda, J., y cols., 2010; Conde y cols., 2008), .

Estudios recientes muestran que es la combinación del ácido oleico con compuestos minoritarios con propiedades antioxidantes como el escualeno, los alcoholes triterpénicos y los fenoles, posee un efecto determinante en la disminución del daño oxidativo y los procesos inflamatorios (López-Miranda, J., y et., 2010; Conde y cols., 2008; Romero y Aparicio 2010). Además, también se ha estudiado la actividad antioxidante y biodisponibilidad de algunos compuestos menores del aceite de oliva virgen como flavonoides, vitamina E, escualeno, hidroxitirosol y ácido caféico, lo cual ha permitido explicar el papel protector del aceite de oliva virgen frente a otras enfermedades como el cáncer, la diabetes, el deterioro cognitivo, envejecimiento celular, etc. (López-Miranda, J., y cols., 2010; Conde y cols., 2008; Romero y Aparicio 2010).

Estudios epidemiológicos han dado como resultado que el consumo regular de aceite de oliva virgen disminuía la presión sanguínea sistólica debido al incremento de monóxido de nitrógeno inducido por la ingesta de fenoles presentes en el aceite, aunque el mecanismo de vasodilatación resultante

también estaría inducido por la presencia de triterpenoides (eritrodiol y ácido oleanólico) (López-Miranda, J., y cols., 2010; Conde y cols., 2008; Romero y Aparicio, 2010).

El consumo de aceite de oliva virgen se ha relacionado con la menor incidencia de algunos cánceres (mama, ovarios y colorectal) en la cuenca mediterránea, respecto a países del norte de Europa; la mayor evidencia epidemiológica corresponde al cáncer de mama (López-Miranda, J., y cols., 2010; Conde y cols., 2008; Romero y Aparicio, 2010).

También se ha estudiado el efecto de la ingesta de aceite de oliva virgen en otras patologías, aunque el conocimiento es aún escaso. Así, se ha observado una notable mejora en el control del metabolismo de carbohidratos en diabetes cuando se suplementa la dieta con aceite de oliva virgen. En otro ámbito, una ingesta mayor de este aceite podría resultar preventiva en algunos desordenes cognitivos como Alzheimer y Parkinson (López-Miranda, J., y cols., 2010; Romero y Aparicio, 2010).

Por otra parte, los antioxidantes naturales, compuestos fenólicos,  $\alpha$ -tocoferol y  $\beta$ -caroteno, juegan un rol clave en la prevención de la oxidación y han sido relacionados con la estabilidad durante el almacenamiento del aceite de oliva virgen (Baccouri y cols., 2008).

En la actualidad, el gran incremento en la demanda de aceite de oliva de alta calidad durante los últimos años se puede atribuir no sólo a sus potenciales beneficios para la salud, sino también a su intenso y característico *flavor*.

A continuación la Tabla 1 muestra el decálogo de beneficios para la salud que tiene el consumo regular de aceite de oliva virgen extra.

**Tabla 1.** Decálogo sobre los beneficios para la salud del consumo regular de aceite de oliva virgen.

1. Estudios epidemiológicos relacionan su consumo con la prevención de enfermedades cardiovasculares.
2. Está demostrado que su consumo reduce la concentración de triglicéridos en plasma e incrementa los niveles de colesterol HDL.
3. Se ha evidenciado que su consumo en las comidas mejora el metabolismo postprandial de las lipoproteínas.
4. Protege de la oxidación de las células del endotelio que están involucradas en procesos antiinflamatorios y de vasodilatación.
5. Está demostrado que su consumo reduce la presión sanguínea y el riesgo de hipertensión.
6. Se ha probado su efecto anti carcinogénico en animales y en la actualidad se investiga con líneas celulares.
7. Hay evidencias experimentales del efecto beneficioso de su consumo en diferentes estadios de la carcinogénesis.
8. Una dieta basada en aceite de oliva virgen no incrementa la obesidad ya que incrementa la actividad lipolítica del tejido adiposo.
9. Hay evidencia de que su consumo previene de las enfermedades cognitivas de la edad (Alzheimer) y la demencia.
10. Últimas evidencias sugieren que su consumo incrementa la longevidad.

*Fuente: Romero N y Aparicio R. Beneficios del aceite de oliva y por qué debiera incluirse en nuestra dieta. En Oliva Chile. Directorio de la Industria Oleícola Chilena. Directorios Chile. 2010.*

### **1.3. FLAVOR**

El *flavor* es una sensación compleja compuesta básicamente de olor y sabor, aunque complementada con sensaciones táctiles y quinestésicas. El papel del *flavor* en el aporte de los alimentos es crítico y beneficioso, es vital en el control del reconocimiento, la selección y la aceptación del alimento (Morales y cols., 2003).

En el Aceite de oliva virgen, el aroma, especialmente las notas sensoriales verdes, está dado por los compuestos volátiles, mientras que el

sabor, en particular su agradable amargor, lo otorga los compuestos fenólicos (Gómez-Rico y cols., 2008).

Para describir el delicado y fragante aroma del aceite de oliva virgen de alta calidad, se consideran dos percepciones genéricas: frutado de aceitunas, que es la sensación que recuerda a las aceitunas; y notas verdes, que recuerdan las hojas o los frutos verdes. Los aldehídos de 6 átomos de carbono, los alcoholes y ésteres —que se consideran los responsables de las denominadas notas verdes— se caracterizan por tener tipos de olores que recuerdan a las hojas, a los frutos o vegetales verdes y a los diferentes matices del olor a hierba recién cortada. Por otra parte, el sabor del aceite obtenido de aceitunas poco maduras (verdes o inmaduras) se caracteriza generalmente por sensaciones verdes que recuerdan a la hierba verde recién cortada (atributo sensorial hierba) o las hojas (atributo sensorial hoja), con un sabor más o menos amargo y un picante bastante intenso que se atribuyen al alto contenido en fenoles, principalmente de compuestos secoiridoides, y volátiles C<sub>6</sub> (Angerosa, 2003).

#### **1.4. VOLÁTILES**

El aroma del aceite de oliva virgen está formado por una compleja mezcla de compuestos volátiles, dentro de los cuales se incluyen aldehídos, alcoholes, cetonas, hidrocarburos y ésteres (Sánchez y cols., 2003). En aceites de buena calidad, estos compuestos son producidos a través de rutas bioquímicas, cuyos productos son los responsables del *flavor*, y su composición depende de la variedad, estado de maduración, prácticas agronómicas y zona de producción. Sin embargo, cuando la calidad del aceite no es la mejor, reacciones más complejas dan lugar a una gran cantidad de compuestos volátiles, otorgándole al aceite olores desagradables, conocidos como “*off-flavors*”, los cuales provocan que el aceite huela a rancio, avinagrado o

atrojado, y son originados por las condiciones de extracción y almacenamiento del aceite de oliva (Morales y cols., 2003).

Los compuestos volátiles que forman parte del *flavor* del aceite de oliva virgen tienen su origen en la etapa de desarrollo de la oliva, momento en que tiene lugar la síntesis de estructuras de alto peso molecular como polisacáridos, proteínas y lípidos, los cuales son los principales precursores en las rutas metabólicas, particularmente ácidos grasos (linoleico y  $\alpha$ -linolénico) y aminoácidos (leucina, isoleucina y valina) (Morales y cols., 2003). Inicialmente, dentro de las células del fruto intacto, los compuestos —principalmente aldehídos C6— son producidos a partir de ácidos grasos libres, sin embargo, estos sustratos se encuentran esterificados dentro de la célula, ante lo cual, mediante reacciones químicas, pueden ser liberados, pero a muy baja velocidad, por lo que este mecanismo produce volátiles que aparecen solo a nivel de trazas (Sánchez y cols., 2003). Posteriormente, cuando se realiza la ruptura de los tejidos, se produce la liberación de los ácidos grasos desde los distintos glicerolípidos, por lo que la mayor cantidad de compuestos volátiles se forman rápidamente durante la ruptura de la estructura celular (por ejemplo, durante la molienda de la aceituna en el proceso de obtención del aceite de oliva virgen) como resultado de reacciones enzimáticas en presencia de oxígeno, y son, este tipo de compuestos volátiles formados en segunda instancia, los principales responsables del aroma verde del aceite de oliva virgen (Morales y cols., 2003).

Los aldehídos C6, alcoholes y sus acetyl ésteres constituyen el 60-80% del total de compuestos volátiles en cualquiera de los distintos aceites analizados hasta ahora. Los volátiles más abundantes son los aldehídos de seis carbonos (hexanal, Z-3-Hexenal y E-2-Hexenal) y alcoholes (Hexanol, Z-3-Hexenol y E-2-Hexenol), y sus acetyl esterés (acetato de E-2-Hexenilo y acetato de Z-3-Hexenilo) (Conde y cols., 2008).

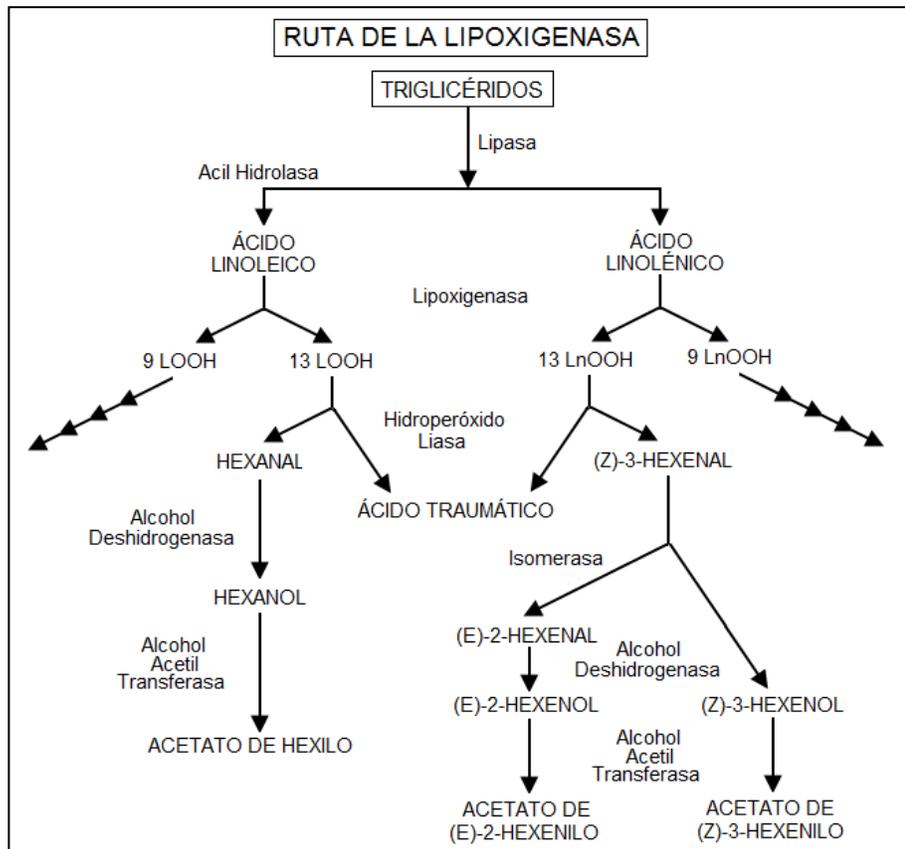
### 1.4.1. Rutas Metabólicas

**METABOLISMO DE ÁCIDOS GRASOS:** Las aceitunas inmaduras producen compuestos volátiles menores como alcoholes primarios y secundarios. Durante la maduración, las aceitunas desarrollan la capacidad de convertir algunos de los ácidos grasos en cetonas, ésteres y alcoholes (Morales y cols., 2003).

**METABOLISMO DE AMINOÁCIDOS:** El esqueleto estructural de algunos de los compuestos volátiles puede derivar de la cadena ramificada de los aminoácidos leucina, valina e isoleucina, mediante una serie de transformaciones bioquímicas. Estos aminoácidos son transformados en aldehídos ramificados, los cuales posteriormente son convertidos en sus correspondientes alcoholes y ésteres (Morales y cols., 2003).

**RUTA DE LA LIPOXIGENASA (Figura 1):** Esta vía es inducida por el daño al tejido durante el proceso de molienda de los frutos, e involucra una serie de enzimas que oxidan (lipoxigenasa), escinden (hidroperóxido Liasa) ácidos grasos poliinsaturados (Conde y cols., 2008). La Ruta de la Lipoxigenasa es responsable de los compuestos volátiles secundarios y se mantiene activa durante el batido de la pasta, donde las sustancias volátiles se incorporan al aceite otorgándole el aroma. Los principales precursores son los ácidos linoleico y  $\alpha$ -linolénico. En aceitunas, se favorece la formación de compuestos volátiles alifáticos  $C_6$  a partir de los 13-hidroperóxidos de los ácidos linoleico y linolénico (13-L-OOH y 13-Ln-OOH), mientras que los compuestos  $C_9$  están prácticamente ausentes. Los aldehídos  $C_6$  son posteriormente reducidos y acetilados a alcoholes y sus ésteres por la acción enzimática (alcohol deshidrogenada y alcohol acetil transferasa). Los compuestos volátiles mayormente encontrados en el aceite de oliva son los aldehídos: Hexanal, Z-3-Hexenal, y E-2-Hexenal; los alcoholes: Hexanol, E-2-Hexenol y Z-3-Hexenol. Estos últimos, se encuentran en altas concentraciones y su proporción está

influenciada por la variedad y el estado de madurez de las aceitunas. Cabe mencionar que el aroma de un aceite se verá influenciado por la actividad relativa de las enzimas que componen esta ruta (Morales y cols., 2003).



**Figura 1.** Ruta de la Lipoxigenasa.

*Fuente: Morales y cols., 2003.*

## 1.5. FENOLES

La fracción fenólica del aceite de Oliva corresponde a una mezcla heterogénea de componentes, presentes en el mesocarpio de la aceituna, y que no están en ningún otro aceite vegetal. Entre sus diversas funciones se puede destacar su importante participación en el sistema químico de defensa del fruto y una potente actividad microbiana (Lozano y cols., 2009).

Estos compuestos tienen un gran impacto en la calidad sensorial y nutricional de los alimentos frescos y procesados. En general, los compuestos fenólicos están relacionados con el amargor y la astringencia de los alimentos en los que se encuentran (por ejemplo, vino, sidra, té, frutas). En el caso del aceite de oliva, su presencia le confiere características de amargo y picante, dadas principalmente por los compuestos secoiridoides derivados de la oleuropeína y del ligustrósido (Morales y cols., 2003).

El interés reciente en los fenoles del aceite de oliva se debe a su capacidad antioxidante y habilidad para captar radicales libres, propiedad que se encuentra asociada a una serie de beneficios para la salud humana. Además, otorga al aceite de oliva una alta estabilidad oxidativa, durante el almacenamiento, y es un buen parámetro para evaluar la calidad del aceite de oliva virgen (Conde y cols., 2003).

Los principales fenoles presentes en el aceite de oliva son los siguientes (Anexo 1):

- ✓ Alcoholes Fenólicos: Corresponden a fenoles simples cuya estructura se basa en un anillo aromático unido a una cadena hidrocarbonada. Los principales compuestos descritos en el aceite de oliva son Hidroxitirosol y Tirosol. La concentración varía de 1,8 a 27 mg/kg de aceite, la cual proviene principalmente de la hidrólisis de los compuestos secoiridoides.
- ✓ Flavonoides: Son estructuras sintetizadas por condensación de un fenilpropanoide con tres moléculas de malonol-CoA. Presentan más de un anillo aromático en su estructura. Los compuestos presentes en el aceite de oliva son principalmente apigenina y luteolina, y su concentración va desde 0,5 hasta 10 mg/kg de aceite.
- ✓ Secoiridoides: Junto con los lignanos son los más abundantes en el aceite de oliva virgen. Proceden del metabolismo secundario de los terpenos siendo sintetizados a partir de la ruta del ácido mevalónico. Su estructura consta de un fenil etil alcohol (3,4-DHPEA o *p*-HPEA) unido al

ácido elenólico o sus derivados. Su concentración varía dependiendo de la variedad, bordeando en su mayoría los 100 mg/kg. Los principales compuestos presentes en la oliva son:

- Oleuropeína: Es el principal glucósido presente en el aceite de oliva. Químicamente corresponde a un éster del ácido elenólico con el hidroxitirosol. Es el responsable del sabor amargo de las aceitunas inmaduras, y es más abundante en frutos pequeños y menos en frutos grandes, además, su contenido disminuye con la maduración del fruto.
- Ligustrósido: Posee una estructura similar a la oleuropeína, pero con tirosol en lugar de hidroxitirosol. Está presente en las aceitunas verdes pequeñas, y no se encuentra en las aceitunas verdes de tamaño normal.
- ✓ Ácidos Fenólicos: primeros compuestos fenólicos descritos en el aceite de oliva. Se subdividen en dos grandes grupos: ácidos benzoicos, con una estructura química básica de C6-C1, y ácidos cinámicos, con una estructura básica de C6-C3. Su concentración es baja, cerca de 1 mg/kg de aceite. Los principales compuestos identificados son:
  - Ácidos benzoicos: p-hidroxibenzoico, protocatéquico, gálico, vanílico y siríngico.
  - Ácidos cinámicos: caféico, ferúlico, sinápico, p-cumárico y o-cumárico.
- ✓ Lignanos: Corresponden a fitoestrógenos y son de gran importancia nutricional. Son dímeros de fenilpropenoide (C6-C3) unidos por un átomo de carbono central de sus cadenas laterales. Los primeros lignanos detectados fueron el pinosresinol y el 1-acetoxipinosresinol, cuyas concentraciones van desde 2 a 95 mg/kg de aceite y de 20 a 25 mg/kg, respectivamente.

(Morales y cols., 2003; Lozano, 2012; Romero y cols., 2003).



### 1.5.2. Ruta del Ácido Mevalónico

La ruta del ácido mevalónico (Figura 3) es la responsable de la síntesis de los secoiridoides pertenecientes al grupo oleósido, cuya estructura se caracteriza por tener alcohol, ácido elenólico y un residuo glucosídico. El principal precursor de esta ruta es el ácido mevalónico, el cual se sintetiza a partir del ácido elenólico glucosado, que al combinarse con alcoholes y mediante posteriores reacciones de esterificación e hidroxilación, da lugar a los secoiridoides oleósidos (Lozano, 2012).

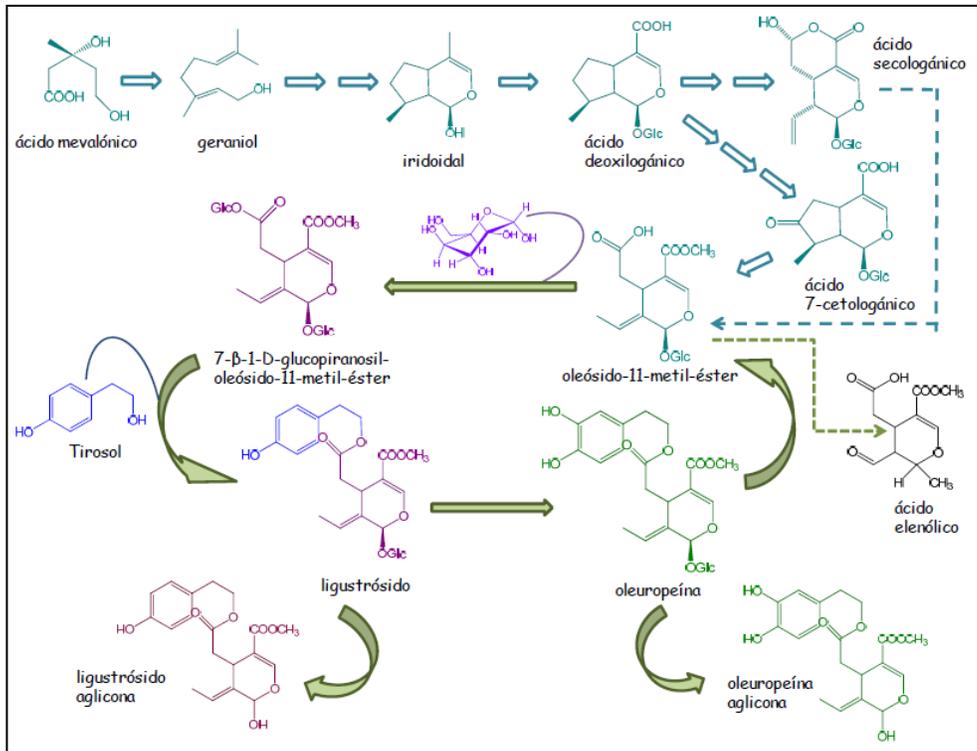


Figura 3. Ruta del ácido mevalónico y metabolismo de la oleuropeína.

Fuente: Lozano, 2012

### 1.6. FACTORES QUE AFECTAN EL FLAVOR

Como ya se ha mencionado, los compuestos que constituyen el *flavor* se ven afectados por diversos factores, dentro de los cuales se incluyen la

genética, la cual determina la variedad del cultivo, el tiempo de cosecha, influenciado por el estado de maduración del fruto, y la zona geográfica del cultivo, el cual en Chile, se caracteriza con la latitud en que se encuentra éste.

### **1.6.1. Prácticas agronómicas**

El desarrollo de los olivares, así como la composición de la aceituna y por ende del aceite de oliva virgen, se ven afectados por las prácticas agronómicas aplicadas a los cultivos, entre ellas la forma de regadío, y el estado de maduración (Conde y cols., 2008).

#### **→ Irrigación**

El equilibrio entre las ventajas e inconvenientes de la irrigación se pueden resumir con las cifras de producción de aceitunas, las cuales varía desde 2.000 a 5.000 kg/ha en cultivos secanos, a 15.000 kg/ha con regadío permanente (Aparicio, 2003).

Por otra parte, estudios demuestran que las distintas técnicas de regadío que se apliquen a los arboles afectan tanto el contenido de fenoles como el de volátiles, de este modo, la cantidad de agua con la que se riega el olivo tiene consecuencias en la composición del aceite, variando tanto el contenido de fenoles como en el de volátiles, dependiendo de la sensibilidad del cultivo al estrés hídrico (Gómez-Rico y cols., 2009; Aparicio, 2003).

#### **→ Maduración**

La maduración del fruto se caracteriza por procesos fisiológicos y metabólicos, tales como la producción de etileno, aumento de la respiración climatérica, síntesis de proteínas, incremento de las actividades enzimáticas y permeabilidad de las membranas celulares (Morales y cols., 2003). Durante el proceso de maduración de la aceituna ocurren cambios dramáticos, dentro de los cuales se encuentran variaciones en el peso, color, contenido de aceite,

composición química del aceite y actividad enzimática. Estos influyen fuertemente en la firmeza del fruto, facilidad de extracción de aceite y también en las características sensoriales del producto final (Dag y cols., 2011).

El estado óptimo de cosecha de las aceitunas aceiteras se encuentra entre las clases 3 y 4, las cuales están definidas por una escala de coloración que consta de 8 estados (Tabla 2), comenzando desde el 0, cuyo color del fruto es verde intenso y es asociado a una baja acumulación de aceite, hasta el índice 7, donde el fruto se encuentra en plena madurez, presenta en la cáscara un color negro y la pulpa morada hasta el hueso (Tapia y cols., 2003).

**Tabla 2.** Escala de coloración que define el estado de madurez de olivas aceiteras.

CLASE	DEFINICIÓN
0	Piel verde intensa
1	Piel verde amarillenta
2	Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto. Inicio de pinta
3	Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto. Final de pinta
4	Piel negra y pulpa blanca
5	Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa
6	Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso
7	Piel negra y pulpa morada hasta el hueso

*Fuente: Tapia y cols., 2003*

Dependiendo del estado de maduración en que se encuentra el fruto, existirán diferencias en la composición de ácidos grasos y niveles de fenoles, tocoferoles, esteroides y pigmentos, los cuales se verán reflejados en el grado de calidad, características sensoriales, estabilidad oxidativa y valor nutricional del aceite de oliva, por lo que dichos cambios representan una gran importancia comercial, tanto por la calidad del aceite como por su vida útil (Dag y cols., 2011; Escobar, 2012).

Durante la fase de maduración (envero), la textura del fruto cambia, identificándose claras etapas, en las cuales se observa cómo varía desde la “etapa verde”, donde el fruto se encuentra duro y es difícil de aplastar, hasta la

“etapa *cherry*”, donde se aplasta fácilmente y gran cantidad del jugo es liberado (Conde y cols., 2008). Sin embargo esta aparente cualidad de una cosecha avanzada trae consecuencias en las características posteriores del aceite, ya que estudios demuestran que a medida que transcurre el proceso de maduración del fruto, la cantidad de fenoles se incrementa hasta un punto máximo, y luego en la etapa negra de maduración (*cherry*) su concentración disminuye considerablemente, alcanzando la mitad del valor inicial (Conde y cols., 2008; Escobar, 2012), acompañado de una menor estabilidad oxidativa, mientras que el contenido de fenoles es particularmente mayor en aceitunas verdes (Baccouri y cols., 2008). Además, una maduración avanzada implica una disminución significativa de algunos atributos atractivos del aceite de oliva virgen, como amargo, picante, aroma verde y otras características agradables del *flavor* (Conde y cols., 2008).

### **1.6.2. Latitud**

La zona geográfica en que crece el cultivo es una gran responsable de las características específicas del aceite de oliva (Bakhouché y cols., 2013), de hecho, estudios demuestran que la proporción de volátiles del aceite de oliva varía cuando los cultivos son de distintos orígenes geográficos, afectando su composición tanto cualitativa como cuantitativamente, por lo que estos pueden ser indicadores del aceite de cada región (Ouni y cols., 2011).

En Chile, un factor determinante de la ubicación geográfica es la latitud, la cual afecta el contenido de ácidos grasos, esteroides y alcoholes triterpénicos, fenoles y compuestos volátiles en aceites de oliva, obtenidos a partir de una misma variedad (Issaoui y cols., 2010; Ballus y cols., 2015).

El crecimiento de los olivos, tanto en el hemisferio norte como en el sur, se encuentra entre las latitudes 30° y 45° en climas más bien mediterráneos, cuyos inviernos se caracterizan por ser suaves, veranos largos, cálidos y secos, y con lluvia moderada (Benavides, 2010).

### 1.6.3. Variedad

La actividad enzimática del fruto depende de la composición genética, la cual varía según la naturaleza del cultivo, por lo que los compuestos formados a través de las diferentes rutas enzimáticas tendrán una variación de acuerdo a la variedad de la aceituna de la cual se extrae el aceite (Morales y cols., 2003).

La actual investigación se basa en analizar tres variedades en particular: ARBEQUINA: es hoy en día, la variedad más estudiada y más cultivada alrededor del mundo, incluido Chile (Chileoliva 2013). Ésta es reconocida en el mercado internacional por su excelente *flavor*, y agronómicamente por su resistencia al frío, pequeño tamaño del fruto y alta productividad (Bakhouché y cols., 2013). Esta variedad es originaria de España y entrega un fruto ovalado y pequeño. Su aceite es muy aromático, con ligero sabor a manzana, verde herbáceo, dulce, muy poco amargo y picante. Es la variedad más plantada en Chile, representa el 70% del total nacional, ya que es usado comúnmente como base en todas las mezclas (blend), debido a su aceite suave de frutado ligero (Chileoliva, 2013).

ARBOSANA: a diferencia de la anterior, esta variedad no posee gran cantidad de investigaciones en los parámetros analizados en este proyecto, lo que la hace atractiva para estudiar. Esta es una variedad española y actualmente se proyecta como una de las variedades más interesantes por la calidad del aceite producido, ya que es muy frutado y aromático con particular aroma a plátano. Es estable, amargo y picante ligero (Chileoliva, 2013).

KORONEIKI: al igual que Arbosana, es una variedad menos estudiada que Arbequina (Romero y cols., 2012). Es una variedad proveniente de Grecia y representa cerca del 60% de la superficie oleícola de ese país. Produce un aceite muy apreciado por sus características sensoriales, estabilidad y alto contenido en ácido oleico. Aceite frutado, amargo y

picantes medios a altos, con amplia variedad de notas verdes como hojas de olivo, hierba y hierbas aromáticas, muy persistente (Romero, 2014), buen aroma, elegante y muy verde (Chileoliva, 2013).

## **1.7. SITUACIÓN EN CHILE**

En sus inicios, el cultivo del olivo se extendió principalmente por el Valle Central (33°S), el que concentraba toda la actividad agrícola nacional. Sin embargo, las plantaciones no tardaron en extenderse hasta el Valle del Limarí por el Norte (30°S) y el Río Biobío por el Sur (37°S). Influenciada por el Océano Pacífico por un lado y la Cordillera de Los Andes por el otro, esta porción de terreno es dueña de diferentes microclimas que permitieron la adaptación de diferentes variedades de olivos a lo largo y ancho del país (Chileoliva, 2013).

La mayor parte de las variedades de olivos presentes en el mundo provienen del Mediterráneo, principalmente España, Italia y Grecia, países de los cuales comenzaron a llegar los aceites a Chile (Chileoliva, 2013). Particularmente, en 1997 se introdujeron las variedades Arbequina y Arbosana desde España, y Koroneiki de Grecia (Tapia y cols., 2012).

Actualmente existen alrededor de 26 mil hectáreas plantadas de olivos enfocadas en un 90% a la producción de aceite de oliva de la más alta calidad (Romero y cols., 2014).

## 2. OBJETIVOS

---

### 2.1. GENERAL

- Estudiar la influencia de la latitud, la variedad y prácticas agronómicas en la evolución de los compuestos responsables del *flavor* (compuestos volátiles y fenoles) de aceite de oliva virgen extra.

### 2.2. ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, en los aceites de oliva virgen extra procedentes de las variedades Arbequina, Arbosana y Koroneiki de las regiones de Coquimbo y el Maule se determinarán:

- Los parámetros de calidad a la luz de la Normativa COI.
- El efecto del estado de maduración sobre la evolución de los compuestos responsables del *flavor*.
- El efecto de la variedad sobre la composición de los compuestos fenólicos y volátiles.
- El efecto de la latitud sobre el desarrollo de los compuestos responsables del *flavor*.

### 3. HIPÓTESIS

---

El desarrollo de compuestos volátiles y fenoles se ve fuertemente influenciado por factores como la variedad y el lugar geográfico en que se cultivan los olivos. El Valle de Limarí, caracterizado por un clima más cálido —que favorece la evapotranspiración de los cultivos— y por una menor disponibilidad de agua, presenta aceites con un mayor contenido de compuestos fenólicos. Por otra parte, la zona de Molina, caracterizada por temperaturas más bajas y mayor disponibilidad de agua presenta aceites con menor contenido fenólico y un mayor desarrollo de compuestos volátiles. En relación a la variedad, “Arbequina” presenta menor intensidad de *flavor* que las variedades “Koroneiki” y “Arbosana”.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS CHACRAS Y ASPECTOS AGROCLIMÁTICOS

El estudio se realizó en dos chacras de olivos con cultivos superintensivos (1.333 árboles/ha), caracterizados por árboles juveniles de 8 años de edad en 2013. Se estudiaron tres variedades Koroneiki, Arbequina y Arbosana, en dos regiones distantes (Figura 4): Coquimbo (Valle del Limarí, 30°30'2" latitud sur y 71°29'4" longitud oeste) caracterizado por un clima Marino Subtropical Desértico con un promedio anual de precipitaciones de 22 mm; y El Maule (Molina, 35°07'2" latitud sur y 71°29'4" longitud oeste) caracterizado por un clima mediterráneo con un promedio anual de lluvias de 735 mm.

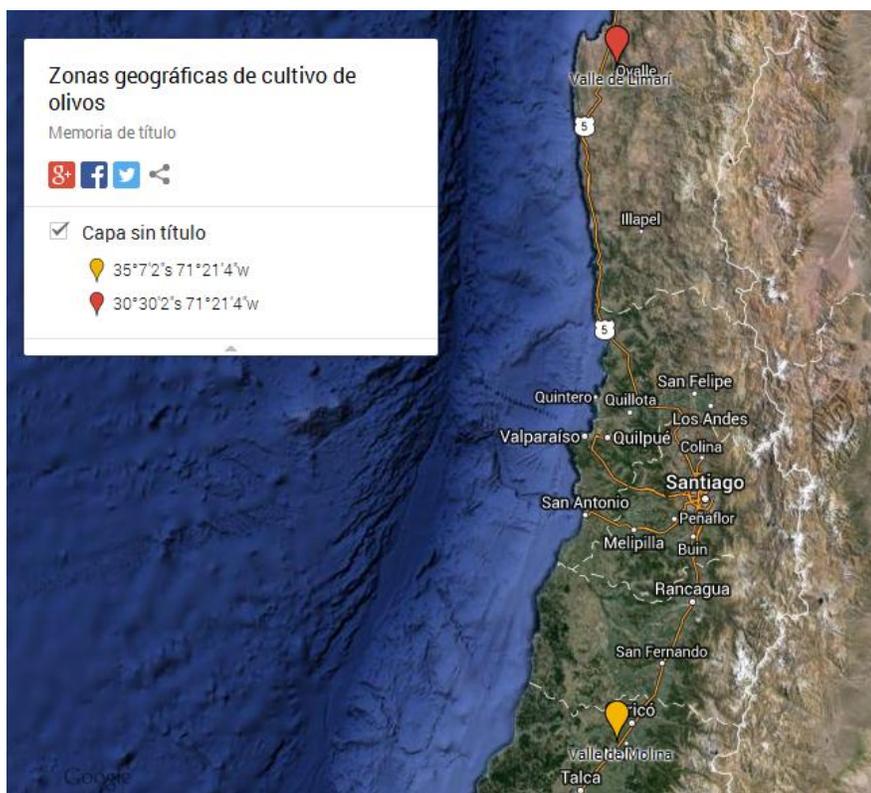


Figura 4. Ubicación geográfica de cultivos estudiados.

Fuente: Google 2014

En la Tabla 3 se informan las variables agronómicas identificadas durante el proceso de cultivo de los olivos.

**Tabla 3.** Variables agronómicas.

VARIABLES	LIMARÍ	MOLINA
<b>CLIMÁTICAS</b>		
Temperatura máxima (°C)	20.80 ± 3.37	14.12 ± 4.69
Temperatura mínima (°C)	7.92 ± 2.16	2.29 ± 3.79
Amplitud de temperatura (°C)	12.88 ± 4.74	11.83 ± 4.89
Humedad (%)	76.44 ± 4.83	87.65 ± 6.84
Evapotranspiración (ETo)(mm/día)	2.81 ± 0.35	1.11 ± 3.05
<b>PRÁCTICAS AGRÍCOLAS</b>		
Riego (m <sup>3</sup> /ha)	3727.00 ± 76.60	4613.8 ± 72.43

#### 4.2 MUESTREO

En cada chacra se seleccionaron para cada variedad tres hileras de árboles (100 árboles/hilera), según edad, estado nutricional y manejo agronómico. Para cada muestra se seleccionaron al azar tres árboles por variedad, se cosechó a mano 10 kilos de fruta sana y sin defectos, de la parte media de tres árboles. Este procedimiento se llevó a cabo en distintas fechas, correspondientes a 6 distintos índices de madurez (Tabla 4), identificados según escala de coloración. Cada muestra se colectó en triplicado.

**Tabla 4.** Fechas y estados de maduración para cada variedad y latitud.

LATITUD	VARIEDAD	ESTADO DE MADURACIÓN / FECHA					
LIMARÍ	KORONEIKI	E2 / 22-Mar	E3 / 03-Abr	E4 / 18-Abr	E5 / 26-Abr	E6 / 13-May	E7 / 23-May
	ARBEQUINA	E2 / 03-Abr	E3 / 18-Abr	E4 / 26-Abr	E5 / 13-May	E6 / 23-May	E7 / 07-Jun
	ARBOSANA	E2 / 18-Abr	E3 / 28-Abr	E4 / 13-May	E5 / 23-May	E6 / 07-Jun	
MOLINA	KORONEIKI	E2 / 16-Abr	E3 / 02-May	E4 / 15-May	E5 / 28-May	E6 / 07-Jun	
	ARBEQUINA	E2 / 16-Abr	E3 / 02-May	E4 / 15-May	E5 / 28-May		
	ARBOSANA	E2 / 02-May	E3 / 15-May	E4 / 28-May			

## 4.3 ANÁLISIS DE CALIDAD

### 4.3.1 Acidez libre expresada como ácido oleico

Se determinó el contenido de ácidos grasos libres de acuerdo con el método AOCS Ca 5a-40. Este método determina el contenido de ácidos grasos libres existentes en la muestra, expresados como ácido oleico.

El porcentaje de ácidos grasos libres calculado como ácido oleico se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Ácidos grasos libres, \%} = \frac{\text{ml NaOH} * N_{\text{NaOH}} * 28,2}{\text{Peso muestra}}$$

Siendo:

$N_{\text{NaOH}}$  = Normalidad de la solución de Hidróxido de Sodio.

### 4.3.2 Índice de peróxidos

El índice de peróxidos se determinó de acuerdo con el método oficial de la AOCS Cd 8-53. Este método determina los peróxidos, expresados en términos de miliequivalentes de peróxidos por 1000 g de muestra, los que producen la oxidación del yoduro de potasio (KI) bajo las condiciones de realización del método.

El índice de peróxidos expresado como mEq de peróxidos por 1000g de muestra se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de peróxidos} = \frac{(M - B)(N)(1000)}{\text{peso muestra}}$$

Siendo:

B = Titulación del blanco

M = Titulación de la muestra

N = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

### 4.3.3 Medidas espectrofotométricas de Absorción UV $K_{232}$ y $K_{270}$

Se determinó la absorbancia a  $K_{232}$  y  $K_{270}$  de acuerdo con el método oficial de la A.O.C.S. Ch 5-91. Este método describe el procedimiento para la

realización de la prueba espectrofotométrica del aceite en el ultravioleta. Se emplea un espectrofotómetro UV/Vis UV3, UNICAMP.

#### **4.3.4 Color**

El color se determinó con un instrumento Lovibond Serie PFX195 de acuerdo al método oficial de la A.O.C.S. Cc 13e-92. Éste determina el color haciendo coincidir el color de la luz transmitida a través de un espesor específico de aceite con el color procedente de la misma fuente, transmitida a través de estándares de vidrios de color. Este parámetro se mide en escala de color Gardner.

### **4.4 DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS RESPONSABLES DEL FLAVOR**

#### **4.4.1 Compuestos volátiles** (García-González, 2010)

El análisis de compuestos volátiles se realizó mediante la técnica de micro extracción en fase sólida (SPME) utilizando una fibra triple de 2 cm, 50/30 (DVE/ Carboxen/ PDMS) Supelco y empleando 4-mretil pentanol como estándar interno. Los compuestos volátiles se determinan en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2010 Plus, detector FID-2010, inyector automático Headspace HT280T, columna Teknokroma TR-Wax (60 mt, 0,25 mm x 0,25 di), software de adquisición de datos y manejo del equipo GC Solution V 2.4. Las condiciones de análisis son las siguientes: T° inyector 260°C, T° detector 280°C, T° horno: inicial 40°C por 10 min, rampa 3°C/min, final 200°C. Los compuestos volátiles se identifican por comparación de los tiempos de retención con estándares Sigma y se expresan en mg por kg de aceite

#### **4.4.2 Compuestos fenólicos** (Mateos y cols., 2001)

La determinación de los compuestos fenólicos se realizó implementando el método propuesto por Mateos y cols. (2001). Este método consiste en la

extracción de los compuestos fenólicos mediante columnas de microextracción en fase sólida (SPE) con una columna Sep-Pak diol Waters. La separación de los compuestos se realiza por cromatografía HPLC en fase reversa, empleando un HPLC Waters equipado con bomba binaria 1525, detector arreglo de diodos 2998, horno columna, autosampler 2707, software cromatográfico EMPOWER SINGLE SYSTEM, columna Spherisorb ODS2 (5µm, 250x4,6mm) a una temperatura de 20°C utilizando como base móvil ácido fórmico 0,5% V/V (agua) y metanol/acetonitrilo 50/50% V/V, flujo 1 ml/min. (Ortúzar, 2013; Mateos, 2011). Los compuestos fenólicos se identifican empleando estándares Sigma comparando tiempos de retención y espectros UV de los compuestos con los respectivos estándares. Además para aquellos compuestos en que no se dispone de estándares se comparan tiempos de retención con datos de literatura. Los cromatogramas son extraídos a 240, 280 y 335 nm. La cuantificación se realiza con los estándares internos ácido *p*-hidroxifenilacético (S.I.1) para los fenoles extraídos a 280 y 235 nm y *o*-cumárico (S.I.2) para los fenoles extraídos a 335 nm.

La concentración de cada fenol se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Fenol \left( \frac{mg}{Kg} \right) = \frac{100 * P(PI) * Area(fenol) * Factor(fenol)}{Area(PI) * P(muestra)}$$

Siendo:

P (PI) = peso (mg) del patrón; ácido *p*-hidroxifenilacético (phpa) para  $\lambda=280$  nm y ácido *o*-cumárico para  $\lambda=335$  nm

Área (fenol) = área del fenol en cromatograma

Factor (fenol) = factor de respuesta del fenol en relación al estándar interno

Área (PI) = área del patrón interno en el cromatograma

P (muestra) = peso de la muestra en gramos

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados de concentración de compuestos volátiles y fenólicos, para los factores latitud, estado de maduración y variedad fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial utilizando el software Statgraphics centurión XVI, para evaluar la existencia de diferencias significativas entre estos. En el caso de existir diferencias significativas entre las muestras se realiza el método de Tukey HSD para identificar dónde se producen estas diferencias.

Los resultados de parámetros de calidad obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza multifactorial para los factores de latitud y estado de maduración, bajo las mismas condiciones antes mencionadas.

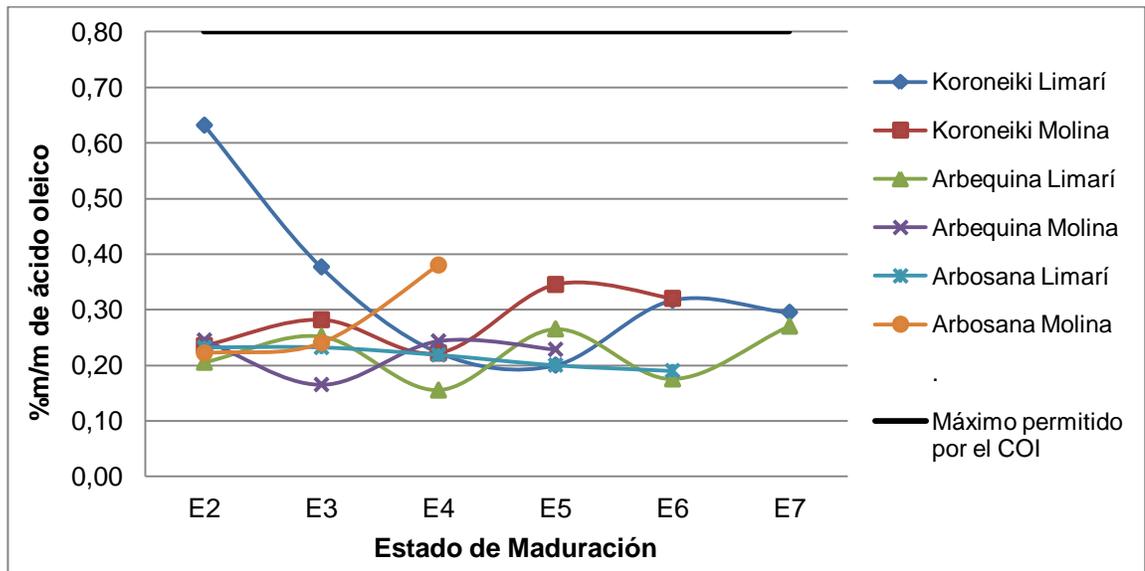
## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 ANÁLISIS DE CALIDAD

Los resultados obtenidos forman parte de los análisis fisicoquímicos realizados en duplicado a cada una de las tres muestras de aceite de oliva virgen extra extraídas de los olivos variedades Koroneiki, Arbequina y Arbosana, en sus distintos estados de maduración, cultivados en el Valle de Limarí y Molina.

#### 5.1.1 Acidez libre

En la Figura 5 se presentan, mediante un gráfico, los resultados de los análisis de acidez libre expresados como %m/m de ácido oleico. Por otra parte, en la Tabla 5 se exponen los resultados promedios con sus respectivas desviaciones, señalando además, si hay o no diferencias significativas entre distintos estados de maduración y entre latitudes.



**Figura 5.** Resultados gráficos de acidez libre, expresados como %m/m de ácido oleico, para las muestras analizadas.

**Tabla 5.** Acidez libre expresada como %m/m de ácido oleico, correspondiente a las muestras de aceite de oliva virgen extra analizadas.

LATITUD	ESTADO DE MADURACIÓN	VARIEDAD		
		KORONEIKI	ARBEQUINA	ARBOSANA
LIMARÍ	E2	0,63±0,03 <sup>Bd</sup>	0,21±0,02 <sup>Ab</sup>	0,23±0,02 <sup>Aa</sup>
	E3	0,38±0,03 <sup>Bc</sup>	0,25±0,02 <sup>Bc</sup>	0,23±0,04 <sup>Aa</sup>
	E4	0,22±0,03 <sup>Aa</sup>	0,16±0,03 <sup>Aa</sup>	0,22±0,03 <sup>Aa</sup>
	E5	0,20±0,00 <sup>Aa</sup>	0,27±0,02 <sup>Ac</sup>	0,20±0,03 <sup>a</sup>
	E6	0,32±0,06 <sup>Abc</sup>	0,18±0,01 <sup>ab</sup>	0,19±0,02 <sup>a</sup>
	E7	0,30±0,03 <sup>b</sup>	0,27±0,02 <sup>c</sup>	
	MOLINA	E2	0,24±0,04 <sup>Aa</sup>	0,25±0,03 <sup>Bb</sup>
E3		0,28±0,05 <sup>Aab</sup>	0,17±0,02 <sup>Aa</sup>	0,24±0,01 <sup>Aa</sup>
E4		0,22±0,03 <sup>Aa</sup>	0,24±0,03 <sup>Bb</sup>	0,38±0,02 <sup>Bb</sup>
E5		0,35±0,03 <sup>Bc</sup>	0,23±0,02 <sup>Ab</sup>	
E6		0,32±0,03 <sup>Abc</sup>		

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre latitudes para una misma variedad.

Según el Consejo Oleícola Internacional (COI), un aceite de oliva, para ser catalogado como virgen extra, debe tener una acidez libre máxima de 0,8% expresada como ácido oleico (COI, 2009), por ende, según lo expuesto en la Figura 5, todos los resultados obtenidos para las muestras analizadas cumplen con la norma y caen dentro de dicha clasificación.

De acuerdo a lo observado en la Figura 5, en general los aceites muestran una acidez de entre 0,16 y 0,38% de ácido oleico, coincidente con Troncoso y cols., (2006), quien señala que los aceites de oliva chilenos procesados con tecnología moderna y cuyos frutos son cosechados en el estado óptimo de madurez, poseen valores de acidez libre 0,2 y 0,4%, característicos de aceites Premium. Por otra parte, se observa también que el aceite variedad Koroneiki extraído de Limarí, es su estado de madurez 2 presenta un valor sobre el 0,6%, sin embargo, se observa una disminución en los estados de madurez más avanzados. Este resultado pudo haber sido consecuencia de acciones enzimáticas previas al proceso de prensado de la oliva (Troncoso y cols., 2006).

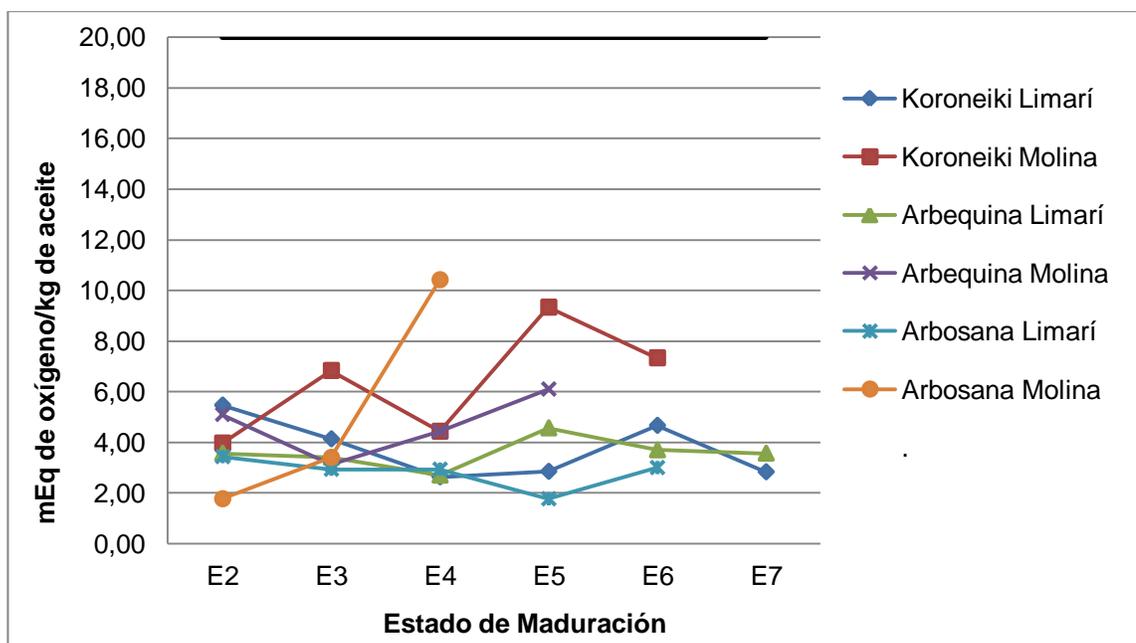
En la Tabla 5 se observa que las desviaciones estándar de los resultados son bajas, lo cual es un indicador de la precisión de los datos obtenidos y que por ende los análisis fueron realizados correctamente. Adicionalmente, se informa la presencia de diferencias significativas tanto entre estados de madurez como entre latitudes. En el primer caso, Koroneiki Molina tiende a aumentar su porcentaje de acidez con la maduración del fruto y Koroneiki Limarí, a excepción de los dos primeros estados de maduración, también se muestra igual, por su parte, para la variedad Arbequina, se observa que en Molina solo hubo diferencias significativas entre E3 y el resto de las muestras, mientras que en Limarí se aprecia mayor diferencia pero sin marcar una tendencia clara. Por otra parte, Arbosana Limarí no presentó diferencias significativas en sus datos, mientras que Molina muestra un aumento significativo en el porcentaje de acidez libre. Este comportamiento podría explicarse a que previo a la cosecha del 28 de mayo hubo una helada severa en Molina, Afectando principalmente a los frutos de la variedad Arbosana, que por su mayor tamaño, la congelación de agua en el fruto produce la fractura del tejido y con ello la activación de las enzimas lipolíticas afectando los triglicéridos y la calidad del aceite extraído (Tapia y cols., 2003). Cabe mencionar que en esta misma zona, dado el alza en los porcentajes de acidez registrados en Koroneiki E5, los frutos pudieron haber sufrido las mismas alteraciones. Contrariamente, según se observa, en la variedad Arbequina E5 no se observa el mismo aumento, por lo que se presume que esta variedad parece haber sido más resistente a la helada. Este hecho indica que la selección de la variedad para la zona de cultivo es de vital importancia a la hora de realizar una inversión, pues los antecedentes climáticos y el comportamiento de la variedad en condiciones extremas, es un factor determinante a considerar.

En cuanto al efecto de la latitud, se observaron diferencias significativas, del mismo modo que señala Issaoui y cols., (2010), la variedad Koroneiki muestra un mayor grado de acidez en Limarí en sus estados de maduración

iniciales, luego se presentan sin diferencias significativas (a excepción de E5 que sufrió de helada). Arbequina y Arbosana también presentaron diferencias significativas en algunos estados, sin embargo, a diferencia de la variedad antes mencionada, los valores mayores de acidez libre se observaron en Molina.

### 5.1.2 Índice de peróxidos

En el gráfico de la Figura 6 se presentan, los resultados de los análisis de índice de peróxidos expresados como miliequivalentes de oxígeno por kg de aceite. Por otra parte, en la Tabla 6 se exponen los resultados promedios con sus respectivas desviaciones, señalando además, si hay o no diferencias significativas entre distintos estados de maduración y entre latitudes.



**Figura 6.** Resultados gráficos de índice de peróxidos en las muestras analizadas.

**Tabla 6.** Resultados de índice de peróxidos expresado como mEq O<sub>2</sub>/kg aceite, correspondiente a las muestras de aceite de oliva virgen extra analizadas.

LATITUD	ESTADO DE MADURACIÓN	VARIEDAD		
		KORONEIKI	ARBEQUINA	ARBOSANA
LIMARÍ	E2	5,47±0,59 <sup>Ac</sup>	3,57±0,41 <sup>Ab</sup>	3,43±0,46 <sup>Ab</sup>
	E3	4,13±0,33 <sup>Ab</sup>	3,40±0,18 <sup>Aab</sup>	2,93±0,16 <sup>Ab</sup>
	E4	2,63±0,63 <sup>Aa</sup>	2,70±0,39 <sup>Aa</sup>	2,93±0,16 <sup>Ab</sup>
	E5	2,85±0,66 <sup>Aa</sup>	4,57±0,43 <sup>Ac</sup>	1,77±0,15 <sup>a</sup>
	E6	4,67±0,23 <sup>Abc</sup>	3,70±0,50 <sup>b</sup>	3,00±0,49 <sup>b</sup>
	E7	2,83±0,45 <sup>a</sup>	3,57±0,43 <sup>b</sup>	
	MOLINA	E2	3,97±0,51 <sup>Ba</sup>	5,10±0,59 <sup>Bb</sup>
E3		6,83±1,24 <sup>Bb</sup>	3,13±0,39 <sup>Aa</sup>	3,40±0,51 <sup>Ab</sup>
E4		4,43±0,79 <sup>Ba</sup>	4,43±0,60 <sup>Bb</sup>	10,42±0,88 <sup>Bc</sup>
E5		9,33±0,34 <sup>Bc</sup>	6,10±0,58 <sup>Bc</sup>	
E6		7,33±0,41 <sup>Bb</sup>		

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre latitudes para una misma variedad.

La norma del COI para aceite de oliva virgen extra determina que el índice de peróxidos, expresado en meq. de oxígeno por kg de aceite, debe ser menor o igual a 20 (COI, 2009), por ende, según se observa en la Figura 6, todos los aceites analizados se encuentran dentro de lo especificado, presentando valores entre 1,77 y 10,42.

Dentro de los resultados obtenidos, sobresalen con valores altos los de aceites producidos en Molina: Koroneiki E5 y E6, Arbequina E5 y Arbosana E4. Si bien estos datos se encuentran dentro de lo especificado por la norma, se observa un claro aumento de los valores de índice de peróxidos en relación a los estados más tempranos de maduración. Este comportamiento obedecería al fenómeno de la helada previa a la cosecha del 28 de mayo, como ya se señaló. Está descrito que el fenómeno de la helada provoca arrugamiento en el fruto y oscurecimiento del pedúnculo con la consecuente disminución del rendimiento y calidad del aceite (Benavides, 2010). Cuando las temperaturas son muy bajas, (inferiores a 0°C), como ya se señaló, se produce el congelamiento del agua extracelular de los tejidos, y luego, producto del equilibrio térmico, se congela

también el agua intracelular de los mismos, cuyas consecuencias son la deshidratación y la importante destrucción en la membrana de la célula producto de los cristales de hielo que se forman en la pared celular, esto lleva a la muerte celular y a una alta oxidación de contenidos celulares como resultado del contacto entre las enzimas y sus sustratos respectivos, por lo que se verán influenciados tanto la cantidad como la calidad del aceite obtenido (Morelló y cols., 2003). La variedad Koroneiki en Limarí presentó una tendencia similar a la de la acidez libre, con un mayor índice de peróxido en el aceite procedente del estado inicial de maduración E2, el cual fue disminuyendo con la madurez del fruto.

Los resultados expuestos en la Tabla 6 dan a conocer que todas las variedades presentan diferencias significativas tanto entre sus estados de maduración como entre latitudes, siendo todas inferiores en Limarí, sin embargo no se marca una tendencia notoria de aumento del índice conforme aumenta la madurez del fruto. Por otra parte, al igual que en el caso anterior, entre las variedades, Koroneiki es la que presenta valores más altos.

### **5.1.3 Absorción UV**

En la Tabla 7 se presentan los resultados del coeficiente de extinción específica medida a 232nm y 270nm, y  $\Delta K$ , en la cual se señala la existencia de diferencias significativas entre distintos estados de maduración y entre latitudes.

Los métodos espectrofotométricos de absorbancia UV son utilizados tanto para determinar la autenticidad de un aceite como para estudiar su calidad. Estos ensayos se realizan midiendo los coeficientes de extinción a longitudes de onda de 232nm y 270nm, correspondientes a la absorción máxima de los dienos y trienos conjugados (Jamett, 2007), los cuales son indicadores de estados de oxidación secundarios. Además, se realiza la medición del delta K, el cual es un criterio de pureza para detectar mezclas con aceites refinados (Laboratorio J.A. Tello, 2014). Estos valores, identificados

como K232, K270 y  $\Delta K$ , no deben ser mayores a 2,50, 0,22 y 0,01, respectivamente, según señala el COI para aceites de oliva virgen extra. Los resultados presentados en la Tabla 7 se encuentran todos dentro de lo establecido por la norma, por lo que se infiere que no existen estados de oxidación avanzados en las muestras analizadas, y que no existe mezcla de aceites, por lo tanto todos se encuentran en la categoría virgen extra.

**Tabla 7.** Coeficientes de extinción específica correspondiente a las muestras de aceite de oliva virgen extra analizadas.

VARIEDAD	LATITUD	ESTADO DE MADURACIÓN	K232	K270	$\Delta K$
KORONEIKI	LIMARÍ	E2	1,66±0,09 <sup>Aa</sup>	0,13±0,01 <sup>Ab</sup>	-0,02±0,00 <sup>Aa</sup>
		E3	1,53±0,04 <sup>Aa</sup>	0,14±0,00 <sup>Ab</sup>	-0,02±0,00 <sup>Aa</sup>
		E4	1,60±0,03 <sup>Aa</sup>	0,12±0,01 <sup>Ab</sup>	-0,02±0,01 <sup>Ab</sup>
		E5	1,59±0,13 <sup>Aa</sup>	0,12±0,02 <sup>Ab</sup>	-0,01±0,00 <sup>Abc</sup>
		E6	1,65±0,08 <sup>Aa</sup>	0,11±0,00 <sup>Aa</sup>	0,00±0,01 <sup>Ac</sup>
		E7	1,66±0,06 <sup>a</sup>	0,10±0,00 <sup>a</sup>	-0,01±0,00 <sup>bc</sup>
	MOLINA	E2	1,37±0,15 <sup>Ba</sup>	0,09±0,00 <sup>Ba</sup>	0,00±0,00 <sup>Bb</sup>
		E3	1,52±0,12 <sup>Aa</sup>	0,11±0,01 <sup>Bb</sup>	-0,01±0,00 <sup>Ba</sup>
		E4	1,37±0,01 <sup>Aa</sup>	0,09±0,00 <sup>Ba</sup>	-0,01±0,00 <sup>Ba</sup>
		E5	1,59±0,12 <sup>Aa</sup>	0,09±0,00 <sup>Ba</sup>	-0,01±0,00 <sup>Aa</sup>
		E6	1,66±0,13 <sup>Ab</sup>	0,10±0,00 <sup>Ab</sup>	-0,01±0,00 <sup>Ba</sup>
ARBEQUINA	LIMARÍ	E2	1,80±0,07 <sup>Aa</sup>	0,13±0,00 <sup>Ab</sup>	-0,02±0,01 <sup>Aa</sup>
		E3	1,69±0,10 <sup>Aa</sup>	0,10±0,01 <sup>Aa</sup>	0,00±0,01 <sup>Aa</sup>
		E4	1,68±0,17 <sup>Aa</sup>	0,09±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,01±0,00 <sup>Aa</sup>
		E5	2,13±0,12 <sup>Ab</sup>	0,08±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,01±0,00 <sup>Aa</sup>
		E6	1,70±0,02 <sup>a</sup>	0,09±0,01 <sup>a</sup>	-0,01±0,00 <sup>a</sup>
		E7	1,93±0,14 <sup>ab</sup>	0,08±0,00 <sup>a</sup>	-0,01±0,01 <sup>a</sup>
	MOLINA	E2	1,54±0,04 <sup>Bab</sup>	0,09±0,00 <sup>Bb</sup>	-0,01±0,00 <sup>Aa</sup>
		E3	1,48±0,11 <sup>Aa</sup>	0,09±0,00 <sup>Aa</sup>	-0,01±0,00 <sup>Aa</sup>
		E4	1,63±0,04 <sup>Ab</sup>	0,08±0,00 <sup>Aa</sup>	-0,01±0,00 <sup>Aa</sup>
		E5	1,67±0,06 <sup>Bb</sup>	0,11±0,00 <sup>Ba</sup>	-0,01±0,00 <sup>Aa</sup>
ARBOSANA	LIMARÍ	E2	1,58±0,03 <sup>Ac</sup>	0,11±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,02±0,00 <sup>Aa</sup>
		E3	1,44±0,05 <sup>Abc</sup>	0,11±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,01±0,01 <sup>Ab</sup>
		E4	1,62±0,13 <sup>Ac</sup>	0,10±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,01±0,00 <sup>Ab</sup>
		E5	1,10±0,05 <sup>a</sup>	0,09±0,01 <sup>a</sup>	-0,01±0,00 <sup>b</sup>
		E6	1,35±0,02 <sup>b</sup>	0,10±0,00 <sup>a</sup>	-0,01±0,00 <sup>b</sup>
	MOLINA	E2	1,20±0,03 <sup>Bb</sup>	0,10±0,01 <sup>Aa</sup>	-0,01±0,00 <sup>Ba</sup>
		E3	1,41±0,10 <sup>Aa</sup>	0,10±0,00 <sup>Aa</sup>	-0,01±0,00 <sup>Aa</sup>
		E4	1,65±0,12 <sup>Ab</sup>	0,13±0,01 <sup>Bb</sup>	-0,01±0,00 <sup>Aa</sup>

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre latitudes para una misma variedad.

También es posible determinar que en cuanto a la latitud, se observan diferencias estadísticamente significativas en algunos casos, encontrándose los valores más altos en Molina. Por otra parte, en la mayoría de los casos, tienden a aumentar los valores conforme aumenta el estado de maduración, sin embargo no se observa una clara tendencia.

#### 5.1.4 Color

En la Tabla 8 se presentan los resultados de las mediciones de color para todas las muestras analizadas, en la cual se señala la existencia de diferencias significativas entre distintos estados de maduración y entre latitudes. Los datos fueron obtenidos según la escala de Gardner.

**Tabla 8.** Resultados de mediciones de color obtenidos según la escala de Gardner para todas las muestras de aceite de oliva virgen extra analizadas.

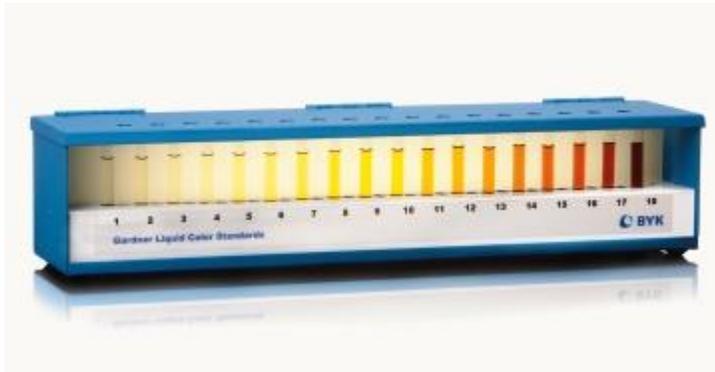
LATITUD	ESTADO DE MADURACIÓN	VARIEDAD		
		KORONEIKI	ARBEQUINA	ARBOSANA
LIMARÍ	E2	10,3±0,1 <sup>Ad</sup>	9,7±0,3 <sup>Ad</sup>	9,6±0,3 <sup>Ab</sup>
	E3	10,5±0,3 <sup>Ad</sup>	8,9±0,5 <sup>Ad</sup>	9,9±0,1 <sup>Ab</sup>
	E4	10,1±0,2 <sup>AcD</sup>	7,3±0,6 <sup>Ac</sup>	9,7±0,7 <sup>Ab</sup>
	E5	8,7±1,0 <sup>Abc</sup>	6,3±0,3 <sup>Abc</sup>	6,3±0,2 <sup>a</sup>
	E6	6,5±0,3 <sup>Aa</sup>	5,8±0,4 <sup>b</sup>	6,1±0,3 <sup>a</sup>
	E7	7,7±0,5 <sup>ab</sup>	4,3±0,4 <sup>a</sup>	
MOLINA	E2	10,5±0,3 <sup>Aa</sup>	9,4±0,5 <sup>Ab</sup>	9,7±0,3 <sup>Aa</sup>
	E3	10,6±0,1 <sup>Aa</sup>	9,2±0,2 <sup>Aa</sup>	10,8±0,1 <sup>Ab</sup>
	E4	10,5±0,0 <sup>Aa</sup>	8,3±0,1 <sup>Ba</sup>	10,5±0,6 <sup>Aab</sup>
	E5	10,1±0,3 <sup>Ba</sup>	10,7±0,1 <sup>Bc</sup>	
	E6	9,9±0,7 <sup>Ba</sup>		

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre latitudes para una misma variedad.

La escala de color de Gardner es una escala unidimensional que clasifica visualmente los líquidos tales como resinas, barnices, lacas y aceites. Como se observa en la Figura 7, los rangos de la escala van desde el amarillo pálido al

rojo y se encuentra descrita con valores entre 1 y 18 (Lovibond Colour Measurement, 2014).



**Figura 7.** Escala de color de Gardner.

*Fuente: Lovibond Colour Measurement, 2014*

Los colores involucrados en la formación del color del aceite provienen de los pigmentos propios del fruto y dependen de la variedad y del estado de madurez. El color del aceite de oliva se encuentra entre el verde (claro y oscuro), proveniente de la clorofila, y el dorado o amarillo, cuyo responsable son los carotenoides, y aunque no existe una norma que especifique un límite, es considerado un importante parámetro de calidad (Lozano y cols., 2010).

Experimentalmente, como se observa en la Tabla 8, los valores se encuentran entre los colores 4 (amarillo más bien pálido) y 11 (con un amarillo más intenso). Además, existen diferencias estadísticamente significativas entre los estados de maduración de la mayoría de las variedades, y también algunas diferencias en la latitud. En el primer caso, existe una tendencia a disminuir en la escala de color conforme aumenta la madurez, posiblemente debido a que en los primeros estados de madurez el pigmento que predomina, es la clorofila, que otorga el color verde y por ende entrega al aceite un color amarillo más oscuro (Lozano y cols., 2003); en el segundo caso, en todas las muestras procedentes de Molina se observan valores más altos que en las de Limarí, en esta instancia cabe destacar las muestras cuyos frutos sufrieron heladas, ya

que sus valores presentaron dichas diferencias, coincidiendo con Morelló y cols., (2003), quien también observó variación en el color del aceite procedente de frutos congelados.

## 5.2 DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS RESPONSABLES DEL FLAVOR

### 5.2.1 Compuestos volátiles

Durante los análisis realizados se les identificaron 40 compuestos volátiles, detallados en la Tabla 9, con sus respectivos descriptores sensoriales y umbrales de olor.

**Tabla 9.** Compuestos volátiles identificados en las muestras analizadas con sus respectivos descriptores sensoriales y umbrales de olor.

	COMPUESTO	DESCRIPTOR SENSORIAL	UMBRAL DE OLOR (µg/kg)
HIDROCARBUROS	Octano	Alcano (solvente)	940
	E-2-octeno	( - )	( - )
ÉSTERES	Metilacetato	Etéreo, dulce	2000
	Acetato de etilo	Dulce, agradable	940
	Etil propionato	Frutado	100
	Acetato de butilo	Fruta muy madura, banana	100
	Hexylacetato	Verde frutado	1040
ALDEHÍDOS	2-metil butanal	Fruta seca, queso	2,2
	3-metil butanal	Fruta madura	5,4
	Pentanal	Madera, amargo, almendra	240
	Hexanal	Verde, frutado	800
	E-2-pentenal	Almendra amarga, madera	300
	Z-3-hexenal	Hoja, verde	1,7
	E-2-hexenal	Hojas verdes, manzana	424
	E-2-heptenal	Graso, verde, manzana	5
	E-2-octenal	Hierba	4
	ALCOHOLES	Etanol	Alcohol
1-butanol		Fruta	400
1-penten-3-ol		Mantequilla	400
2-metil-1-butanol		Avinado, whisky, madera	48
3-metil-1-butanol		Whisky, malta, quemado	100
Hexanol		Banana, frutado, aromático	400
E-3-hexen-1-ol		Musgo, fresco, picante	1000
Z-3-hexen-1-ol		Verde, banana, fruta verde, picante	1100
E-2-hexen-1-ol		Verde, hoja, nuez, frutado, picante	5000
Z-2-hexen-1-ol		Hoja, verde, fruta, vino	1000
	1-octanol	Metal, quemado	( - )

CETONAS	<b>3-pentanona</b>	Dulce, frutado	70000
	<b>4-metil-2-pentanona</b>	Frutado, frutilla	300
	<b>1-penten-3-ona</b>	Acre, mostaza, picante, frutilla	0,7
	<b>3-octanona</b>	Verde	800
	<b>2-octanona</b>	Moho, setas	500
ÁCIDOS	<b>Ácido acético</b>	Ácido, picante	500
	<b>Ácido propiónico</b>	Picante, soja, rancio	720
	<b>Ácido butírico</b>	Rancio, queso	140
	<b>Ácido pentanoico</b>	Sudor	600
	<b>Ácido Hexanoico</b>	Sudor	700
	<b>Ácido Heptanoico</b>	Rancio desagradable	100
	<b>Ácido octanoico</b>	Queso, sudor	3000
	<b>Ácido nonanoico</b>	Verde, grasa	( - )

*Fuente: Flavornet, 2014; Kalua y cols., 2007; Angerosa y cols., 2004.*

Como se observa en la tabla anterior, son diversos los compuestos que en conjunto forman parte del *flavor* del aceite de oliva, sin embargo, también existen los llamados “*off-flavor*” correspondientes a olores no deseados (cuyos olores corresponden a rancio, avinado, queso, sudor, moho, etc.), por lo que su presencia en el aceite de oliva puede hacerlos menos atractivos al momento de elegir el adecuado.

Los aldehídos C6, alcoholes y sus acetil esterres constituyen el 60-80% del total de compuestos volátiles en cualquiera de los distintos aceites analizados hasta ahora. Los volátiles más abundantes son los aldehídos de seis carbonos (hexanal, Z-3-Hexenal y E-2-Hexenal) y alcoholes (Hexanol, Z-3-Hexenol y E-2-Hexenol), y sus acetil esterres (acetato de E-2-Hexenilo y acetato de Z-3-Hexenilo) (Conde y cols., 2008).

A continuación en las Tablas 10, 11 y 12 encuentran los resultados del promedio y desviación estándar de la concentración de los compuestos identificados para las variedades Koroneiki, Arbequina y Arbosana respectivamente, estos se encuentran expresados como microgramo ( $\mu\text{g}$ ) de compuesto por kilogramo (kg) de muestra. Además se informa mediante superíndices la presencia o ausencia de diferencias significativas, tanto entre los distintos estados de maduración como entre ambas latitudes analizadas.

**Tabla 10.** Concentración de compuestos volátiles (µg/kg) para variedad Koroneiki, en Valle del Limarí, y Molina.

COMPUESTO	LIMARÍ						MOLINA				
	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E2	E3	E4	E5	E6
Octano	138,96±8,43 <sup>Bc</sup>	111,28±4,33 <sup>Bc</sup>	139,09±39,8 <sup>Bc</sup>	54,23±8,49 <sup>Bab</sup>	23,44±6,16 <sup>Aa</sup>	71,03±24,61 <sup>b</sup>	12,82±4,91 <sup>Aa</sup>	9,18±2,2 <sup>Aa</sup>	7,14±1,52 <sup>Aa</sup>	9,94±0,67 <sup>Aa</sup>	50,03±29,28 <sup>Ab</sup>
Metilacetato	0±0 <sup>Aa</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	0,8±1,26 <sup>Aa</sup>	0,69±0,54 <sup>Aa</sup>	0,86±0,79 <sup>Aa</sup>	0,28±0,47 <sup>a</sup>	2,83±1,37 <sup>Ba</sup>	8,5±1,76 <sup>Bd</sup>	4,84±0,78 <sup>Bbc</sup>	6,18±0,21 <sup>Bc</sup>	3,5±0,84 <sup>Bab</sup>
E-2-octeno	0±0 <sup>Aa</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	10,4±1,62 <sup>Ab</sup>	9,95±5,03 <sup>Ab</sup>	15,78±3,4 <sup>c</sup>	4,21±0,84 <sup>Aa</sup>	5,83±1,34 <sup>Ba</sup>	8,33±4,7 <sup>Bab</sup>	14,66±1,48 <sup>Ac</sup>	12,87±3,65 <sup>Abc</sup>
Acetato de etilo	855,79±58,33 <sup>Bd</sup>	750,88±258,37 <sup>Bcd</sup>	545,78±148,65 <sup>Bbc</sup>	333,24±79,92 <sup>Ab</sup>	254,86±33,13 <sup>Aa</sup>	311,65±50,65 <sup>a</sup>	399,65±100,58 <sup>Ac</sup>	389,06±75,18 <sup>Ac</sup>	317,16±78,32 <sup>Abc</sup>	209,61±43,41 <sup>Aab</sup>	185,03±28,52 <sup>Aa</sup>
2-metil butanal	100,95±9,84 <sup>Ab</sup>	56,37±25,51 <sup>Aa</sup>	50,56±13,97 <sup>Aa</sup>	140,15±65,07 <sup>Bb</sup>	138,13±31,48 <sup>Bb</sup>	94,57±27,3 <sup>ab</sup>	88,99±31,68 <sup>Abc</sup>	130,41±22,48 <sup>Bd</sup>	107,45±7,21 <sup>Bcd</sup>	30,11±5,97 <sup>Aa</sup>	66,5±6,41 <sup>Ab</sup>
3-metil butanal	79,27±6,63 <sup>Abc</sup>	50,78±28,37 <sup>Aa</sup>	35,58±11,15 <sup>Aa</sup>	112,99±50,91 <sup>Bbc</sup>	123,62±33,79 <sup>Bc</sup>	67,59±19,87 <sup>ab</sup>	70,92±21,63 <sup>Ac</sup>	102,49±17,46 <sup>Bd</sup>	79,54±6,07 <sup>Ac</sup>	17,69±2,75 <sup>Aa</sup>	41,33±4,08 <sup>Ab</sup>
Etanol	417,16±73,9 <sup>Aa</sup>	187,82±67,4 <sup>Aa</sup>	725,43±192,16 <sup>Aa</sup>	2761,54±801,56 <sup>Bb</sup>	394,56±51,75 <sup>Aa</sup>	818,1±729,36 <sup>a</sup>	393,69±66,04 <sup>Aa</sup>	236,06±29,66 <sup>Aa</sup>	1062,52±236,96 <sup>Aa</sup>	765,98±36,08 <sup>Aa</sup>	2604,47±1174,5 <sup>Bb</sup>
Etil propionato	55,01±1,31 <sup>Bc</sup>	66,75±5,96 <sup>Bd</sup>	49,48±11 <sup>Abc</sup>	59,33±9,31 <sup>Bcd</sup>	27,58±2,15 <sup>Aa</sup>	39,28±2,61 <sup>b</sup>	24,27±1,25 <sup>Aa</sup>	31,63±4,58 <sup>Ab</sup>	38,69±10,55 <sup>Ab</sup>	33,77±7,31 <sup>Aab</sup>	59,52±7,16 <sup>Bc</sup>
3-pentanona	26,82±3,65 <sup>Ab</sup>	30,37±4,95 <sup>Abc</sup>	37,62±9,41 <sup>Acd</sup>	42,71±5,98 <sup>Bd</sup>	20,28±0,96 <sup>Aa</sup>	26,16±2,16 <sup>ab</sup>	21,52±5,72 <sup>Aa</sup>	30,17±2,99 <sup>Aa</sup>	38,8±23,74 <sup>Aa</sup>	18,93±4,25 <sup>Aa</sup>	28,3±13,36 <sup>Aa</sup>
Pentanal	236,55±38,67 <sup>Aa</sup>	245,22±15,56 <sup>Aa</sup>	385,9±36,5 <sup>Ab</sup>	414,63±37,33 <sup>Bb</sup>	497,94±11,92 <sup>Bc</sup>	449,32±71,5 <sup>Bc</sup>	220,89±63,23 <sup>Aa</sup>	320,46±44,65 <sup>Bb</sup>	321,71±30,81 <sup>Ab</sup>	207,67±15,15 <sup>Aa</sup>	259,72±69,74 <sup>Ab</sup>
4-metil-2-pentanona	84,21±6,14 <sup>Ab</sup>	107,21±8,72 <sup>Ac</sup>	135,38±15,54 <sup>Ac</sup>	132,67±11,76 <sup>Bd</sup>	60,65±7,34 <sup>Aa</sup>	85,9±12,64 <sup>b</sup>	80,97±10,97 <sup>Ab</sup>	146,47±19,14 <sup>Bc</sup>	137,7±39,73 <sup>Ac</sup>	50,84±6,71 <sup>Aa</sup>	115,68±7,49 <sup>Bbc</sup>
1-penten-3-ona	82,96±3,99 <sup>Ab</sup>	94,07±7,6 <sup>Ab</sup>	115,29±9,49 <sup>Ac</sup>	142,19±14 <sup>Bd</sup>	58,79±8,96 <sup>Aa</sup>	78,07±15,82 <sup>b</sup>	100,21±2,1 <sup>Ab</sup>	170,65±13,4 <sup>Bc</sup>	139,56±36,84 <sup>Ac</sup>	54,8±7,26 <sup>Aa</sup>	163,12±23,63 <sup>Bc</sup>
Acetato de butilo	36,83±2,89 <sup>Ab</sup>	48,35±4,88 <sup>Ac</sup>	58,53±4,93 <sup>Ad</sup>	63,16±4,66 <sup>Bd</sup>	28±1,03 <sup>Aa</sup>	39,77±4,15 <sup>b</sup>	40,02±3,71 <sup>Aab</sup>	65,52±4,99 <sup>Bcd</sup>	75,46±20,74 <sup>Bd</sup>	28,82±3,92 <sup>Aa</sup>	50,62±5,58 <sup>Bbc</sup>
Hexanal	1230,67±56,83 <sup>Ab</sup>	943,79±79,33 <sup>Aa</sup>	1537,41±244,21 <sup>Ab</sup>	1537,24±381,68 <sup>Ab</sup>	2017,99±141,54 <sup>Ac</sup>	2170,06±241,87 <sup>c</sup>	2108,84±458,38 <sup>Ba</sup>	3092,14±274,82 <sup>Bb</sup>	3106,02±742,62 <sup>Bb</sup>	3147,79±175,87 <sup>Bb</sup>	2035,73±456,06 <sup>Aa</sup>
E-2-pentenal	0±0 <sup>Aa</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	17,29±19,69 <sup>Ab</sup>	23,47±1,85 <sup>Ab</sup>	25,19±1,53 <sup>Bb</sup>	19,54±2,19 <sup>b</sup>	9,99±1,39 <sup>Aa</sup>	17,13±3,51 <sup>Bbc</sup>	17,43±4,75 <sup>Ac</sup>	15,36±1,44 <sup>Aab</sup>	11,32±5,04 <sup>Ab</sup>
Z-3-hexenal	0±0 <sup>Aa</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	8,01±1,64 <sup>Ac</sup>	6,45±0,71 <sup>Ab</sup>	6,19±0,96 <sup>b</sup>	8,3±1,24 <sup>Ba</sup>	14,68±9,25 <sup>Ba</sup>	9,28±2,35 <sup>Ba</sup>	11,68±1,13 <sup>Aa</sup>	8,02±1,35 <sup>Aa</sup>
1-butanol	26,79±3,12 <sup>Aa</sup>	26,25±4,18 <sup>Aa</sup>	63,54±9,63 <sup>Ab</sup>	125,71±40,7 <sup>Ac</sup>	46,93±2,68 <sup>Ab</sup>	81,89±46,53 <sup>Bc</sup>	120±31,42 <sup>Ba</sup>	163,07±47,63 <sup>Bab</sup>	165,05±9,59 <sup>Bab</sup>	281,96±29,2 <sup>Bc</sup>	256,4±132,71 <sup>Bbc</sup>
1-penten-3-ol	23,65±2,23 <sup>Aa</sup>	24,64±3,4 <sup>Aa</sup>	64,11±6,17 <sup>Ab</sup>	35,34±12,57 <sup>Aa</sup>	63,61±5,76 <sup>Ab</sup>	76,4±20,6 <sup>b</sup>	90,36±23,27 <sup>Aa</sup>	139,56±38,55 <sup>Bab</sup>	132,19±12,15 <sup>Ab</sup>	211,05±112,82 <sup>Bb</sup>	151,74±74,66 <sup>Bab</sup>
2-metil-1-butanol	11,46±0,9 <sup>Ab</sup>	8,67±0,7 <sup>Aa</sup>	20,6±6,25 <sup>Ab</sup>	34,97±13,06 <sup>Ac</sup>	37,53±5,23 <sup>Ac</sup>	38,44±3,76 <sup>c</sup>	33,42±9,54 <sup>Ba</sup>	57,58±14,91 <sup>Bb</sup>	61,17±8,09 <sup>Bbc</sup>	76,2±2,2 <sup>Bc</sup>	46,17±13,13 <sup>Ab</sup>
3-metil-1-butanol	29,95±2,41 <sup>Ab</sup>	27,09±2,68 <sup>Aa</sup>	46±13,77 <sup>Abc</sup>	36,66±13,2 <sup>Ab</sup>	60,39±11,09 <sup>Bc</sup>	59,64±11,18 <sup>c</sup>	29,93±3,73 <sup>Aa</sup>	30,88±4,14 <sup>Aa</sup>	37,92±11,35 <sup>Aa</sup>	53,02±7,15 <sup>Bb</sup>	41,4±10,49 <sup>Ab</sup>
E-2-hexenal	144,43±44,44 <sup>Aa</sup>	60,49±15,67 <sup>Aa</sup>	267,15±87,14 <sup>Aa</sup>	1729,74±1571,92 <sup>Ab</sup>	2332,74±331,1 <sup>Ab</sup>	2237,03±653,4 <sup>b</sup>	1313,95±939,96 <sup>Ba</sup>	3081,6±480,98 <sup>Bb</sup>	3990,43±267,49 <sup>Bc</sup>	3613,08±189,15 <sup>Bbc</sup>	1537,05±273,32 <sup>Aa</sup>
3-octanona	261,45±16,07 <sup>Bbc</sup>	291,82±11,2 <sup>Bc</sup>	245,13±32,59 <sup>Bb</sup>	156,49±33,81 <sup>Ba</sup>	133,59±3,61 <sup>Ba</sup>	134,85±21,47 <sup>a</sup>	148,31±14,41 <sup>Ab</sup>	147,69±11,61 <sup>Ab</sup>	128,79±33,5 <sup>Ab</sup>	69,19±8,63 <sup>Aa</sup>	96,27±14,61 <sup>Aa</sup>
hexylacetato	26,43±12,11 <sup>Aa</sup>	82,56±13,87 <sup>Bc</sup>	56,77±6,23 <sup>Bb</sup>	56,52±20,07 <sup>Ab</sup>	50,03±2,92 <sup>Bb</sup>	58,75±13,81 <sup>b</sup>	50,77±7,42 <sup>Bb</sup>	66,55±3,58 <sup>Ac</sup>	31,13±7,42 <sup>Aa</sup>	45,57±6,49 <sup>Ab</sup>	21,02±3,8 <sup>Aa</sup>
2-octanona	31,63±4,38 <sup>Aa</sup>	23,37±2,47 <sup>Aa</sup>	463,61±225,29 <sup>Bb</sup>	37,1±25,99 <sup>Aa</sup>	10,99±2,1 <sup>Aa</sup>	18,59±1,2 <sup>a</sup>	289,41±49,67 <sup>Bc</sup>	40,52±9,18 <sup>Aa</sup>	91,86±7,21 <sup>Ab</sup>	19,86±1,79 <sup>Aa</sup>	29,48±2,8 <sup>Aa</sup>
E-2-heptenal	15,8±0,75 <sup>Aa</sup>	18,95±2,3 <sup>Aa</sup>	39,66±5,23 <sup>Ab</sup>	65,63±13,61 <sup>Bd</sup>	51,24±5,46 <sup>Abc</sup>	55,06±5,44 <sup>cd</sup>	43,99±11,68 <sup>Bab</sup>	57,89±14,97 <sup>Bb</sup>	59,84±9,91 <sup>Bb</sup>	37,18±2,15 <sup>Aa</sup>	37,39±9,77 <sup>Aa</sup>
Hexanol	532,81±48,53 <sup>Aa</sup>	589,32±318,69 <sup>Aa</sup>	527,49±203,17 <sup>Aa</sup>	588,35±187,64 <sup>Aa</sup>	769,99±38,98 <sup>Ab</sup>	990,13±273,8 <sup>b</sup>	1013,53±474,17 <sup>Ba</sup>	1330,23±152,16 <sup>Bab</sup>	1310,33±316,44 <sup>Bab</sup>	1620,16±396,25 <sup>Bb</sup>	1479,35±108,14 <sup>Bab</sup>
E-3-hexen-1-ol	18,11±1,53 <sup>Ab</sup>	14,34±1,82 <sup>Aa</sup>	36,37±21,83 <sup>Abc</sup>	21,41±5,37 <sup>Abc</sup>	20,66±6,73 <sup>Abc</sup>	38,36±13,56 <sup>c</sup>	37,91±19,3 <sup>Aa</sup>	41,29±10,11 <sup>Aa</sup>	47,71±21,73 <sup>Ab</sup>	118,49±41,48 <sup>Bc</sup>	92,05±35,95 <sup>Bbc</sup>
Z-3-hexen-1-ol	50,66±8,77 <sup>Ab</sup>	98,18±79,72 <sup>Ab</sup>	132,09±74,96 <sup>Ab</sup>	82,54±36,57 <sup>Ab</sup>	55,66±3,92 <sup>Aa</sup>	149,41±53,39 <sup>b</sup>	173,81±74,58 <sup>Aa</sup>	178,08±27,03 <sup>Aa</sup>	220,05±73,25 <sup>Aa</sup>	449,41±185,18 <sup>Bb</sup>	522,19±177,46 <sup>Bb</sup>
E-2-hexen-1-ol	10,35±2,29 <sup>Aa</sup>	6,26±4,61 <sup>Aa</sup>	15,25±8,26 <sup>Aa</sup>	56,53±30,8 <sup>Ab</sup>	79,27±17,44 <sup>Abc</sup>	123,62±67,95 <sup>c</sup>	132,8±128,59 <sup>Ba</sup>	132,63±82,79 <sup>Ba</sup>	126,84±31,73 <sup>Ba</sup>	303,7±120,85 <sup>Bb</sup>	165,39±7,33 <sup>Ab</sup>
Z-2-hexen-1-ol	0±0 <sup>Aa</sup>	3,8±5,95 <sup>Ab</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	7,21±2,48 <sup>Abc</sup>	5,95±0,89 <sup>Ab</sup>	11,56±3,34 <sup>c</sup>	10,22±4,5 <sup>Aa</sup>	11,31±2,31 <sup>Aa</sup>	16,68±10,16 <sup>Bab</sup>	41,26±14,39 <sup>Bc</sup>	33,38±16,1 <sup>Bbc</sup>
E-2-octenal	0±0 <sup>Aa</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	2,92±1,23 <sup>Ab</sup>	2,14±1,11 <sup>Ab</sup>	5,74±1,52 <sup>c</sup>	5,37±1,95 <sup>Aa</sup>	5,81±1,69 <sup>Aa</sup>	7,82±4,91 <sup>Ba</sup>	19,08±7,36 <sup>Bc</sup>	15,75±6,51 <sup>Bbc</sup>
Ac acético	575,03±149,98 <sup>Bb</sup>	503,08±41,49 <sup>Bb</sup>	242,13±136,93 <sup>Aa</sup>	198,63±148,25 <sup>Aa</sup>	397,16±71,51 <sup>Ab</sup>	483,35±108,43 <sup>b</sup>	211,28±44,77 <sup>Ab</sup>	187,45±14,19 <sup>Aa</sup>	164,41±76,98 <sup>Aa</sup>	520,78±31,4 <sup>Bc</sup>	288,21±73,66 <sup>Ab</sup>
Ac propiónico	10,51±1,23 <sup>Ab</sup>	6,45±1,82 <sup>Ab</sup>	8,56±8,4 <sup>Ab</sup>	12,45±3,26 <sup>Ab</sup>	3,4±0,43 <sup>Aa</sup>	7±4,43 <sup>ab</sup>	10,14±3,06 <sup>Abc</sup>	7,95±2,15 <sup>Ab</sup>	6,67±1,35 <sup>Aa</sup>	15,02±3,86 <sup>Ac</sup>	12,71±5,37 <sup>Bbc</sup>
1-Octanol	75,91±21,77 <sup>Bc</sup>	31,8±5,67 <sup>Ab</sup>	28,1±10,74 <sup>Ab</sup>	6,93±0,99 <sup>Aa</sup>	43,57±14,56 <sup>Bb</sup>	33,13±25,05 <sup>ab</sup>	17,26±5,29 <sup>Aa</sup>	25,42±6,6 <sup>Aa</sup>	21,71±5,13 <sup>Aa</sup>	45,88±4,87 <sup>Bb</sup>	26,2±8,7 <sup>Aa</sup>
Ac butirico	7,25±1,26 <sup>Aa</sup>	6,05±1,18 <sup>Aa</sup>	18,56±15,17 <sup>Ab</sup>	26,29±1,44 <sup>Ab</sup>	25,17±1,1 <sup>Bb</sup>	28,31±14,21 <sup>b</sup>	8,48±6,61 <sup>Aa</sup>	5,45±1,18 <sup>Aa</sup>	15,08±18,48 <sup>Ab</sup>	33,88±14,79 <sup>Ab</sup>	9,85±3,15 <sup>Aa</sup>
Ac pentanoico	32,58±5,29 <sup>Bbc</sup>	14,74±6,68 <sup>Aa</sup>	3,28±5,11 <sup>Aa</sup>	8,11±2,46 <sup>Aa</sup>	29,52±1,22 <sup>Bb</sup>	44,02±13,55 <sup>c</sup>	7,44±0,78 <sup>Aa</sup>	9,88±1,62 <sup>Ab</sup>	11,51±6,84 <sup>Ab</sup>	16,98±4,89 <sup>Bb</sup>	12,91±9,05 <sup>Ab</sup>
Hexanoico	96,65±7,39 <sup>Bb</sup>	63,1±14,78 <sup>Aa</sup>	74,48±7,79 <sup>Ab</sup>	68,03±15,45 <sup>Aa</sup>	57,6±9,18 <sup>Aa</sup>	163,32±20,09 <sup>c</sup>	56,53±9,15 <sup>Aa</sup>	64,39±13,02 <sup>Ab</sup>	77,08±15,8 <sup>Ab</sup>	111,87±20,23 <sup>Bc</sup>	86,23±21,43 <sup>Bbc</sup>
Ac Heptanoico	0±0 <sup>Aa</sup>	0±0 <sup>Aa</sup>	18,91±29,31 <sup>Aa</sup>	51,34±5,56 <sup>Bb</sup>	59,28±7,5 <sup>Ab</sup>	74,26±14,63 <sup>b</sup>	10,74±2,11 <sup>Aa</sup>	12,39±2,38 <sup>Aa</sup>	19,45±10,45 <sup>Ab</sup>	28,95±4,03 <sup>Ab</sup>	57,25±10,54 <sup>Ac</sup>
Ac octanoico	10,51±1,83 <sup>Aa</sup>	9,86±5,51 <sup>Aa</sup>	24,68±2,76 <sup>Ab</sup>	13,83±5,07 <sup>Aa</sup>	10,54±2,47 <sup>Aa</sup>	25,26±6,69 <sup>b</sup>	24,12±9,45 <sup>Aa</sup>	31,23±16,75 <sup>Bab</sup>	28,56±17,49 <sup>Ab</sup>	47,79±5,96 <sup>Bd</sup>	11,99±5,23 <sup>Aa</sup>
Ac nonanoico	9,69±2,76 <sup>Aa</sup>	7,51±2,83 <sup>Aa</sup>	30,03±8,21 <sup>Ab</sup>	15,3±3,95 <sup>Aa</sup>	13,41±1,87 <sup>Aa</sup>	29,57±9,45 <sup>b</sup>	17,63±9,92 <sup>Aa</sup>	16,3±2,6 <sup>Aa</sup>	31,58±24,66 <sup>Aa</sup>	60,28±5,88 <sup>Bd</sup>	15,91±4,08 <sup>Aa</sup>

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas (p<0,05) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas (p<0,05) entre latitudes para una misma variedad.

**Tabla 11.** Concentración de compuestos volátiles ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) para variedad Arbequina, en Valle del Limarí, y Molina.

COMPUESTO	LIMARÍ						MOLINA			
	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E2	E3	E4	E5
Octano	25,43 $\pm$ 12,42 <sup>Aa</sup>	19,89 $\pm$ 1,03 <sup>Aa</sup>	45,58 $\pm$ 5,75 <sup>Bb</sup>	23,32 $\pm$ 4,65 <sup>Aa</sup>	19,49 $\pm$ 4,65 <sup>a</sup>	26,59 $\pm$ 6,53 <sup>a</sup>	21,71 $\pm$ 5,01 <sup>Ab</sup>	23,57 $\pm$ 3,71 <sup>Ab</sup>	12,71 $\pm$ 2,5 <sup>Aa</sup>	15,93 $\pm$ 2,23 <sup>Aa</sup>
Metilacetato	1,37 $\pm$ 0,28 <sup>Aa</sup>	2,05 $\pm$ 0,27 <sup>Aa</sup>	1,24 $\pm$ 0,18 <sup>Aa</sup>	1,57 $\pm$ 0,43 <sup>Aa</sup>	1,26 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>	1,97 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	2,83 $\pm$ 1,08 <sup>Ba</sup>	4,58 $\pm$ 1,56 <sup>Bb</sup>	2,4 $\pm$ 0,35 <sup>Aa</sup>	2,64 $\pm$ 0,41 <sup>Aa</sup>
E-2-octeno	9,01 $\pm$ 0,87 <sup>Aa</sup>	9,84 $\pm$ 1,01 <sup>Aa</sup>	10,95 $\pm$ 0,84 <sup>Aa</sup>	7,98 $\pm$ 1,36 <sup>Aa</sup>	6,18 $\pm$ 3,88 <sup>a</sup>	7,42 $\pm$ 7,41 <sup>a</sup>	8,89 $\pm$ 0,44 <sup>Aa</sup>	11,03 $\pm$ 1,89 <sup>Aa</sup>	10,12 $\pm$ 2,02 <sup>Aa</sup>	11,67 $\pm$ 2,58 <sup>Ba</sup>
Acetato de etilo	736,37 $\pm$ 99,39 <sup>Ab</sup>	687,52 $\pm$ 140,99 <sup>Ab</sup>	641,23 $\pm$ 59,59 <sup>Bb</sup>	336,46 $\pm$ 8,98 <sup>Aa</sup>	321,21 $\pm$ 54,81 <sup>a</sup>	432,5 $\pm$ 33,46 <sup>a</sup>	906,88 $\pm$ 342,51 <sup>Ab</sup>	816,85 $\pm$ 259,77 <sup>Ab</sup>	308,93 $\pm$ 56,75 <sup>Aa</sup>	362,6 $\pm$ 70,7 <sup>Aa</sup>
2-metil butanal	157,85 $\pm$ 17,62 <sup>Aa</sup>	189,05 $\pm$ 46,98 <sup>Aa</sup>	346,96 $\pm$ 72,49 <sup>Bc</sup>	266,93 $\pm$ 7,65 <sup>Bb</sup>	141,53 $\pm$ 8,81 <sup>a</sup>	164,5 $\pm$ 16,76 <sup>a</sup>	123,77 $\pm$ 22,75 <sup>Aa</sup>	491,95 $\pm$ 88,36 <sup>Bc</sup>	241,49 $\pm$ 11,28 <sup>Ab</sup>	102,93 $\pm$ 2,25 <sup>Aa</sup>
3-metil butanal	109,23 $\pm$ 12,51 <sup>Aa</sup>	135,31 $\pm$ 46,35 <sup>Aa</sup>	270,74 $\pm$ 45,46 <sup>Ab</sup>	257,79 $\pm$ 8 <sup>Bb</sup>	96,92 $\pm$ 6,98 <sup>a</sup>	129,38 $\pm$ 13,92 <sup>a</sup>	88,17 $\pm$ 23,02 <sup>Aa</sup>	419,85 $\pm$ 73,56 <sup>Bc</sup>	246,56 $\pm$ 11,12 <sup>Ab</sup>	54,35 $\pm$ 3,15 <sup>Aa</sup>
Etanol	135,81 $\pm$ 34,88 <sup>Aa</sup>	308,83 $\pm$ 66,35 <sup>Aa</sup>	320,88 $\pm$ 45,18 <sup>Aa</sup>	758,75 $\pm$ 81,39 <sup>Ab</sup>	890,33 $\pm$ 157,73 <sup>Bc</sup>	1037,19 $\pm$ 171,11 <sup>C</sup>	1122,58 $\pm$ 310,61 <sup>Bbc</sup>	452,25 $\pm$ 107,41 <sup>Aa</sup>	808,95 $\pm$ 229,46 <sup>Bab</sup>	1379,96 $\pm$ 363,75 <sup>Bc</sup>
Etil propionato	45,3 $\pm$ 5,75 <sup>Bc</sup>	46,41 $\pm$ 3,81 <sup>Ac</sup>	42,13 $\pm$ 3 <sup>Ac</sup>	18,94 $\pm$ 2,32 <sup>Aa</sup>	30,79 $\pm$ 2,31 <sup>b</sup>	22,9 $\pm$ 2,72 <sup>a</sup>	32,17 $\pm$ 9,64 <sup>Aa</sup>	44,33 $\pm$ 9,52 <sup>Ab</sup>	33,8 $\pm$ 4,78 <sup>Aab</sup>	26,75 $\pm$ 4,28 <sup>Aa</sup>
3-pentanona	37,5 $\pm$ 5,77 <sup>Bcd</sup>	49,89 $\pm$ 4,64 <sup>Ae</sup>	42,81 $\pm$ 7,64 <sup>Ade</sup>	21,52 $\pm$ 2,54 <sup>Aa</sup>	30,34 $\pm$ 1,93 <sup>bc</sup>	23,65 $\pm$ 2,55 <sup>ab</sup>	20,15 $\pm$ 3,86 <sup>Aa</sup>	48,21 $\pm$ 10,72 <sup>Ac</sup>	36,97 $\pm$ 5,3 <sup>Ab</sup>	28,87 $\pm$ 5,2 <sup>Aab</sup>
Pentanal	373,6 $\pm$ 28,22 <sup>Aa</sup>	550,13 $\pm$ 86,62 <sup>Ac</sup>	431,44 $\pm$ 45,38 <sup>Aab</sup>	497,51 $\pm$ 8,51 <sup>Abc</sup>	439,34 $\pm$ 63,86 <sup>ab</sup>	458,08 $\pm$ 35,44 <sup>ab</sup>	787,15 $\pm$ 458,97 <sup>Aab</sup>	1306,16 $\pm$ 706,07 <sup>Bb</sup>	496,4 $\pm$ 20,16 <sup>Aa</sup>	463,71 $\pm$ 37,79 <sup>Aa</sup>
4-metil-2-pentanona	157,73 $\pm$ 12,03 <sup>Bcd</sup>	185,13 $\pm$ 13,8 <sup>Ad</sup>	153,6 $\pm$ 35,23 <sup>Ac</sup>	78,94 $\pm$ 2,46 <sup>Aa</sup>	113,64 $\pm$ 5 <sup>b</sup>	78,85 $\pm$ 2,96 <sup>a</sup>	92,04 $\pm$ 7,73 <sup>Aa</sup>	181,85 $\pm$ 24,12 <sup>Ad</sup>	141,76 $\pm$ 5,6 <sup>Ac</sup>	115,25 $\pm$ 10,14 <sup>Bb</sup>
1-penten-3-ona	139,73 $\pm$ 14,42 <sup>Bc</sup>	163,9 $\pm$ 12,47 <sup>Ad</sup>	151,51 $\pm$ 22,1 <sup>Ac</sup>	70,16 $\pm$ 2,76 <sup>Aa</sup>	111,25 $\pm$ 4,75 <sup>b</sup>	75,46 $\pm$ 7,02 <sup>a</sup>	97,77 $\pm$ 8,07 <sup>Aa</sup>	165,7 $\pm$ 20,97 <sup>Ac</sup>	130,85 $\pm$ 2,19 <sup>Ab</sup>	108,01 $\pm$ 8,69 <sup>Ba</sup>
Acetato de butilo	76,74 $\pm$ 5,1 <sup>Bc</sup>	82,5 $\pm$ 4,88 <sup>Ac</sup>	71,79 $\pm$ 17,47 <sup>Ac</sup>	34,21 $\pm$ 0,43 <sup>Aa</sup>	50,61 $\pm$ 2,69 <sup>b</sup>	34,34 $\pm$ 1,67 <sup>a</sup>	45,09 $\pm$ 6,17 <sup>Aa</sup>	83,26 $\pm$ 11,05 <sup>Ac</sup>	65,09 $\pm$ 2,56 <sup>Ab</sup>	54,04 $\pm$ 3,89 <sup>Ba</sup>
Hexanal	2763,61 $\pm$ 370,53 <sup>Aa</sup>	4235,46 $\pm$ 759,23 <sup>Abc</sup>	3604,19 $\pm$ 808,35 <sup>Aab</sup>	3578,07 $\pm$ 145,3 <sup>Aab</sup>	3771,24 $\pm$ 181,14 <sup>b</sup>	4701,36 $\pm$ 123,54 <sup>C</sup>	3370,57 $\pm$ 809 <sup>Aa</sup>	5755,75 $\pm$ 344,95 <sup>Bb</sup>	6612,89 $\pm$ 317,6 <sup>Bc</sup>	6343,3 $\pm$ 180,98 <sup>Bbc</sup>
E-2-pentenal	17,42 $\pm$ 1,97 <sup>Ba</sup>	27,36 $\pm$ 5,36 <sup>Bbc</sup>	27,79 $\pm$ 4,11 <sup>Abc</sup>	32,64 $\pm$ 1,08 <sup>Bcd</sup>	26,04 $\pm$ 2,11 <sup>b</sup>	34,16 $\pm$ 0,44 <sup>d</sup>	6,71 $\pm$ 2,77 <sup>Aa</sup>	20,9 $\pm$ 3,72 <sup>Ab</sup>	30,68 $\pm$ 3,14 <sup>Ac</sup>	25,46 $\pm$ 3,23 <sup>Ab</sup>
Z-3-hexenal	4,7 $\pm$ 1,02 <sup>Ba</sup>	9,25 $\pm$ 2,56 <sup>Ab</sup>	5,76 $\pm$ 1,04 <sup>Aa</sup>	7,08 $\pm$ 0,88 <sup>Aab</sup>	6,22 $\pm$ 1,39 <sup>a</sup>	5,41 $\pm$ 0,98 <sup>a</sup>	6,26 $\pm$ 1,11 <sup>Aa</sup>	8,3 $\pm$ 1,19 <sup>Aab</sup>	7,94 $\pm$ 1,31 <sup>Aab</sup>	10,26 $\pm$ 2,55 <sup>Bb</sup>
1-butanol	158,75 $\pm$ 17,98 <sup>Bc</sup>	36,2 $\pm$ 34,85 <sup>Bb</sup>	7,78 $\pm$ 4,12 <sup>Aa</sup>	2,63 $\pm$ 0,54 <sup>Aa</sup>	4,24 $\pm$ 0,81 <sup>a</sup>	4,17 $\pm$ 1,59 <sup>a</sup>	5,98 $\pm$ 3,05 <sup>Aa</sup>	4,75 $\pm$ 1,01 <sup>Aa</sup>	5,73 $\pm$ 1,11 <sup>Aa</sup>	7,21 $\pm$ 1,12 <sup>Aa</sup>
1-penten-3-ol	41,94 $\pm$ 5,19 <sup>Aa</sup>	105,91 $\pm$ 27,32 <sup>Bc</sup>	71,03 $\pm$ 12,44 <sup>Ab</sup>	64,01 $\pm$ 1,34 <sup>Aab</sup>	58,11 $\pm$ 6,69 <sup>ab</sup>	52,6 $\pm$ 1,96 <sup>ab</sup>	33,48 $\pm$ 13,39 <sup>Aa</sup>	67,35 $\pm$ 4,73 <sup>Ab</sup>	65,25 $\pm$ 2,11 <sup>Ab</sup>	64 $\pm$ 4,54 <sup>Ab</sup>
2-metil-1-butanol	55,66 $\pm$ 10,55 <sup>Aa</sup>	100,59 $\pm$ 23,19 <sup>Abc</sup>	92,8 $\pm$ 27,93 <sup>Abc</sup>	81,49 $\pm$ 2,63 <sup>Aab</sup>	77,41 $\pm$ 3,88 <sup>ab</sup>	111,75 $\pm$ 4,21 <sup>C</sup>	44,74 $\pm$ 20,63 <sup>Aa</sup>	129,63 $\pm$ 24,05 <sup>Ab</sup>	153,73 $\pm$ 12,1 <sup>Bb</sup>	132,47 $\pm$ 11,35 <sup>Bb</sup>
3-metil-1-butanol	5,22 $\pm$ 1,57 <sup>Aa</sup>	11,15 $\pm$ 5,93 <sup>Ab</sup>	10,59 $\pm$ 3,42 <sup>Aab</sup>	7,35 $\pm$ 1,83 <sup>Aab</sup>	9,87 $\pm$ 1,81 <sup>ab</sup>	10,04 $\pm$ 2,26 <sup>ab</sup>	8,38 $\pm$ 2,04 <sup>Aab</sup>	7,52 $\pm$ 0,59 <sup>Aa</sup>	9,01 $\pm$ 1,45 <sup>Aab</sup>	10,72 $\pm$ 2,27 <sup>Ab</sup>
E-2-hexenal	2866,69 $\pm$ 967,05 <sup>Aa</sup>	8741,58 $\pm$ 2597,8 <sup>Ab</sup>	7579,16 $\pm$ 2677,84 <sup>Ab</sup>	6746,05 $\pm$ 193,41 <sup>Ab</sup>	6788,62 $\pm$ 240,67 <sup>b</sup>	7892,92 $\pm$ 216,31 <sup>b</sup>	3453,8 $\pm$ 1569,27 <sup>Aa</sup>	9302,15 $\pm$ 671,46 <sup>Ab</sup>	11774,13 $\pm$ 254,18 <sup>Bc</sup>	11197,41 $\pm$ 953,87 <sup>Bc</sup>
3-octanona	219,82 $\pm$ 9,28 <sup>Bd</sup>	159,71 $\pm$ 13,18 <sup>Ac</sup>	119,72 $\pm$ 9,38 <sup>Ab</sup>	81,02 $\pm$ 1,48 <sup>Aa</sup>	83,27 $\pm$ 8,92 <sup>a</sup>	76,51 $\pm$ 3,28 <sup>a</sup>	156,52 $\pm$ 24,32 <sup>Ab</sup>	148,64 $\pm$ 26,95 <sup>Aab</sup>	120,58 $\pm$ 6,29 <sup>Aa</sup>	121,03 $\pm$ 9,32 <sup>Ba</sup>
hexylacetato	14,76 $\pm$ 5,01 <sup>Aab</sup>	15,08 $\pm$ 9,53 <sup>Aab</sup>	22,43 $\pm$ 12,92 <sup>Ab</sup>	14,47 $\pm$ 1,45 <sup>Aab</sup>	23,93 $\pm$ 3,94 <sup>b</sup>	9,38 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	29,65 $\pm$ 8,62 <sup>Bb</sup>	32,15 $\pm$ 5,9 <sup>Bb</sup>	16,02 $\pm$ 1,86 <sup>Aa</sup>	30,1 $\pm$ 1,66 <sup>Bb</sup>
2-octanona	10,26 $\pm$ 0,67 <sup>Aa</sup>	500,45 $\pm$ 356,77 <sup>Bb</sup>	90,34 $\pm$ 44,04 <sup>Aa</sup>	12,63 $\pm$ 1,18 <sup>Aa</sup>	11,34 $\pm$ 1,52 <sup>a</sup>	54,9 $\pm$ 63,11 <sup>a</sup>	301,98 $\pm$ 54,33 <sup>Bc</sup>	204,38 $\pm$ 77,64 <sup>Ab</sup>	28,75 $\pm$ 2,08 <sup>Aa</sup>	27,4 $\pm$ 6,23 <sup>Aa</sup>
E-2-heptenal	88,62 $\pm$ 9,39 <sup>Bcd</sup>	96,91 $\pm$ 17,72 <sup>Bd</sup>	72,41 $\pm$ 10,95 <sup>Abc</sup>	55,93 $\pm$ 1,1 <sup>Aab</sup>	55,79 $\pm$ 5,44 <sup>ab</sup>	52,35 $\pm$ 1,05 <sup>a</sup>	34,09 $\pm$ 15,46 <sup>Aa</sup>	66,65 $\pm$ 5,94 <sup>Ac</sup>	57,72 $\pm$ 2,03 <sup>Abc</sup>	48,64 $\pm$ 4,83 <sup>Ab</sup>
Hexanol	958,24 $\pm$ 176,27 <sup>Aa</sup>	1537,39 $\pm$ 236,02 <sup>Ac</sup>	1384,14 $\pm$ 216,61 <sup>Abc</sup>	1280,62 $\pm$ 60,56 <sup>Abc</sup>	1174,98 $\pm$ 57,87 <sup>ab</sup>	1738,71 $\pm$ 138,73 <sup>d</sup>	3104,9 $\pm$ 687,52 <sup>Ba</sup>	5020,14 $\pm$ 1529,27 <sup>Bb</sup>	3512,58 $\pm$ 210,47 <sup>Ba</sup>	3311,79 $\pm$ 321,45 <sup>Ba</sup>
E-3-hexen-1-ol	21,92 $\pm$ 4,34 <sup>Aa</sup>	21,86 $\pm$ 2,31 <sup>Aa</sup>	25,73 $\pm$ 3,45 <sup>Aa</sup>	25,93 $\pm$ 2,13 <sup>Aa</sup>	19,6 $\pm$ 1,55 <sup>a</sup>	42,47 $\pm$ 7,29 <sup>b</sup>	93,62 $\pm$ 26,87 <sup>Ba</sup>	155,46 $\pm$ 48,64 <sup>Bb</sup>	81,63 $\pm$ 4,15 <sup>Ba</sup>	58,35 $\pm$ 5,34 <sup>Aa</sup>
Z-3-hexen-1-ol	75,82 $\pm$ 11,79 <sup>Abc</sup>	51,66 $\pm$ 18,49 <sup>Aab</sup>	75,16 $\pm$ 33,29 <sup>Abc</sup>	49,97 $\pm$ 4,48 <sup>Aab</sup>	38,56 $\pm$ 4,62 <sup>a</sup>	83,75 $\pm$ 3,62 <sup>C</sup>	236,05 $\pm$ 57,9 <sup>Bb</sup>	344,93 $\pm$ 68,9 <sup>Bc</sup>	119,25 $\pm$ 2,73 <sup>Ba</sup>	169,28 $\pm$ 10,48 <sup>Bab</sup>
E-2-hexen-1-ol	57,91 $\pm$ 9,37 <sup>Aa</sup>	105,09 $\pm$ 21,33 <sup>Ab</sup>	108,69 $\pm$ 28,18 <sup>Ab</sup>	241,29 $\pm$ 24,77 <sup>Ac</sup>	127,21 $\pm$ 12,87 <sup>b</sup>	365,03 $\pm$ 35,9 <sup>d</sup>	797,52 $\pm$ 317,02 <sup>Ba</sup>	1601,12 $\pm$ 804,41 <sup>Bb</sup>	668,74 $\pm$ 65,76 <sup>Ba</sup>	500,11 $\pm$ 104,2 <sup>Aa</sup>
Z-2-hexen-1-ol	5,28 $\pm$ 0,86 <sup>Aa</sup>	7,27 $\pm$ 1,55 <sup>Aa</sup>	7,08 $\pm$ 1,07 <sup>Aa</sup>	5,61 $\pm$ 1,17 <sup>Aa</sup>	5,41 $\pm$ 1,17 <sup>a</sup>	13,01 $\pm$ 2,51 <sup>b</sup>	28,43 $\pm$ 8,4 <sup>Ba</sup>	45,05 $\pm$ 16,36 <sup>Bb</sup>	15,62 $\pm$ 0,73 <sup>Aa</sup>	15,56 $\pm$ 1,75 <sup>Aa</sup>
E-2-octenal	3,06 $\pm$ 0,49 <sup>Aab</sup>	2,54 $\pm$ 0,47 <sup>Aa</sup>	3,51 $\pm$ 0,52 <sup>Ab</sup>	2,79 $\pm$ 0,34 <sup>Aab</sup>	2,25 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	4,75 $\pm$ 0,64 <sup>a</sup>	12,31 $\pm$ 2,8 <sup>Ba</sup>	18,13 $\pm$ 6,23 <sup>Bb</sup>	7,79 $\pm$ 0,64 <sup>Ba</sup>	8,93 $\pm$ 0,69 <sup>Ba</sup>
Ac acético	357,01 $\pm$ 32,03 <sup>Ab</sup>	125,7 $\pm$ 9,68 <sup>Aa</sup>	139,81 $\pm$ 25,3 <sup>Aa</sup>	215,53 $\pm$ 114,21 <sup>Aa</sup>	212,56 $\pm$ 60,38 <sup>a</sup>	352,54 $\pm$ 68,96 <sup>b</sup>	348,64 $\pm$ 196,7 <sup>Aa</sup>	478,69 $\pm$ 100,97 <sup>Ba</sup>	332 $\pm$ 98,25 <sup>Ba</sup>	434,54 $\pm$ 66,89 <sup>Ba</sup>
Ac propiónico	21,99 $\pm$ 2,51 <sup>Bc</sup>	4,17 $\pm$ 2,56 <sup>Bb</sup>	2,89 $\pm$ 2,66 <sup>Bab</sup>	0 $\pm$ 0 <sup>Aa</sup>	0,29 $\pm$ 0,59 <sup>a</sup>	0 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	0 $\pm$ 0 <sup>Aa</sup>	0 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	0 $\pm$ 0 <sup>Aa</sup>	0,88 $\pm$ 1,36 <sup>Aa</sup>
1-Octanol	14,98 $\pm$ 2,17 <sup>Aab</sup>	11,28 $\pm$ 3,12 <sup>Aa</sup>	15,61 $\pm$ 3,01 <sup>Aab</sup>	30,25 $\pm$ 16,13 <sup>Ac</sup>	29,04 $\pm$ 9,05 <sup>bc</sup>	32,62 $\pm$ 6,43 <sup>C</sup>	25,29 $\pm$ 13,71 <sup>Aa</sup>	45,36 $\pm$ 9,48 <sup>Bb</sup>	27,66 $\pm$ 11,3 <sup>Aa</sup>	34,87 $\pm$ 8,19 <sup>Aab</sup>
Ac butirico	13,81 $\pm$ 0,7 <sup>Bb</sup>	15,45 $\pm$ 1,87 <sup>Bb</sup>	18,91 $\pm$ 1,58 <sup>Bc</sup>	5,79 $\pm$ 0,95 <sup>Aa</sup>	6,49 $\pm$ 1,15 <sup>a</sup>	7,36 $\pm$ 0,56 <sup>a</sup>	6,31 $\pm$ 0,89 <sup>Aa</sup>	6,83 $\pm$ 1,54 <sup>Aa</sup>	7,62 $\pm$ 0,68 <sup>Aa</sup>	8,53 $\pm$ 2,07 <sup>Ba</sup>
Ac pentanoico	15,79 $\pm$ 2,6 <sup>Aab</sup>	12,62 $\pm$ 1,77 <sup>Aa</sup>	10,25 $\pm$ 1,18 <sup>Aa</sup>	13,85 $\pm$ 7,53 <sup>Aab</sup>	15,25 $\pm$ 5,28 <sup>ab</sup>	20,88 $\pm$ 4,38 <sup>b</sup>	8,04 $\pm$ 3,34 <sup>Aa</sup>	22,77 $\pm$ 10,95 <sup>Bb</sup>	10,12 $\pm$ 2,66 <sup>Aa</sup>	13,9 $\pm$ 3,61 <sup>Aab</sup>
Hexanoico	96,19 $\pm$ 9,67 <sup>Bc</sup>	71 $\pm$ 4,11 <sup>Aab</sup>	58,41 $\pm$ 8,26 <sup>Aa</sup>	56,69 $\pm$ 12,54 <sup>Aa</sup>	64,29 $\pm$ 15,04 <sup>ab</sup>	80,83 $\pm$ 10,34 <sup>bc</sup>	55,09 $\pm$ 6,58 <sup>Aa</sup>	113,67 $\pm$ 41,98 <sup>Bb</sup>	73,29 $\pm$ 14,96 <sup>Aa</sup>	82,17 $\pm$ 6,82 <sup>Aab</sup>
Ac Heptanoico	39,86 $\pm$ 6,72 <sup>Aa</sup>	42,69 $\pm$ 4,37 <sup>Aa</sup>	43,41 $\pm$ 4,49 <sup>Aa</sup>	42,51 $\pm$ 2,83 <sup>Aa</sup>	39,65 $\pm$ 4,16 <sup>a</sup>	56,21 $\pm$ 9,94 <sup>b</sup>	43,66 $\pm$ 2,54 <sup>Aa</sup>	53,81 $\pm$ 8,76 <sup>Ba</sup>	44,48 $\pm$ 9,16 <sup>Aa</sup>	42,95 $\pm$ 7,68 <sup>Aa</sup>
Ac octanoico	8,75 $\pm$ 1,11 <sup>Ac</sup>	7,17 $\pm$ 1,23 <sup>Abc</sup>	6,36 $\pm$ 1,48 <sup>Aab</sup>	4,91 $\pm$ 0,54 <sup>Aa</sup>	5,51 $\pm$ 0,96 <sup>ab</sup>	8,43 $\pm$ 1,12 <sup>C</sup>	7,32 $\pm$ 0,99 <sup>Aa</sup>	13,7 $\pm$ 5,4 <sup>Bb</sup>	9,4 $\pm$ 1,96 <sup>Aab</sup>	11,54 $\pm$ 1,63 <sup>Bab</sup>
Ac nonanoico	8,76 $\pm$ 2,13 <sup>Aa</sup>	8,71 $\pm$ 1,73 <sup>Aa</sup>	10,24 $\pm$ 1,65 <sup>Aa</sup>	7,34 $\pm$ 1,41 <sup>Aa</sup>	8,71 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	10,16 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>	8,38 $\pm$ 0,67 <sup>Aa</sup>	11,15 $\pm$ 1,83 <sup>Bb</sup>	10,78 $\pm$ 1,16 <sup>Ab</sup>	12,6 $\pm$ 1,16 <sup>Bb</sup>

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas

**Tabla 12.** Concentración de compuestos volátiles ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) para variedad Arbosana, en Valle del Limarí, y Molina.

COMPUESTO	LIMARÍ					MOLINA		
	E2	E3	E4	E5	E6	E2	E3	E4
<b>Octano</b>	130,25 $\pm$ 11,10 <sup>Bb</sup>	32,62 $\pm$ 8,93 <sup>Aa</sup>	35,56 $\pm$ 1,68 <sup>Aa</sup>	29,27 $\pm$ 3,03 <sup>a</sup>	25,06 $\pm$ 7,96 <sup>a</sup>	116,34 $\pm$ 13 <sup>Aa</sup>	125,87 $\pm$ 13,18 <sup>Ba</sup>	128,22 $\pm$ 19,07 <sup>Ba</sup>
<b>Metilacetato</b>	1,56 $\pm$ 0,36 <sup>Aab</sup>	1,83 $\pm$ 0,95 <sup>Aab</sup>	2,51 $\pm$ 0,70 <sup>Ab</sup>	2,24 $\pm$ 1,10 <sup>ab</sup>	0,91 $\pm$ 0,89 <sup>a</sup>	1,56 $\pm$ 0,93 <sup>Aa</sup>	1,87 $\pm$ 1,52 <sup>Aa</sup>	2,99 $\pm$ 0,26 <sup>Aa</sup>
<b>E-2-octeno</b>	6,28 $\pm$ 3,69 <sup>Aa</sup>	7,53 $\pm$ 2,08 <sup>Aa</sup>	9,06 $\pm$ 0,80 <sup>Aab</sup>	8,88 $\pm$ 0,61 <sup>ab</sup>	12,15 $\pm$ 1,27 <sup>b</sup>	8,33 $\pm$ 0,87 <sup>Aa</sup>	6,75 $\pm$ 1,87 <sup>Aa</sup>	8,11 $\pm$ 1,17 <sup>Aa</sup>
<b>Acetato de etilo</b>	455,96 $\pm$ 83,53 <sup>Ab</sup>	432,47 $\pm$ 69,09 <sup>Bb</sup>	315,08 $\pm$ 66,82 <sup>Aa</sup>	242,20 $\pm$ 12,39 <sup>a</sup>	278,14 $\pm$ 12,58 <sup>a</sup>	443,97 $\pm$ 154,45 <sup>Ab</sup>	280,35 $\pm$ 15,73 <sup>Aa</sup>	322,98 $\pm$ 65,66 <sup>Aab</sup>
<b>2-metil butanal</b>	133,52 $\pm$ 33,89 <sup>Ab</sup>	124,09 $\pm$ 11,37 <sup>Ab</sup>	110,21 $\pm$ 19,59 <sup>Ab</sup>	58,82 $\pm$ 6,66 <sup>a</sup>	127,43 $\pm$ 3,28 <sup>b</sup>	100,65 $\pm$ 42,07 <sup>Aa</sup>	131,02 $\pm$ 32,12 <sup>Aa</sup>	140,88 $\pm$ 25,16 <sup>Aa</sup>
<b>3-metil butanal</b>	94,91 $\pm$ 26,34 <sup>Bc</sup>	70,70 $\pm$ 2,64 <sup>Ab</sup>	69,80 $\pm$ 15,63 <sup>Ab</sup>	38,63 $\pm$ 5,24 <sup>a</sup>	102,37 $\pm$ 4,93 <sup>c</sup>	64,67 $\pm$ 24,22 <sup>Aa</sup>	66,37 $\pm$ 17,29 <sup>Aa</sup>	57,77 $\pm$ 7,73 <sup>Aa</sup>
<b>Etanol</b>	294,17 $\pm$ 53,89 <sup>Aa</sup>	731,76 $\pm$ 145,33 <sup>Ab</sup>	613,91 $\pm$ 305,45 <sup>Ab</sup>	254,28 $\pm$ 88,23 <sup>a</sup>	825,33 $\pm$ 174,88 <sup>b</sup>	244,58 $\pm$ 118,85 <sup>Aa</sup>	1570,13 $\pm$ 413,72 <sup>Aab</sup>	2952,62 $\pm$ 2743,89 <sup>Bb</sup>
<b>Etil propionato</b>	39,23 $\pm$ 1,49 <sup>Aa</sup>	64,25 $\pm$ 7,14 <sup>Bc</sup>	46,36 $\pm$ 6,47 <sup>Bab</sup>	44,28 $\pm$ 5,16 <sup>ab</sup>	50,07 $\pm$ 6,55 <sup>b</sup>	39,00 $\pm$ 1,91 <sup>Ac</sup>	21,22 $\pm$ 3,71 <sup>Ab</sup>	9,60 $\pm$ 2,13 <sup>Aa</sup>
<b>3-pentanona</b>	41,40 $\pm$ 1,15 <sup>Aa</sup>	52,91 $\pm$ 7,63 <sup>Bb</sup>	41,10 $\pm$ 3,66 <sup>Ba</sup>	40,84 $\pm$ 3,70 <sup>a</sup>	45,88 $\pm$ 8,13 <sup>ab</sup>	38,01 $\pm$ 7,93 <sup>Ac</sup>	22,09 $\pm$ 4,57 <sup>Ab</sup>	8,66 $\pm$ 1,96 <sup>Aa</sup>
<b>Pentanal</b>	297,66 $\pm$ 40,69 <sup>Aa</sup>	510,85 $\pm$ 52,55 <sup>Aab</sup>	639,35 $\pm$ 279,08 <sup>Bb</sup>	571,92 $\pm$ 9,87 <sup>b</sup>	544,77 $\pm$ 96,17 <sup>b</sup>	537,46 $\pm$ 206,78 <sup>Ab</sup>	317,56 $\pm$ 53,01 <sup>Aa</sup>	287,11 $\pm$ 51,66 <sup>Aa</sup>
<b>4-metil-2-pentanona</b>	152,85 $\pm$ 12,13 <sup>Aa</sup>	181,38 $\pm$ 19,28 <sup>Bb</sup>	158,09 $\pm$ 11,32 <sup>Bab</sup>	140,58 $\pm$ 7,76 <sup>a</sup>	147,35 $\pm$ 18,54 <sup>a</sup>	134,77 $\pm$ 16,1 <sup>Ac</sup>	104,98 $\pm$ 3,92 <sup>Ab</sup>	61,61 $\pm$ 8,90 <sup>Aa</sup>
<b>1-penten-3-ona</b>	129,46 $\pm$ 9,86 <sup>Aa</sup>	156,16 $\pm$ 18,63 <sup>Bb</sup>	140,07 $\pm$ 5,41 <sup>Bab</sup>	130,75 $\pm$ 11,86 <sup>a</sup>	144,82 $\pm$ 18,43 <sup>ab</sup>	138,39 $\pm$ 17,11 <sup>Ac</sup>	92,45 $\pm$ 10,33 <sup>Ab</sup>	56,49 $\pm$ 13,13 <sup>Aa</sup>
<b>Acetato de butilo</b>	61,97 $\pm$ 4,32 <sup>Aab</sup>	70,69 $\pm$ 7,17 <sup>Bb</sup>	60,86 $\pm$ 2,63 <sup>Ba</sup>	54,90 $\pm$ 5,34 <sup>a</sup>	61,05 $\pm$ 6,10 <sup>a</sup>	53,05 $\pm$ 8,09 <sup>Ac</sup>	42,50 $\pm$ 3,05 <sup>Ab</sup>	25,32 $\pm$ 4,58 <sup>Aa</sup>
<b>Hexanal</b>	2975,54 $\pm$ 607,19 <sup>Ab</sup>	1586,72 $\pm$ 339,78 <sup>Aa</sup>	3063,24 $\pm$ 453,30 <sup>Ab</sup>	3466,34 $\pm$ 127,96 <sup>bc</sup>	3725,28 $\pm$ 187,44 <sup>c</sup>	4269,90 $\pm$ 182,23 <sup>Bb</sup>	3777,46 $\pm$ 134,16 <sup>Ba</sup>	4426,37 $\pm$ 299,87 <sup>Bb</sup>
<b>E-2-pental</b>	18,32 $\pm$ 1,73 <sup>Aab</sup>	23,04 $\pm$ 2,89 <sup>Ab</sup>	19,54 $\pm$ 5,28 <sup>Aab</sup>	16,04 $\pm$ 1,39 <sup>a</sup>	21,56 $\pm$ 2,70 <sup>b</sup>	16,79 $\pm$ 3,61 <sup>Aa</sup>	19,33 $\pm$ 3,09 <sup>Ab</sup>	14,53 $\pm$ 2,36 <sup>Aa</sup>
<b>Z-3-hexenal</b>	8,00 $\pm$ 1,09 <sup>Ab</sup>	6,52 $\pm$ 1,48 <sup>Aab</sup>	5,33 $\pm$ 0,88 <sup>Aa</sup>	7,46 $\pm$ 1,03 <sup>b</sup>	4,87 $\pm$ 0,70 <sup>a</sup>	6,13 $\pm$ 1,52 <sup>Aa</sup>	7,10 $\pm$ 1,31 <sup>Aa</sup>	6,62 $\pm$ 0,77 <sup>Aa</sup>
<b>1-butanol</b>	55,80 $\pm$ 15,70 <sup>Ab</sup>	123,05 $\pm$ 18,09 <sup>Bd</sup>	51,48 $\pm$ 19,70 <sup>Bb</sup>	93,39 $\pm$ 17,56 <sup>c</sup>	5,29 $\pm$ 0,66 <sup>a</sup>	96,08 $\pm$ 64,15 <sup>Ab</sup>	6,93 $\pm$ 3,98 <sup>Aa</sup>	2,58 $\pm$ 1,08 <sup>Aa</sup>
<b>1-penten-3-ol</b>	81,97 $\pm$ 9,30 <sup>Abc</sup>	100,79 $\pm$ 14,14 <sup>Bc</sup>	64,31 $\pm$ 17,34 <sup>Ab</sup>	73,53 $\pm$ 10,28 <sup>b</sup>	41,70 $\pm$ 3,23 <sup>a</sup>	106,23 $\pm$ 40,37 <sup>Ab</sup>	50,92 $\pm$ 9,78 <sup>Aa</sup>	35,44 $\pm$ 3,08 <sup>Aa</sup>
<b>2-metil-1-butanol</b>	43,36 $\pm$ 7,63 <sup>Abc</sup>	28,86 $\pm$ 5,16 <sup>Ba</sup>	41,93 $\pm$ 8,70 <sup>Ab</sup>	52,92 $\pm$ 3,72 <sup>cd</sup>	59,19 $\pm$ 2,60 <sup>d</sup>	82,13 $\pm$ 5,95 <sup>Bc</sup>	15,84 $\pm$ 7,16 <sup>Aa</sup>	47,12 $\pm$ 6,89 <sup>Ab</sup>
<b>3-metil-1-butanol</b>	5,62 $\pm$ 0,95 <sup>Aa</sup>	39,14 $\pm$ 28,08 <sup>Ab</sup>	5,61 $\pm$ 1,22 <sup>Aa</sup>	8,53 $\pm$ 1,32 <sup>a</sup>	9,80 $\pm$ 1,92 <sup>a</sup>	69,91 $\pm$ 21,80 <sup>Bc</sup>	48,40 $\pm$ 4,66 <sup>Ab</sup>	4,98 $\pm$ 1,21 <sup>Aa</sup>
<b>E-2-hexenal</b>	3308,37 $\pm$ 898,52 <sup>Ab</sup>	626,05 $\pm$ 119,38 <sup>Aa</sup>	2990,51 $\pm$ 526,72 <sup>Ab</sup>	3407,78 $\pm$ 314,89 <sup>b</sup>	4694,49 $\pm$ 283,25 <sup>c</sup>	5671,67 $\pm$ 364,41 <sup>Ba</sup>	4008,96 $\pm$ 796,58 <sup>Bb</sup>	3929,94 $\pm$ 574,41 <sup>Ab</sup>
<b>3-octanona</b>	163,06 $\pm$ 13,05 <sup>Ab</sup>	205,39 $\pm$ 7,59 <sup>Bc</sup>	156,30 $\pm$ 15,04 <sup>Ab</sup>	129,50 $\pm$ 4,26 <sup>a</sup>	112,97 $\pm$ 9,11 <sup>a</sup>	149,06 $\pm$ 13,74 <sup>Aa</sup>	134,67 $\pm$ 6,19 <sup>Aa</sup>	147,92 $\pm$ 33,06 <sup>Aa</sup>
<b>hexylacetato</b>	6,33 $\pm$ 1,41 <sup>Ba</sup>	36,00 $\pm$ 16,54 <sup>Ab</sup>	43,41 $\pm$ 13,71 <sup>Ab</sup>	35,29 $\pm$ 3,16 <sup>b</sup>	17,89 $\pm$ 1,75 <sup>a</sup>	49,42 $\pm$ 8,92 <sup>Bb</sup>	65,20 $\pm$ 16,16 <sup>Bb</sup>	27,09 $\pm$ 3,41 <sup>Aa</sup>
<b>2-octanona</b>	90,70 $\pm$ 23,70 <sup>Bc</sup>	40,79 $\pm$ 12,50 <sup>Aab</sup>	60,90 $\pm$ 37,76 <sup>Abc</sup>	63,29 $\pm$ 25,03 <sup>bc</sup>	17,46 $\pm$ 2,16 <sup>a</sup>	40,44 $\pm$ 9,57 <sup>Ab</sup>	20,54 $\pm$ 5,68 <sup>Aa</sup>	88,41 $\pm$ 19,44 <sup>Ac</sup>
<b>E-2-heptenal</b>	56,17 $\pm$ 7,87 <sup>Ab</sup>	52,91 $\pm$ 9,40 <sup>Bb</sup>	47,18 $\pm$ 5,32 <sup>Bab</sup>	40,26 $\pm$ 2,15 <sup>a</sup>	38,58 $\pm$ 2,63 <sup>a</sup>	54,53 $\pm$ 7,41 <sup>Ac</sup>	39,57 $\pm$ 8,05 <sup>Ab</sup>	25,32 $\pm$ 2,54 <sup>Aa</sup>
<b>Hexanol</b>	1144,04 $\pm$ 156,31 <sup>Ab</sup>	531,04 $\pm$ 78,20 <sup>Aa</sup>	1719,74 $\pm$ 346,17 <sup>Ac</sup>	1554,71 $\pm$ 91,93 <sup>c</sup>	1441,81 $\pm$ 54,90 <sup>bc</sup>	2509,89 $\pm$ 643,96 <sup>Bab</sup>	2064,54 $\pm$ 280,84 <sup>Ba</sup>	3302,58 $\pm$ 1030,11 <sup>Bb</sup>
<b>E-3-hexen-1-ol</b>	13,07 $\pm$ 1,72 <sup>Aa</sup>	16,65 $\pm$ 2,78 <sup>Aa</sup>	41,51 $\pm$ 13,74 <sup>Ab</sup>	39,90 $\pm$ 10,10 <sup>b</sup>	21,20 $\pm$ 3,10 <sup>a</sup>	71,53 $\pm$ 18,48 <sup>Bb</sup>	41,31 $\pm$ 11,59 <sup>Ba</sup>	67,22 $\pm$ 23,98 <sup>Bab</sup>
<b>Z-3-hexen-1-ol</b>	37,59 $\pm$ 4,50 <sup>Aa</sup>	82,58 $\pm$ 13,56 <sup>Aab</sup>	139,99 $\pm$ 62,15 <sup>Abc</sup>	162,21 $\pm$ 54,57 <sup>c</sup>	40,42 $\pm$ 3,75 <sup>a</sup>	297,82 $\pm$ 82,25 <sup>Bb</sup>	133,24 $\pm$ 37,70 <sup>Aa</sup>	139,81 $\pm$ 23,47 <sup>Aa</sup>
<b>E-2-hexen-1-ol</b>	57,53 $\pm$ 13,78 <sup>Ab</sup>	15,13 $\pm$ 2,01 <sup>Aa</sup>	154,36 $\pm$ 25,61 <sup>Ad</sup>	96,59 $\pm$ 4,99 <sup>c</sup>	117,22 $\pm$ 7,58 <sup>c</sup>	278,06 $\pm$ 148,19 <sup>Aa</sup>	243,91 $\pm$ 48,30 <sup>Aa</sup>	708,51 $\pm$ 446,31 <sup>Bb</sup>
<b>Z-2-hexen-1-ol</b>	3,52 $\pm$ 0,40 <sup>Aa</sup>	4,45 $\pm$ 0,90 <sup>Aa</sup>	9,06 $\pm$ 3,01 <sup>Ab</sup>	10,27 $\pm$ 2,14 <sup>b</sup>	4,52 $\pm$ 1,50 <sup>a</sup>	19,64 $\pm$ 5,19 <sup>Ba</sup>	11,00 $\pm$ 2,76 <sup>Aa</sup>	20,63 $\pm$ 12,95 <sup>Ba</sup>
<b>E-2-octenal</b>	1,90 $\pm$ 1,52 <sup>Aa</sup>	2,19 $\pm$ 0,77 <sup>Aab</sup>	4,24 $\pm$ 1,28 <sup>Abc</sup>	5,32 $\pm$ 1,19 <sup>c</sup>	3,43 $\pm$ 1,22 <sup>abc</sup>	9,94 $\pm$ 3,04 <sup>Ba</sup>	6,03 $\pm$ 1,70 <sup>Aa</sup>	8,45 $\pm$ 3,99 <sup>Ba</sup>
<b>Ac acético</b>	111,62 $\pm$ 4,47 <sup>Aa</sup>	165,22 $\pm$ 30,97 <sup>Aab</sup>	241,12 $\pm$ 69,93 <sup>Abc</sup>	206,71 $\pm$ 64,42 <sup>bc</sup>	285,15 $\pm$ 45,66 <sup>c</sup>	113,53 $\pm$ 14,63 <sup>Aa</sup>	297,21 $\pm$ 244,62 <sup>Aa</sup>	1131,19 $\pm$ 565,93 <sup>Bb</sup>
<b>Ac propiónico</b>	5,04 $\pm$ 1,41 <sup>Ab</sup>	9,72 $\pm$ 3,73 <sup>Bc</sup>	4,14 $\pm$ 2,04 <sup>Bb</sup>	5,77 $\pm$ 1,23 <sup>b</sup>	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	7,19 $\pm$ 3,51 <sup>Ab</sup>	0,44 $\pm$ 1,07 <sup>Aa</sup>	0,00 $\pm$ 0,00 <sup>Aa</sup>
<b>1-Octanol</b>	11,91 $\pm$ 5,76 <sup>Aa</sup>	13,68 $\pm$ 7,39 <sup>Aa</sup>	44,85 $\pm$ 15,10 <sup>Bc</sup>	26,05 $\pm$ 10,49 <sup>ab</sup>	36,75 $\pm$ 6,75 <sup>bc</sup>	8,97 $\pm$ 2,66 <sup>Aa</sup>	16,54 $\pm$ 4,42 <sup>Ab</sup>	12,06 $\pm$ 2,00 <sup>Aab</sup>
<b>Ac butirico</b>	7,12 $\pm$ 1,08 <sup>Ab</sup>	5,38 $\pm$ 1,52 <sup>Aab</sup>	4,42 $\pm$ 1,06 <sup>Aa</sup>	5,56 $\pm$ 1,18 <sup>ab</sup>	5,76 $\pm$ 0,77 <sup>ab</sup>	6,01 $\pm$ 0,86 <sup>Ab</sup>	4,46 $\pm$ 1,11 <sup>Aa</sup>	6,15 $\pm$ 0,96 <sup>Ab</sup>
<b>Ac pentanoico</b>	5,92 $\pm$ 0,97 <sup>Aa</sup>	15,70 $\pm$ 6,90 <sup>Aab</sup>	19,45 $\pm$ 8,60 <sup>Bbc</sup>	21,17 $\pm$ 7,41 <sup>bc</sup>	29,48 $\pm$ 7,27 <sup>c</sup>	22,14 $\pm$ 8,97 <sup>Bb</sup>	7,55 $\pm$ 3,35 <sup>Aa</sup>	6,37 $\pm$ 1,02 <sup>Aa</sup>
<b>Hexanoico</b>	105,96 $\pm$ 42,85 <sup>Aab</sup>	80,12 $\pm$ 24,84 <sup>Aa</sup>	96,11 $\pm$ 27,78 <sup>Aab</sup>	107,84 $\pm$ 23,17 <sup>ab</sup>	135,12 $\pm$ 26,23 <sup>b</sup>	179,51 $\pm$ 42,89 <sup>Bb</sup>	81,93 $\pm$ 20,16 <sup>Aa</sup>	70,48 $\pm$ 14,36 <sup>Aa</sup>
<b>Ac Heptanoico</b>	41,31 $\pm$ 5,26 <sup>Aa</sup>	38,05 $\pm$ 1,99 <sup>Aa</sup>	41,77 $\pm$ 4,83 <sup>Ba</sup>	44,24 $\pm$ 1,67 <sup>a</sup>	52,37 $\pm$ 4,09 <sup>b</sup>	37,25 $\pm$ 2,22 <sup>Aa</sup>	37,96 $\pm$ 5,41 <sup>Aa</sup>	34,47 $\pm$ 1,76 <sup>Aa</sup>
<b>Ac octanoico</b>	98,62 $\pm$ 25,19 <sup>Bb</sup>	4,69 $\pm$ 0,60 <sup>Aa</sup>	5,55 $\pm$ 1,17 <sup>Aa</sup>	7,53 $\pm$ 1,91 <sup>a</sup>	10,89 $\pm$ 2,87 <sup>a</sup>	74,92 $\pm$ 10,91 <sup>Ab</sup>	44,61 $\pm$ 14,11 <sup>Ba</sup>	45,50 $\pm$ 5,08 <sup>Ba</sup>
<b>Ac nonanoico</b>	82,95 $\pm$ 13,60 <sup>Ab</sup>	6,39 $\pm$ 1,32 <sup>Aa</sup>	5,87 $\pm$ 0,78 <sup>Aa</sup>	9,21 $\pm$ 1,63 <sup>a</sup>	10,63 $\pm$ 2,46 <sup>a</sup>	95,25 $\pm$ 20,28 <sup>Ab</sup>	60,14 $\pm$ 12,98 <sup>Ba</sup>	49,84 $\pm$ 8,11 <sup>Ba</sup>

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre latitudes para una misma variedad.

Al comparar los resultados mostrados en las Tablas 10, 11 y 12, con la tabla referida a los umbrales de olor (Tabla 9), destacan 12 compuestos volátiles cuyos valores de actividad de olor (OAV, relación entre la concentración del compuesto en la muestra y el umbral de olor) es  $>1$ , a saber: 2-metil butanal, 3-metil butanal, pentanal, 1-penten-3-ona, hexanal, Z-3-hexenal, 2-metil-1-butanol, E-2-hexenal, E-2-heptenal, hexanol, E-2-octenal y ácido acético, los cuales son atributos sensoriales positivos, excluyendo el último mencionado, identificado como *off-flavor*.

Refiriéndose a los atributos positivos identificados, en la mayoría de los casos, la concentración de dichos compuestos es significativamente mayor en la cosecha de Molina respecto a la cosecha de Limarí, esto coincide con los resultados obtenidos por Issaoui y cols., (2010) y Ouni y cols., (2011), donde se observó mayor intensidad en el aroma del aceite de oliva virgen extra a mayor latitud. Además, estudios han registrado que la cantidad de agua y la temperatura tienen efectos sobre la composición de volátiles, donde se señala que éstos aumentan cuando las temperaturas son inferiores y cuando son más irrigados (Gomez-Rico y cols., 2006; Inglese y cols., 2010; Caruso y cols., 2014) Por otra parte, en cuanto a las variedades analizadas (Anexo 2), se observa que Arbequina tiene un aroma significativamente más intenso que Arbosana y Koroneiki tanto en Limarí como en Molina en la mayoría de los compuestos analizados, en caso opuesto, Koroneiki por su parte, presenta valores significativamente inferiores respecto de las otras dos variedades analizadas.

Otra variable estudiada fue el estado de maduración de los frutos. En este caso, en las tablas 10, 11 y 12, se observan notorias diferencias a lo largo del desarrollo de la oliva, sin embargo no existe un estado óptimo que contenga la mayor cantidad de compuestos volátiles, por ende es necesario estimarlo para cada agrupación de muestras. Así, para Koroneiki Limarí, donde se observa tendencia a aumentar la concentración conforme aumenta el estado de madurez del fruto (Kandyliis y cols., 2011), el grado de madurez con la mayor

concentración de compuestos volátiles se ubica entre E5 y E6, teniendo como referencia la alta concentración todos los compuestos indicados anteriormente; mientras que para la misma variedad en Molina el óptimo se encontraría entre E3 y E4, al igual que para Arbequina Limarí y Arbequina Molina. Finalmente, para Arbosana Limarí sólo hexanal y E-2-hexenal tienen una clara tendencia a aumentar con la maduración del fruto, pero con los demás compuestos la tendencia no es clara, mientras que para Arbosana Molina no es posible definir un estado de maduración óptimo debido a la variación de compuestos fenólicos producto de la helada.

Desde el punto de vista de los *off-flavor* generados, como se mencionó anteriormente, se observa la presencia de ácido acético, principalmente en Koroneiki Limarí E2, Koroneiki Molina E5 y Arbosana Molina E4. En el primer caso se estima que es la causa del alto valor de acidez libre obtenido para dicha muestra analizada en la sección 5.2.1, mientras que en el segundo y tercer caso, la alta concentración de este compuesto se debe a las bajas temperaturas registradas que provocaron el congelamiento de los frutos (Tapia y cols., 2003). Además, se destaca el alto contenido de etanol en los aceites extraídos de frutos helados, sin embargo, de acuerdo al umbral de detección informado, esta concentración no fue suficiente para ser sensible.

En base a los datos analizados, cualitativamente se podría describir la variedad Koroneiki como un aceite con aroma verde y herbal, siendo estos atributos más intensos en Molina. Arbequina por su parte poseería una mezcla de aromas más compleja e intensa, destacándose el frutado verde y manzana, más aromático en Molina. Finalmente, Arbosana presentaría un perfil de intensidad media cuyos aromas destacados serían el frutado, hojas verdes, manzana y almendra, con notas más cálidas en Limarí y más floral en Molina. Cabe mencionar que dichos perfiles sensoriales teóricos conservan la similitud con los descritos por Romero y cols., (2014).

## 5.2.2 Compuestos fenólicos

El análisis de compuestos fenólicos a las tres variedades de aceite de oliva virgen extra, producidos en Limarí y Molina, a partir de frutos cosechados en distintos estados de maduración, identificó 16 compuestos fenólicos, que se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Compuestos fenólicos identificados, agrupados según sus máximos de absorbancia.

COMPUESTO
CROMATOGRAMA 235nm
Ácido elenólico
CROMATOGRAMA 280nm
Hidroxitirosol
Tirosol
Ácido vainílico
Vainillina
Ácido para-cumarico
Decarboximetil aglicona de oleuropeína dialdehídica (3,4 DHPEA-EDA)
Decarboximetil aglicona de oleuropeína dialdehídica oxidada (3,4 DHPEA-EDA-DOX)
Aglicona de oleuropeína dialdehídica (3,4 DHPEA-EDA-DAO)
Decarboximetil aglicona del Ligutrósido dialdehídico (p-HPEA-EDA)
Pinoresinol
Aglucona de ligutrósido dialdehídico (p-HPEA-EDA-DAL)
Aglicona de la oleuropeína aldehídica e hidroxílica (3,4 DHPEA-EDA-DAH)
CROMATOGRAMA 335nm
Luteolina
Apigenina
Metil luteolina

Estos fenoles son parte de un sinnúmero de compuestos, muchos de ellos aun sin identificar, donde los más comunes corresponden a fenoles simples como hidroxitirosol, tirosol, ácido vainílico, ácido p-cumárico, y vainillina; también destacan los flavonoides como apigenina y luteolina, y los fenoles más complejos como secoiridoides, principalmente oleuropeína y ligutrósido y sus respectivos derivados (Escobar, 2010).

El contenido total de compuestos fenólicos para cada estado de maduración, tanto en el Valle de Limarí como en Molina, para las tres variedades estudiadas se encuentra en la Tabla 14, y su respectiva representación gráfica en la Figura 8.

**Tabla 14.** Concentración total de compuestos fenólicos expresada como mg/kg de aceite, para variedades Koroneiki, Arbequina y Arbosana, en Limarí y Molina, en sus distintos estados de maduración.

LATITUD	ESTADO DE MADURACIÓN	VARIEDAD		
		KORONEIKI	ARBEQUINA	ARBOSANA
LIMARÍ	E2	509,21±84,34 <sup>Ba</sup>	879,52±57,94 <sup>Bc+</sup>	530,67±40,09 <sup>Aa</sup>
	E3	893,13±209,41 <sup>Bb+</sup>	524,62±149,08 <sup>Bb</sup>	491,84±55,39 <sup>Ba</sup>
	E4	389,08±94,51 <sup>Aa</sup>	562,66±118,12 <sup>Bb</sup>	494,94±55,83 <sup>Ba</sup>
	E5	517,98±39,50 <sup>Ba+</sup>	178,45±26,21 <sup>Aa</sup>	452,60±56,04 <sup>a+</sup>
	E6	496,01±57 <sup>Ba+</sup>	271,27±23,65 <sup>a</sup>	502,45±20,66 <sup>a+</sup>
	E7	550,59±91,07 <sup>a+</sup>	112,30±15,33 <sup>a</sup>	
MOLINA	E2	146,54±25,80 <sup>Aa</sup>	165,06±17,25 <sup>Ab</sup>	488,74±135,82 <sup>Ab+</sup>
	E3	232,79±24,42 <sup>Ab</sup>	142,72±6,17 <sup>Aa</sup>	227,67±29,21 <sup>Aa</sup>
	E4	330,87±29,46 <sup>Ac+</sup>	184,56±33,53 <sup>Ab</sup>	146,49±34,03 <sup>Aa</sup>
	E5	117,64±17,77 <sup>Aa</sup>	204,56±21,90 <sup>Ab+</sup>	
	E6	156,93±13,49 <sup>Aa</sup>		

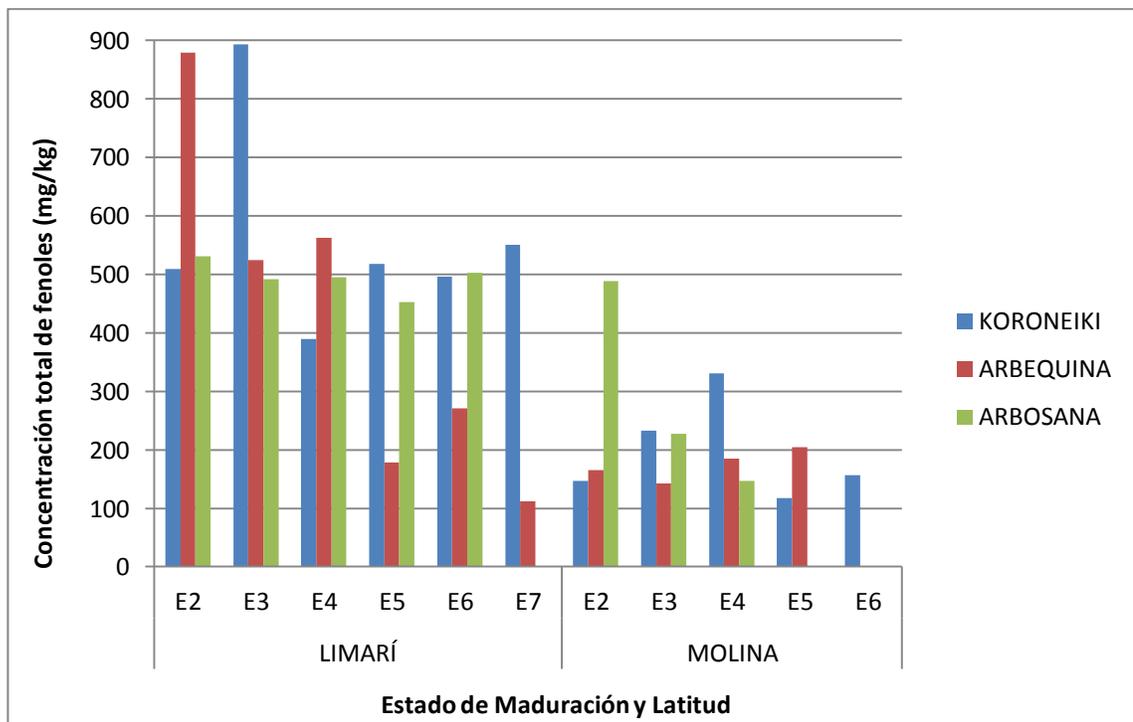
\*Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre latitudes para una misma variedad.

\*Muestras con "+" indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre variedades.

En los valores expuestos en la Tabla 14, se observa que Arbequina Limarí E2 y Koroneiki Limarí E3 sobresalen por su alto contenido de fenoles totales, aunque es necesario enfatizar que en general todas las muestras analizadas se destacan en la concentración de dichos compuestos, esto considerando que la literatura señala que la concentración de fenoles totales varía entre 50 y 200 mg/kg de aceite, pero se pueden encontrar aceites con contenido de compuestos fenólicos de hasta 1000 mg/kg de aceite, por lo que el margen se ha fijado entre 200 y 1500 mg/kg. La amplitud de este margen se basa en la gran cantidad de factores que influyen como lo son la maduración del fruto, el sistema de extracción empleado, variables climatológicas y

agronómicas, y la variedad (Conde y cols., 2003; Romero y cols., 2003), por lo que se puede aseverar que los aceites fueron extraídos bajo condiciones deseables y el método empleado para realizar la extracción y cuantificación de los compuestos fenólicos fue llevado a cabo correctamente. Los resultados de concentración total de fenoles son incluso superiores a los obtenidos por diversos autores —como Sánchez y Medina y cols. (2015); Bakhouché y cols. (2013); Allalout y cols. (2009); Varzakas y cols. (2010); Gómez-Rico y cols. (2008); Ballus y cols. (2015)— quienes realizaron anteriormente análisis a las mismas variedades. Adicionalmente, en el Anexo 4 se observa que los compuestos secoiridoides, principalmente derivados de la oleuropeína y el ligustrósido, son los que presentan mayor concentración, aportando hasta un 73% del contenido total de fenoles.



**Figura 8.** Representación gráfica de la concentración total de compuestos fenólicos.

En el gráfico de la Figura 8 se observan claras diferencias entre los fenoles totales obtenidos en Limarí versus Molina, estos resultados coinciden con los obtenidos en Italia por Tura y cols., (2007), cuyas concentraciones de fenoles disminuyeron al descender en latitud, también muestran concordancia con estudios realizados por Bakhouché y cols., (2013) y Ballus y cols., (2015) cuyos resultados se vieron fuertemente ligados a la zona del cultivo. Por otra parte, se observa en Arbequina Limarí y Arbosana Molina, una marcada tendencia a disminuir conforme aumenta el estado de maduración, lo cual ha sido anteriormente investigado por Cecchi y cols., (2013); Gómez-Rico y cols., (2008) y Dagdelen y cols., (2013) quienes observaron la misma tendencia, mientras que Koronaiki Limarí y Koroneiki Molina, si bien no tienen una tendencia clara, se muestran más bien constantes o con un máximo claramente identificado, como es el caso de Koronaiki Limarí y Koroneiki Molina.

En cuanto a la variedad, se observan diferencias significativas (Anexo 3) entre cada una de ellas, coincidiendo con los resultados que obtuvieron Sánchez de Medina y cols., (2015); Gomez-Rico y cols., (2008); Allalout y cols., (2009) y Ballus y cols., (2015), quienes coinciden que la composición fenólica del aceite de oliva virgen extra es propia de cada variedad. Se observa principalmente que la variedad Koroneiki presenta mayores estados de maduración con diferencias significativas en sus concentraciones de fenoles totales, los estados E3 Limarí y E4 Molina —mayor que Arbequina y Arbosana—; E5 y E6 Limarí —mayor que Arbequina al igual que Arbosana—; y E7 Limarí —mayor que Arbequina—. En el estado E2 Limarí y E4 Molina, la variedad que presenta mayor intensidad es Arbequina; por último sólo en el estado E2 de Molina, Arbosana muestra ser superior a las otras dos variedades.

Se observa claramente que en Limarí, Koroneiki presenta la mayor concentración de fenoles totales en el estado E3, superando en más del doble a la mayor concentración hallada en Molina —E4—; en el caso de Arbequina, el estado E2 en Limarí es el que presenta la mayor concentración total de fenoles,

mientras que en Molina el estado cuya concentración es la mayor —E5—, es apenas un cuarto del antes mencionado; finalmente, Arbosana al igual que las otras variedades, presenta en Limarí las mayores concentraciones de fenoles totales, en los estados E3 y E4, sin embargo cabe destacar que en Molina, debido a la helada, no se pudieron cosechar frutos en estados de maduración más avanzados, por lo que la comparación sólo consideró tres estados.

Por su parte, en cuanto a los valores expuestos en la Tabla 14, se observa que Arbequina Limarí E2 y Koroneiki Limarí E3 sobresalen por su alto contenido de fenoles totales, aunque es necesario enfatizar que en general todas las muestras analizadas se destacan en la concentración de dichos compuestos, esto debido a que la literatura señala que la concentración de fenoles totales varía entre 50 y 200 mg/kg de aceite, pero se pueden encontrar aceites con contenido de compuestos fenólicos de hasta 1000 mg/kg de aceite, por lo que el margen se ha fijado entre 200 y 1500 mg/kg. La amplitud de este margen se basa en la gran cantidad de factores que influyen como lo son la maduración del fruto, el sistema de extracción empleado, variables climatológicas y agronómicas, y la variedad (Conde y cols., 2003; Romero y cols., 2003), por lo que se puede aseverar que los aceites fueron extraídos bajo condiciones deseables y el método empleado para realizar la extracción y cuantificación de los compuestos fenólicos fue llevado a cabo correctamente. Los resultados de concentración total de fenoles son incluso superiores a los obtenidos por diversos autores —como Sánchez y Medina y cols. (2015); Bakhouché y cols. (2013); Allalout y cols. (2009); Varzakas y cols. (2010); Gómez-Rico y cols. (2008); Ballus y cols. (2015)— quienes realizaron anteriormente análisis a las mismas variedades. Adicionalmente, en las Tablas 15, 16 y 17 se observa que los compuestos secoiridoides, principalmente derivados de la oleuropeína y el ligustrósido, son los que presentan mayor concentración (Anexo 3), aportando hasta un 73% del contenido total de fenoles.

**Tabla 15.** Concentración de compuestos fenólicos (mg/kg) para variedad Koroneiki, en Valle del Limarí, y Molina.

COMPUESTO	LIMARÍ						MOLINA				
	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E2	E3	E4	E5	E6
Ác. Elenólico	209,99±69,32 <sup>Aab</sup>	242,32±57,83 <sup>Ab</sup>	119,11±36,98 <sup>Aa</sup>	138,50±12,89 <sup>Aa</sup>	164,62±34,08 <sup>Aab</sup>	132,57±20,66 <sup>a</sup>	71,73±7,36 <sup>Ba</sup>	107,84±17,07 <sup>Bb</sup>	123,60±10,78 <sup>Ab</sup>	63,32±2,60 <sup>Ba</sup>	78,29±16,63 <sup>Ba</sup>
Hidroxitirosol	10,89±4,84 <sup>Aa</sup>	10,25±1,73 <sup>Aa</sup>	11,16±4,83 <sup>Aa</sup>	7,91±2,42 <sup>Aa</sup>	37,86±7,13 <sup>Ab</sup>	20,35±9,38 <sup>a</sup>	0,44±0,11 <sup>Ba</sup>	5,89±5,85 <sup>Aab</sup>	6,75±3,69 <sup>Aab</sup>	1,42±0,76 <sup>Aa</sup>	11,41±1,13 <sup>Bb</sup>
Tirosol	23,71±11,71 <sup>Aab</sup>	13,62±3,66 <sup>Aab</sup>	27±20,34 <sup>Aab</sup>	8,13±0,97 <sup>Aa</sup>	33,03±6,18 <sup>Ab</sup>	11,58±5,39 <sup>ab</sup>	3,89±2,95 <sup>Ba</sup>	7,15±8,11 <sup>Aab</sup>	6,34±3,47 <sup>Bab</sup>	5,27±2,62 <sup>Aab</sup>	15,01±5,11 <sup>Bb</sup>
Ác. Vainílico	0,27±0,16 <sup>Aa</sup>	0,38±0,07 <sup>Aa</sup>	0,37±0,07 <sup>Aa</sup>	0,22±0,03 <sup>Aa</sup>	0,25±0,03 <sup>Aa</sup>	0,36±0,06 <sup>a</sup>	0,40±0,09 <sup>Aa</sup>	0,30±0,21 <sup>Aa</sup>	0,34±0,05 <sup>Aa</sup>	0,44±0,03 <sup>Ba</sup>	0,27±0,04 <sup>Aa</sup>
Vainillina	0,12±0,02 <sup>Ab</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>
Ác. p-cumárico	0,31±0,01 <sup>Aa</sup>	0,32±0,02 <sup>Aab</sup>	0,27±0,04 <sup>Aa</sup>	0,74±0,40 <sup>Ac</sup>	0,67±0,09 <sup>Aabc</sup>	0,71±0,13 <sup>bc</sup>	0,06±0,02 <sup>Aa</sup>	0,15±0,06 <sup>Aab</sup>	0,25±0,05 <sup>Ab</sup>	0,10±0,01 <sup>Ba</sup>	0,23±0,09 <sup>Bb</sup>
3,4 DHPEA-EDA	31,15±4,72 <sup>Aab</sup>	98,17±36,26 <sup>Ac</sup>	19,70±13,49 <sup>Aa</sup>	54,10±25,36 <sup>Aab</sup>	25,38±2,49 <sup>Aab</sup>	65,13±8,79 <sup>bc</sup>	2,19±0,66 <sup>Aa</sup>	19,11±5,33 <sup>Bb</sup>	41,15±7,32 <sup>Ac</sup>	0,45±0,09 <sup>Ba</sup>	6,69±6,99 <sup>Aa</sup>
3,4 DHPEA-EDA-DOX	4,69±0,67 <sup>Aab</sup>	9,43±2,27 <sup>Ab</sup>	0,77±1,53 <sup>Aa</sup>	2,45±4,90 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	2,13±4,26 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>	2,76±0,39 <sup>Bb</sup>	4,32±0,58 <sup>Ac</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>
3,4 DHPEA-EDA-DAO	32,47±2,73 <sup>Aa</sup>	55,82±8,51 <sup>Aab</sup>	35,15±11,46 <sup>Aa</sup>	96,65±32,82 <sup>Abc</sup>	114,28±20,61 <sup>Ac</sup>	123,87±36,25 <sup>c</sup>	1,32±1,44 <sup>Ba</sup>	16,45±1,45 <sup>Bb</sup>	33,80±4,74 <sup>Ac</sup>	3,77±1,10 <sup>Ba</sup>	1,41±1,15 <sup>Ba</sup>
p-HPEA-EDA	86,65±6,18 <sup>Ab</sup>	162,17±52,65 <sup>Ac</sup>	45,42±15,29 <sup>Aab</sup>	78,12±19,37 <sup>Aab</sup>	27,69±2,77 <sup>Aa</sup>	48,96±6,74 <sup>ab</sup>	38,45±11,39 <sup>Bc</sup>	22,61±7,14 <sup>Bab</sup>	35,60±5,69 <sup>Abc</sup>	7,97±4,51 <sup>Ba</sup>	9,98±5,10 <sup>Aa</sup>
Pinoresinol	5,89±0,50 <sup>Aab</sup>	7,12±0,45 <sup>Aab</sup>	5,37±1,47 <sup>Aa</sup>	8,54±1,98 <sup>Ab</sup>	8,20±0,77 <sup>Ab</sup>	8,54±1,45 <sup>b</sup>	9,72±1,05 <sup>Bab</sup>	10,96±0,75 <sup>Bb</sup>	11,61±0,94 <sup>Bb</sup>	8,74±0,84 <sup>Aa</sup>	10,22±0,98 <sup>Aab</sup>
p-HPEA-EDA-DAL	0,80±0,08 <sup>Aa</sup>	1,60±1,79 <sup>Aa</sup>	0,35±0,03 <sup>Aa</sup>	1,16±0,28 <sup>Aa</sup>	1,25±0,71 <sup>Aa</sup>	1,96±0,57 <sup>a</sup>	1,07±0,26 <sup>Aa</sup>	1,61±0,14 <sup>Aa</sup>	3,08±0,48 <sup>Bb</sup>	1,67±0,28 <sup>Aa</sup>	2,72±0,61 <sup>Bb</sup>
3,4 DHPEA-EDA-DAH	97,87±12,13 <sup>Aa</sup>	287,22±69,02 <sup>Ab</sup>	116,89±55,50 <sup>Aa</sup>	113,03±22,92 <sup>Aa</sup>	70,46±18,30 <sup>Aa</sup>	122,14±29,31 <sup>a</sup>	9,29±6,66 <sup>Ba</sup>	33,89±4,00 <sup>Bb</sup>	57,41±5,60 <sup>Ac</sup>	20,04±19,45 <sup>Bab</sup>	15,17±1,65 <sup>Aab</sup>
Luteolina	2,33±0,26 <sup>Aa</sup>	2,47±0,16 <sup>Aab</sup>	4,12±1,09 <sup>Abc</sup>	5,00±0,69 <sup>Ac</sup>	7,93±0,85 <sup>Ad</sup>	7,84±0,86 <sup>d</sup>	0,59±0,22 <sup>Ba</sup>	1,86±0,15 <sup>Ab</sup>	2,92±0,21 <sup>Bc</sup>	2,07±0,20 <sup>Bb</sup>	2,19±0,26 <sup>Bb</sup>
Apigenina	1,53±0,22 <sup>Aa</sup>	1,75±0,15 <sup>Aab</sup>	2,75±0,53 <sup>Abc</sup>	2,62±0,64 <sup>Abc</sup>	3,46±0,56 <sup>Ac</sup>	3,44±0,44 <sup>c</sup>	0,87±0,17 <sup>Aa</sup>	1,47±0,16 <sup>Aab</sup>	2,83±0,27 <sup>Ac</sup>	1,69±0,10 <sup>Ab</sup>	2,48±0,58 <sup>Bc</sup>
Metil luteolina	0,55±0,05 <sup>Aa</sup>	0,48±0,05 <sup>Aa</sup>	0,65±0,32 <sup>Aab</sup>	0,81±0,10 <sup>Aabc</sup>	0,94±0,07 <sup>Abc</sup>	1,01±0,11 <sup>c</sup>	0,62±0,08 <sup>Aa</sup>	0,74±0,06 <sup>Aab</sup>	0,87±0,15 <sup>Ab</sup>	0,68±0,06 <sup>Aab</sup>	0,85±0,09 <sup>Ab</sup>

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas (p<0,05) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas (p<0,05) entre latitudes para una misma variedad.

**Tabla 16.** Concentración de compuestos fenólicos (mg/kg) para variedad Arbequina, en Valle del Limarí, y Molina.

COMPUESTO	LIMARÍ							MOLINA			
	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E2	E3	E4	E5	
Ác. Elenólico	257,10±82,16 <sup>Ab</sup>	115,69±28,61 <sup>Aa</sup>	118,93±38,87 <sup>Aa</sup>	86,06±24,55 <sup>Aa</sup>	82,09±24,04 <sup>a</sup>	27,87±3,68 <sup>a</sup>	76,67±10,62 <sup>Ba</sup>	79,22±10,68 <sup>Aa</sup>	109,47±31,7 <sup>Aab</sup>	126,64±18,34 <sup>Ab</sup>	
Hidroxitirosol	7,55±1,11 <sup>Aab</sup>	4,37±1,67 <sup>Aa</sup>	7,08±1,41 <sup>Aab</sup>	1,40±0,75 <sup>Aa</sup>	13,74±8,63 <sup>b</sup>	3,65±1,89 <sup>a</sup>	6,78±3,75 <sup>Aa</sup>	7,22±2,77 <sup>Aa</sup>	3,42±1,47 <sup>Aa</sup>	2,36±0,87 <sup>Aa</sup>	
Tirosol	5,50±0,76 <sup>Aab</sup>	4,22±0,53 <sup>Aab</sup>	3,59±1,00 <sup>Aa</sup>	2,90±1,42 <sup>Aa</sup>	11,00±7,19 <sup>b</sup>	4,96±0,36 <sup>ab</sup>	19,95±10,72 <sup>Bb</sup>	20,61±5,55 <sup>Bb</sup>	4,19±1,21 <sup>Aa</sup>	2,17±0,68 <sup>Aa</sup>	
Ác. Vainílico	0,58±0,13 <sup>Ad</sup>	0,52±0,06 <sup>Ac</sup>	0,46±0,05 <sup>Ac</sup>	0,08±0,01 <sup>Aa</sup>	0,25±0,06 <sup>b</sup>	0,38±0,03 <sup>bc</sup>	0,72±0,10 <sup>Ac</sup>	0,51±0,06 <sup>Ab</sup>	0,18±0,02 <sup>Ba</sup>	0,31±0,02 <sup>Ba</sup>	
Ác. p-cumárico	1,47±0,30 <sup>Aab</sup>	1,56±0,84 <sup>Aab</sup>	2,34±0,28 <sup>Ab</sup>	0,72±0,06 <sup>Aa</sup>	0,91±0,09 <sup>a</sup>	1,32±0,54 <sup>a</sup>	0,65±0,17 <sup>Bb</sup>	0,60±0,03 <sup>Bb</sup>	0,71±0,06 <sup>Bb</sup>	0,18±0,04 <sup>Aa</sup>	
3,4 DHPEA-EDA	156,78±27,80 <sup>Ac</sup>	104,72±70,34 <sup>Abc</sup>	155,16±31,17 <sup>Ac</sup>	1,15±0,09 <sup>Aa</sup>	53,46±12,91 <sup>ab</sup>	16,55±6,83 <sup>a</sup>	10,31±3,38 <sup>Bb</sup>	1,60±0,51 <sup>Ba</sup>	16,89±3,15 <sup>Bc</sup>	16,2±3,89 <sup>Abc</sup>	
3,4 DHPEA-EDA-DOX	12,10±1,74 <sup>Ac</sup>	5,75±3,32 <sup>Ab</sup>	7,14±2,86 <sup>Ab</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	2,98±0,33 <sup>ab</sup>	0,00±0,00 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>	0,00±0,00 <sup>Aa</sup>	
3,4 DHPEA-EDA-DAO	58,04±9,20 <sup>Aa</sup>	26,77±10,71 <sup>Ab</sup>	26,11±13,63 <sup>Ab</sup>	17,55±2,69 <sup>Aab</sup>	6,15±1,25 <sup>a</sup>	0,63±0,74 <sup>a</sup>	0,37±0,42 <sup>Ba</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>	
p-HPEA-EDA	148,85±20,14 <sup>Ac</sup>	100,04±13,26 <sup>Ab</sup>	93,77±13,40 <sup>Ab</sup>	32,51±0,67 <sup>Aa</sup>	42,69±9,12 <sup>a</sup>	21,63±3,49 <sup>a</sup>	28,83±10,17 <sup>Bb</sup>	7,71±1,25 <sup>Ba</sup>	19,38±2,03 <sup>Bab</sup>	23,44±6,79 <sup>Ab</sup>	
Pinosresinol	14,94±1,89 <sup>Aa</sup>	15,43±1,39 <sup>Aa</sup>	15,37±1,43 <sup>Aa</sup>	16,17±0,88 <sup>Aa</sup>	17,35±0,55 <sup>a</sup>	16,73±0,43 <sup>a</sup>	16,58±1,51 <sup>Aa</sup>	15,44±1,58 <sup>Aa</sup>	17,21±1,50 <sup>Aa</sup>	15,57±1,79 <sup>Aa</sup>	
p-HPEA-EDA-DAL	1,96±1,28 <sup>Aa</sup>	1,95±0,41 <sup>Aa</sup>	1,73±0,47 <sup>Aa</sup>	2,45±0,10 <sup>Aa</sup>	4,50±1,66 <sup>b</sup>	2,93±0,12 <sup>ab</sup>	1,72±0,22 <sup>Aa</sup>	2,07±0,53 <sup>Aa</sup>	2,22±0,31 <sup>Aa</sup>	3,73±0,98 <sup>Ab</sup>	
3,4 DHPEA-EDA-DAH	210,77±31,00 <sup>Ac</sup>	138,36±36,80 <sup>Ab</sup>	126,70±39,30 <sup>Ab</sup>	12,62±0,90 <sup>Aa</sup>	27,80±1,31 <sup>a</sup>	10,11±1,58 <sup>a</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>	4,93±3,35 <sup>Bb</sup>	7,07±2,30 <sup>Bb</sup>	8,74±1,39 <sup>Ab</sup>	
Luteolina	2,37±0,17 <sup>Aa</sup>	2,87±0,18 <sup>Ab</sup>	2,60±0,28 <sup>Ab</sup>	3,03±0,07 <sup>Ab</sup>	5,01±0,36 <sup>d</sup>	3,71±0,03 <sup>c</sup>	1,05±0,20 <sup>Ba</sup>	1,54±0,48 <sup>Bab</sup>	2,29±0,18 <sup>Ac</sup>	1,95±0,32 <sup>Bbc</sup>	
Apigenina	0,58±0,06 <sup>Aa</sup>	1,36±0,62 <sup>Aa</sup>	0,70±0,07 <sup>Aa</sup>	0,85±0,01 <sup>Aa</sup>	2,48±0,66 <sup>b</sup>	0,84±0,05 <sup>a</sup>	0,63±0,15 <sup>Aa</sup>	0,61±0,20 <sup>Ba</sup>	0,71±0,04 <sup>Aa</sup>	2,42±0,12 <sup>Bb</sup>	
Metil luteolina	0,93±0,02 <sup>Aab</sup>	1,02±0,09 <sup>Ab</sup>	0,97±0,08 <sup>Ab</sup>	0,97±0,01 <sup>Ab</sup>	0,87±0,09 <sup>a</sup>	1,00±0,04 <sup>ab</sup>	0,81±0,14 <sup>Aa</sup>	0,66±0,23 <sup>Ba</sup>	0,83±0,04 <sup>Aa</sup>	0,85±0,10 <sup>Aa</sup>	

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre latitudes para una misma variedad.

**Tabla 17.** Concentración de compuestos fenólicos (mg/kg) para variedad Arbosana, en Valle del Limarí, y Molina.

COMPUESTO	LIMARÍ					MOLINA		
	E2	E3	E4	E5	E6	E2	E3	E4
Ác. Elenólico	121,99±14,22 <sup>Ab</sup>	99,24±28,09 <sup>Aa</sup>	146,38±24,61 <sup>Ab</sup>	121,53±15,5 <sup>ab</sup>	129,09±11,24 <sup>ab</sup>	167,07±35,68 <sup>Ab</sup>	113,81±9,99 <sup>Aab</sup>	106,25±34,30 <sup>Aa</sup>
Hidroxitirosol	9,04±2,19 <sup>Aa</sup>	10,36±5,00 <sup>Aab</sup>	12,04±4,21 <sup>Ab</sup>	18,66±7,16 <sup>b</sup>	8,01±1,31 <sup>ab</sup>	13,42±5,66 <sup>Ab</sup>	6,1±4,05 <sup>Aab</sup>	1,72±0,95 <sup>Ba</sup>
Tirosol	3,75±1,29 <sup>Aab</sup>	5,36±1,08 <sup>Aab</sup>	7,98±2,96 <sup>Ab</sup>	7,50±2,29 <sup>ab</sup>	4,21±0,69 <sup>ab</sup>	9,60±5,69 <sup>Aa</sup>	7,67±5,67 <sup>Aa</sup>	4,84±2,23 <sup>Aa</sup>
Ác. Vainílico	0,73±0,08 <sup>Aa</sup>	0,34±0,07 <sup>Aa</sup>	0,57±0,03 <sup>Ab</sup>	0,38±0,05 <sup>a</sup>	0,33±0,02 <sup>a</sup>	0,77±0,11 <sup>Ab</sup>	0,66±0,09 <sup>Bab</sup>	0,49±0,09 <sup>Aa</sup>
Ác. p-cumárico	0,48±0,29 <sup>Ab</sup>	0,24±0,05 <sup>Aa</sup>	0,18±0,03 <sup>Aa</sup>	0,23±0,07 <sup>a</sup>	1,56±0,17 <sup>b</sup>	0,33±0,08 <sup>Ab</sup>	0,14±0,02 <sup>Aa</sup>	0,07±0,01 <sup>Aa</sup>
3,4 DHPEA-EDA	63,61±18,68 <sup>Aa</sup>	58,64±23,13 <sup>Aa</sup>	68,09±12,16 <sup>Aa</sup>	79,20±17,37 <sup>a</sup>	176,71±7,51 <sup>b</sup>	30,49±7,68 <sup>Bc</sup>	17,66±4,74 <sup>Bb</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>
3,4 DHPEA-EDA-DOX	8,78±2,98 <sup>Aab</sup>	4,38±2,96 <sup>Aa</sup>	6,23±1,12 <sup>Aa</sup>	6,37±1,16 <sup>a</sup>	7,89±0,63 <sup>a</sup>	3,48±4,32 <sup>Aa</sup>	0,72±1,43 <sup>Aa</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>
3,4 DHPEA-EDA-DAO	64,14±15,36 <sup>Aab</sup>	58,47±15,07 <sup>Ab</sup>	52,02±5,77 <sup>Ab</sup>	51,73±6,37 <sup>b</sup>	16,24±1,70 <sup>a</sup>	95,64±51,38 <sup>Ab</sup>	4,49±8,99 <sup>Ba</sup>	0,00±0,00 <sup>Ba</sup>
p-HPEA-EDA	53,44±5,36 <sup>Aa</sup>	68,29±4,72 <sup>Abc</sup>	87,51±8,13 <sup>Ad</sup>	62,06±4,72 <sup>ab</sup>	77,08±7,34 <sup>cd</sup>	27,11±1,63 <sup>Bb</sup>	22,01±5,89 <sup>Bb</sup>	6,56±1,92 <sup>Ba</sup>
Pinosinol	18,94±1,99 <sup>Ab</sup>	16,79±3,20 <sup>Aa</sup>	19,48±0,71 <sup>Aa</sup>	17,07±1,19 <sup>a</sup>	19,35±1,11 <sup>a</sup>	16,82±2,05 <sup>Aa</sup>	17,97±2,73 <sup>Aa</sup>	16,12±1,15 <sup>Aa</sup>
p-HPEA-EDA-DAL	5,43±1,86 <sup>Aa</sup>	11,81±13,14 <sup>Aa</sup>	5,22±0,15 <sup>Aa</sup>	3,72±0,52 <sup>a</sup>	5,00±0,39 <sup>a</sup>	2,73±1,00 <sup>Aa</sup>	5,90±0,85 <sup>Ab</sup>	1,23±0,06 <sup>Aa</sup>
3,4 DHPEA-EDA-DAH	171,95±5,13 <sup>Aa</sup>	149,62±12,41 <sup>Ac</sup>	80,49±11,55 <sup>Ab</sup>	70,56±8,60 <sup>b</sup>	43,89±6,38 <sup>a</sup>	111,12±49,81 <sup>Bb</sup>	23,06±4,68 <sup>Ba</sup>	3,36±0,97 <sup>Ba</sup>
Luteolina	3,28±0,96 <sup>Aa</sup>	2,92±0,68 <sup>Aa</sup>	3,68±0,28 <sup>Aa</sup>	5,86±0,93 <sup>b</sup>	6,01±0,66 <sup>b</sup>	5,43±1,04 <sup>Bb</sup>	3,20±0,63 <sup>Aa</sup>	2,22±0,33 <sup>Aa</sup>
Apigenina	4,43±0,55 <sup>Aa</sup>	4,78±1,48 <sup>Aa</sup>	4,49±0,65 <sup>Aa</sup>	7,16±0,50 <sup>b</sup>	6,28±0,87 <sup>ab</sup>	4,07±0,25 <sup>Aa</sup>	3,69±0,93 <sup>Aa</sup>	3,14±0,19 <sup>Aa</sup>
Metil luteolina	0,69±0,16 <sup>Aa</sup>	0,60±0,08 <sup>Aab</sup>	0,58±0,02 <sup>Aa</sup>	0,56±0,06 <sup>a</sup>	0,79±0,08 <sup>b</sup>	0,66±0,04 <sup>Ab</sup>	0,59±0,13 <sup>Aab</sup>	0,49±0,06 <sup>Aa</sup>

\*Letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos estados de maduración.

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre latitudes para una misma variedad.

Las concentraciones de cada uno de los compuestos fenólicos analizados, que se exponen en la Tablas 15, 16 y 17, conservan la misma directriz antes mencionada, de modo que las muestras Arbequina Limarí, Arbequina Molina y Arbosana Molina muestran una clara disminución en la mayoría de sus concentraciones fenólicas conforme aumenta el grado de madurez de los frutos, estableciéndose el estado E2 como el más rico en dichos compuestos, esto se explica por la serie de reacciones químicas y enzimáticas que tienen lugar durante y posterior a la extracción del aceite lo que da origen a derivados secoiridoides y fenoles simples (Lozano y cols., 2012). Por su parte, Koroneiki Limarí y Arbosana Limarí, no evidencian una tendencia clara, ya que se mantienen estables a lo largo del proceso de maduración, sin identificarse por ende un estado con la mayor concentración de todos los compuestos identificados. En el caso particular de Koroneiki Molina, se observa que la tendencia se asemeja a una campana, encontrándose la mayoría de los compuestos con su máxima concentración en el centro, identificado como el estado E4.

Por otra parte, se observan variaciones en el contenido de los derivados de la Oleuropeína y el Ligustrósido, los cuales son producto de las reacciones ocurridas en la Ruta del Ácido Mevalónico, de este modo, también se ve la variación de los compuestos tirosol e hidroxitirosol, que participan como sustratos dentro de la misma.

En las tablas antes mencionadas se observa también la alta concentración de todos los compuestos estudiados en los aceites obtenidos en Limarí respecto de los resultados observados en Molina. Esto se explica considerando los datos de la Tabla 4 (Sección 5.1) la cual expone las medias de evapotranspiración: 2,81 (ETo)(mm/día) y 1,11 (ETo)(mm/día) en Limarí y Molina, respectivamente; y el riego de los cultivos: 3.727m<sup>3</sup>/ha y 4.614m<sup>3</sup>/ha en Limarí y Molina, respectivamente. Dados estos datos se deduce que los cultivos de Molina se irrigan más que en Limarí y requirieron menor cantidad de agua.

Al tener mayor riego, el fruto acumula mayor cantidad de agua, esto provocará una solubilización de los compuestos fenólicos —que son más solubles en agua que en aceite— en la pasta, por lo que la eficacia de la liberación de los fenoles durante la trituración y batido será mayor, pasando a la fase acuosa, y por ende el aceite será más pobre en estos compuestos (Romero y cols., 2002). Además, el mayor contenido de agua en las olivas de cultivos irrigados facilita la liberación de compuestos fenólicos de polisacáridos ligados en la pared celular durante las etapas de molienda y malaxación del proceso productivo (Allalout y cols., 2009). Por otra parte, estudios han reportado que aceites de oliva virgen extraídos de cultivos con riego tradicional (basado en agua de lluvia) tiene mayor contenido de fenoles, particularmente oleuropeína y otros compuestos secoiridoides, que cultivos irrigados con riego tecnificado (Baccouri y cols., 2008), esto debido a que el estrés hídrico producido en los olivos influencia la actividad de la fenilalanina amonio liasa (PAL), que es la enzima que cataliza la síntesis de fenoles (Morelló y cols., 2005).

Finalmente cabe destacar que la mayor concentración de ciertos compuestos fenólicos no solo otorga estabilidad oxidativa debido a los antioxidantes presentes en el aceite, sino que también atributos sensoriales. Es así como la alta concentración de los derivados secoiridoides hará que el aceite sea más amargo, astringente y picante (Morales y cols., 2003; Servili y cols., 2014). De acuerdo a lo visto en las Tablas 15, 16 y 17, y lo expuesto en el Anexo 4, estos atributos sensoriales serán más intensos en aceites procedentes de Limarí que los de Molina, destacando Koroneiki E3 y Arbequina E2 —mismo comportamiento mostrado en la concentración de fenoles totales— cuyas concentraciones de derivados secoiridoides bordean los 600mg/kg. Arbosana por su parte, se presenta menos variable, con concentraciones alrededor de los 300mg/kg bastante constante en todos los estados de maduración tanto en Limarí y como en Molina, sin embargo en esta última se observa un desarrollo bastante inferior de estos derivados. Específicamente, Servili y cols., 2014

diferenció los derivados secoiridoides según su influencia en cada característica sensorial, de modo que el picante sería otorgado por el compuesto p-HPEA-EDA, mientras que el amargo, estaría relacionado con la presencia del 3,4-DHPEA-EDA. De este modo, en sus estados de maduración más intensos, sensorialmente, Koroneiki Limarí presentará notas más picantes y amargas que su símil de Molina; Arbequina Limarí, bastante picante y amargo, versus Arbequina Molina con ambas notas muy bajas; mientras que la variedad Arbosana picante medio y muy amargo en Limarí, y poco picante y amargo en Molina. Esto se puede observar también en el estudio realizado por Romero y cols., (2014), cuyas muestras fueron extraídas de la zona de Huasco ( $28^{\circ}34'45''\text{S}$   $70^{\circ}47'52''\text{O}$ ), cercana a Limarí, y cuyos perfiles sensoriales mostraron que Arbequina y Koroneiki fueron más picantes y amargas que Arbosana; además, la caracterización sensorial que realizó Uceda y cols., (2010) a la variedad Arbequina cultivada en la ciudad de Lleida, España ( $41^{\circ}37'00''\text{N}$   $0^{\circ}38'00''\text{E}$ ), también guarda relación con los resultados obtenidos para Arbequina Molina ( $35^{\circ}7'02''\text{S}$ ) en el presente estudio, demostrando también que a mayor latitud la composición de fenoles es inferior.

## 6. CONCLUSIONES

---

Los parámetros de calidad de todas las muestras analizadas se encuentran todos dentro de la Norma COI, por lo que todos los aceites estudiados clasifican en la categoría de aceite de oliva virgen extra.

Dentro de las prácticas agronómicas estudiadas, el riego habría afectado positivamente la concentración de volátiles en Molina, sin embargo, también habría provocado una menor concentración de fenoles en los aceites extraídos en dicha zona. Por otra parte, la maduración de los frutos influyó la concentración de volátiles, sin embargo no destacó una tendencia, sino que su distribución en forma de campana identificó que los estados centrales (E3, E4, E5 dependiendo de cada variedad) reunieron la mayor concentración; en cuanto a fenoles, se observó una proporción inversa entre ambos. Las prácticas agronómicas no afectaron significativamente los parámetros de calidad, sin embargo, la helada que afectó los cultivos en Molina sí evidenció un deterioro en los aceites de la fecha analizados.

En cuanto a la variedad, Koroneiki, Arbequina y Arbosana tuvieron perfiles aromáticos característicos. Si bien las tres presentaron gran cantidad de los aldehídos hexanal y E-2-hexenal; y el alcohol hexanol, por sobre los demás compuestos identificados, Arbequina fue la que evidenció mayor intensidad de estos en su composición, llegando a doblar e incluso triplicar en algunos casos tanto a Koroneiki como a Arbosana. En el caso de los fenoles, Arbequina y Koroneiki concentraron la mayor cantidad de fenoles totales, mientras que la concentración de compuestos secoiridoides fue similar en las tres variedades. La calidad de los aceites no se vio comprometida con las distintas variedades estudiadas, sin embargo, durante las heladas, Arbequina mostró ser más resistente.

Para el estudio de la influencia de la latitud, los resultados indicaron que las muestras provenientes de Molina serían más aromáticas, con una mayor

concentración de compuestos volátiles, principalmente hexanal, *trans*-2-hexenal y hexanol (Verde, frutado, hoja, hierba, banana, aromático); caso contrario lo que ocurrió con los compuestos fenólicos, cuyas concentraciones fueron superiores en Limarí. Los parámetros de calidad no se vieron influenciados por la latitud, sin embargo, se podría considerar que Molina, al ubicarse a mayor latitud (sur), es más propensa a sufrir heladas y, como ya se mencionó, afectar la calidad del aceite.

Como conclusión general, el *flavor* del aceite de oliva virgen extra está fuertemente ligado a la variedad de la oliva, así como también al lugar geográfico en que se cultiva y al período en que se cosecha, como también las prácticas agronómicas que se llevan a cabo para obtener el principal ingrediente de la dieta mediterránea, el Aceite de Oliva.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

---

- ALLALOUT, A., Krichène, D., Methenni, K., Taamalli, A., Oueslati, I., Daoud, D., Zarrouk, M. (2009) Characterization of virgin olive oil from Super Intensive Spanish and Greek varieties grown in northern Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 120, 77-83.
- ANGEROSA, F. (2003) Calidad Sensorial de los Aceites de Oliva. En *Manual del Aceite de Oliva*; Editores Aparicio, R. y Harwood J., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp 351-352.
- ANGEROSA, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposito, S., Montedoro, G. (2004) Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *Journal of Chromatography A*, 1054, 17-31.
- AOCS. Método de análisis para determinación de índice de acidez en aceites vegetales, method Cd 3d-63, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemistry Society*, 3th Edition, 1993.
- AOCS. Índice de Peróxidos, método Cd 8b-90, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemistry Society*, 3th Edition, 1993.
- AOCS. Determinación de Color, método Cc 13e-92, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemistry Society*, 3th Edition, 1993.
- APARICIO, R. (2003) Caracterización del Aceite de Oliva: Procedimientos matemáticos aplicables al análisis químico. En *Manual del Aceite de Oliva*; Editores Aparicio, R. y Harwood J., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp 306-310.
- BAKHOUCHE, A., Lozano-Sánchez, J., Beltrán-Debón, R., Joven, J., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A. (2013) Phenolic characterization and geographical classification of commercial Arbequina extra-virgin olive

- oils produced in southern Catalonia. *Food Research International*, 50, 401–408.
- BALLUS, C., Quirantes-Piné, R., Bakhouché, A., De Oliveira, L., De Oliveira, A., Fick, E., Da Croce, D., Segura-Carretero, A., Teixeira, H. (2015) Profile of phenolic compounds of Brazilian virgin olive oils by rapid resolution liquid chromatography coupled to electrospray ionisation time-of-flight mass spectrometry (RRLC–ESI-TOF-MS). *Food Chemistry*, 170, 366-377.
- BACCOURI, O., Guerfel, M., Baccouri, B., Cerretani, L., Bendini, A., Lercher, G., Zarrouk, M., Ben Miled, D. (2008) Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. *Food Chemistry*, 109, 743-754.
- BENAVIDES, N. (2010) Caracterización de frutos y aceites de oliva de diferentes épocas y zonas de olivar. Memoria de Máster Oficial en Olivar. Jaén, Universidad de Jaén. 91p.
- CARUSO, G., Gucci, R., Urbani, S., Esposito, S., Taticchi, A., Di Maio, I., Selvaggini, R., Servili, M. (2014) Effect of different irrigation volumes during fruit development on quality of virgin olive oil of cv. Frantoio. *Agricultural Water Management* 134: 94-103.
- CECCHI, L., Migliorini, M., Cherubini, C., Giustu, M., Zanoni, B., Innocenti, M., Mulinacci, N. (2013) Phenolic profiles, oil amount and sugar content during olive ripening of three typical Tuscan cultivars to detect the best harvesting time for oil production. *Food Research International*, 54, 1876-1884.
- CHILEOLIVA, La oliva en Chile [en línea] <[http://www.chileoliva.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=64%3AAla-oliva-en-chile&catid=39%3Ageneralchile&Itemid=70&lang=es](http://www.chileoliva.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=64%3AAla-oliva-en-chile&catid=39%3Ageneralchile&Itemid=70&lang=es)> [Consulta: 11 de Junio 2013]

- CHILEOLIVA, Variedades [en línea] <[http://www.chileoliva.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=66&Itemid=72&lang=es](http://www.chileoliva.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=72&lang=es)> [Consulta: 11 de Junio 2013]
- COI. Método de análisis prueba espectrofotométrica en el ultravioleta. Norma COI/T.20/Doc. nº 19, 2001.
- COI. Norma comercial aplicable a los aceites de oliva y los aceites de orujo de oliva. Norma COI/T.15/NCn°3/Rev. 4 noviembre de 2009.
- CONDE, C., Delrot, S., Gero's, H. (2008) Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. *Journal of Plant Physiology*, 165, 1545—1562.
- DAG, A., Kerem, Z., Yogev, N., Zipori, I., Lavee, S., Ben-David, E. (2011) Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 127, 358-366.
- DAG~DENLE, A., Tümen, G., Musa Özcan, M., Dündar, E. (2013) Phenolics profile of olive fruits (*Olea Europea* L.) and oils from Ayvalik, Domat and Gemlik varieties at different ripening stages. *Food Chemistry*, 136, 41-45.
- ESCOBAR, P. (2010) Validación y desarrollo de una metodología analítica para la determinación de fenoles totales en aceites de oliva mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Memoria de Ingeniero en Alimentos. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.
- ESCOBAR, S. (2012) Estudio de tres variedades de aceite de oliva virgen extra en dos estados de maduración. Memoria de Ingeniero en Alimentos. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.
- FLAVORNET. Flavornet and human odor space [en línea] <<http://www.flavornet.org/flavornet.html>> [Consulta: 24 de octubre 2014]

- GARCÍA-GONZÁLEZ D.L., Romero N. and Aparicio R. (2010) Comparative Study of Virgin Olive Oil Quality from Single Varieties Cultivated in Chile and Spain. *J. Agric. Food Chem.*, 58 (24), 12899–12905.
- GOMEZ-RICO, A, Desamparados, S., La Greca, M., Fregapane, G. (2006) Phenolic and Volatile Compounds of Extra Virgin Olive Oil (*Olea europaea* L. Cv. Cornicabra) with Regard to Fruit Ripening and Irrigation Management. *J Agric Food Chem* 54: 7130-7136.
- GÓMEZ-RICO, A., Fregapane, G., Salvador, D. (2008) Effect of cultivar and ripening on minor components in Spanish olive fruits and their corresponding virgin olive oils. *Food Research International*, 41, 433–440.
- GÓMEZ-RICO, A., Salvador, D., Fregapane, G. (2009) Virgin olive oil and olive fruit minor constituents as affected by irrigation management based on SWP and TDF as compared to ETc in medium-density young olive orchards (*Olea europaea* L. cv. Cornicabra and Morisca). *Food Research International*, 42, 1067-1076.
- GOOGLE, Maps. (2014) Zonas geográficas de cultivo de olivos [en línea] <<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=zWAAQ2qFT5-Q.k3FT54lhadmQ>> [Consulta: 16 de Octubre 2014]
- INGLESE, P., Famiani, F., Galvano, F., Servili, M., Esposito, S., Urbani, S. (2010) Factors affecting extra-virgin olive oil composition, in *Horticultural Reviews*, Vol. 38, ed. by Janick J. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, pp. 83-147.
- ISSAOUI, M., Flamini, G., Brahmi, F., Dabbou, S., Ben Hassine, K., Taamali, A., Chehab, H., Ellouz, M., Zarrouk, M., Hammami, M. (2010) Effect of the growing area conditions on differentiation between Chemlali and Chétoui olive oils. *Food Chemistry*, 119, 220-225.
- JAMETT, F., Benavides, A., Troncoso, H., Astorga, M. (2007) Caracterización de aceites de oliva en zonas de la región de Coquimbo. Instituto de

- Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N°161, 68p.
- KALUA, C., Allen, M., Bedhood Jr., D., Bishop, A., Prenzler, P., Robards, K. (2007) Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: a critical review. *Food Chemistry*, 100, 273-286.
- KANDYLIS, P., Vekiari, A.S., Kanellaki, M., Grati Kamoun, N., Msallem, M., Kourkoutas, Y. (2011) Comparative study of extra virgin olive oil *flavor* profile of Koroneiki variety (*Olea europaea* var. *Microcarpa alba*) cultivated in Greece and Tunisia during one period of harvesting. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1333-1341.
- LABORATORIO J. A. TELLO, Conoce más sobre el aceite [en línea] <<http://www.jatello.com/laboratorio-de-analisis/analisis-aceites/44-conoce-mas-sobre-el-aceite>> [Consulta: 23 de octubre 2014]
- LÓPEZ-MIRANDA, J., Pérez-Jiménez, F., Ros, E., De Caterina, R., Badimón, L., y cols. (2010) Olive oil and health: Summary of the II international conference on olive oil and health consensus report, Jaén and Córdoba (Spain) 2008. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 20, 284-294.
- LOZANO, J. (2012) Aceite de Oliva como Alimento Funcional: Nuevas Perspectivas Analíticas y Tecnológicas. Tesis Doctoral para optar al grado de Doctor Internacional por la Universidad de Granada. Granada, Universidad de Grana, Facultad de Ciencias.
- LOZANO, J., Segura, A., Fernández, A. (2010) Composición del aceite de oliva. En: *El aceite de oliva virgen: tesoro de Andalucía*. Editorial Fundación Unicaja, Málaga, España, pp 193-220.
- LUCHETTI, F. (2003) Introducción al Estudio del Aceite de Oliva. En *Manual del Aceite de Oliva*; Editores Aparicio, R. y Harwood J., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp 19-20.

- MATEOS R., Espartero J., Trujillo M., Rios J., Leon-Camacho, M., Alcudia, F., Cert, A. (2001) Determination of phenols, flavones, and lignans in virgin olive oils by solid phase extraction and high performance liquid chromatography with diode array ultraviolet detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2185-2192.
- MORALES, M., Tsimidou, M. (2003) El papel de los compuestos volátiles y los fenoles en la calidad sensorial del aceite de oliva. En *Manual del Aceite de Oliva*; Editores Aparicio, R. y Harwood J., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp 381-428.
- MORELLÓ, J., Motilva, M., Ramo, T., Romero, M. (2003) Effect of freeze injuries in olive fruit of virgin olive oil composition. *Food Chemistry*, 81, 547-553.
- MORELLÓ, J., Romero, M., Ramo, T., Motilva, M. (2005) Evaluation of L-phenylalanine ammonia-lyase activity and phenolic profile in olive drupe from fruit setting period to harvesting time. *Plant Science*, 168, 65-72.
- OUNI, Y., Flamini, G., Issaoui, M., Nabil, B., Cioni, P., Hammami, M., Douja, D., Zarrouk, M. (2011) Volatile compounds and compositional quality of virgin olive oil from Oueslati variety: Influence of geographical origin. *Food Chemistry*, 124, 1770–1776.
- ROMERO, C., García, A., Brenes, M., García, P., Garrido, A. (2003) Contenido polifenólico del aceite de oliva. En *Foro de la Salud y el Aceite de Oliva; XI Simposium Científico-Técnico Jaén*. Instituto de la Grasa, Sevilla, España, SAL-06.
- ROMERO, M., Tovar, M., Girona, J., Motilva, J. (2002) Changes in the HPLC phenolic profile of virgin olive oil from young trees (*Olea europaea* L. Cv. Arbequina) grown under different deficit irrigation strategies. *Journal of Food Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5349-5354.
- ROMERO, N., Tapia, F., Saavedra, J., Araniti, V., Bauzá, M. (2014) Levantamiento y procesamiento de información de variedades de olivo

con potencial económico para el mejoramiento de la oferta exportable de la industria olivícola nacional. Proyecto Inova CORFO 11BPC-10039, Santiago, Chile, 60p.

- SÁNCHEZ DE MEDINA, V., Priego-Capote, F., Luque de Castro, M. (2015) Characterization of monovarietal virgin olive oils by phenols profile. *Talanta*, 132, 424-432.
- SANCHEZ, J., Salas, J. (2003) Biogénesis del aroma del aceite de oliva. En *Manual del Aceite de Oliva*; Editores Aparicio, R. y Harwood J. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp 89-92.
- SCHMIDT, H., Avendaño, S., Pennacchiotti, I., Masson, L., Wittig de Penna, E. (2001) Análisis de grasas y aceites [en línea] <[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmaceuticas/schmidth/aenergeticos2/grasos/04.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/schmidth/aenergeticos2/grasos/04.html)> [Consulta: 22 de Octubre 2014]
- SERVILI, M., Sordini, B., Esposito, S., Urbani, S., Veneziani, G., Di Maio, I., Selvaggini, R., Taticchi, A. (2014) Biological activities of phenolics compounds of extra virgin olive oil. *Antioxidants*, 3, 1-23.
- TAPIA, F., Astorga, M., Ibacache, A., Martínez, L., Sierra, C., Quiroz, C., Larraín, P., Riveros, F. (2003) *Manual del cultivo del olivo*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N°101, 128p.
- TAPIA, F., Selles, G., Fichet, T. (2012) Following Olive Footprints in Chile. En *Following Olive Footprints (Olea Europea L.)*; Editor El-Kholy, M. Ediciones AARINENA, ISHS, IOC, Córdoba, España, pp 73-74.
- TRONCOSO, H., Jamett, F., Benavides, A., Astorga, M. (2006) Caracterización de aceites de oliva en zonas de la región de Coquimbo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N°153, 30p.

- TURA, D., Gigliotti, C., Pedò, S., Failla, O., Bassi, D., Serraiocco, A. (2007) Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic and hydrophilic antioxidants in virgin olive oil (*Olea Europea* L.) and correlations with oxidative stability. *Scientia Horticulturae*, 112, 108,119.
- UCEDA, M., Aguilera, M., Jiménez, A., Beltrán, G. (2010) Variedades de olivo y aceituna. Tipos de aceites. En: *El aceite de oliva virgen: tesoro de Andalucía*. Editorial Fundación Unicaja, Málaga, España, pp 119-120.
- VARZAKAS, T., Zakyntinos, G., Arapoglou, D. (2010) Fruit ripening in relationship to oil quality and some quality characteristics of the Greek olive cultivar Koroneiki. *Journal of Food Science*, 22, 1-8.

## 8. ANEXOS

### ANEXO 1. Principales compuestos fenólicos encontrados en aceite de oliva.

Tabla 18. Estructuras de los principales compuestos fenólicos presentes en el aceite de oliva.

<b>ALCOHOLES FENÓLICOS</b>	R1	R2	
Hidroxitirosol	OH	H	
Tirosol	H	H	
Hidroxitirosol Acetato	OH	COCH <sub>3</sub>	
<b>FLAVONOIDES</b>	R1		
Luteolina	OH		
Apigenina	H		
<b>SECOIRIDOIDES</b>	R1		
Oleuropeína	OH		
Ligustrósido	H		
<b>ÁCIDOS BENZOICOS</b>	R1	R2	
<i>p</i> -hidroxibenzoico	H	H	
Protocatéquico	OH	H	
Vanílico	OCH <sub>3</sub>	H	
Siríngico	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	
Gálico	OH	OH	
<b>ÁCIDOS CINÁMICOS</b>	R1	R2	
<i>p</i> -cumárico	H	H	
Cafeico	OH	H	
Ferúlico	OCH <sub>3</sub>	H	
Sinápico	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	
<b>LIGNANOS</b>	R1		
Pinoresinol	H		
1-Acetoxipinoresinol	COOCH <sub>3</sub>		

Fuente: Lozano, 2012.

**ANEXO 2.** Resultados de ANOVA para identificar diferencias significativas entre variedades, en compuestos volátiles.

**Tabla 19.** Compuestos volátiles sobre el umbral de olor, en Limarí

COMPUESTO	VARIEDAD	E2	E3	E4	E5	E6	E7
<b>2-metil butanal</b>	KORONEIKI	100,95±9,84 <sup>A</sup>	56,37±25,51 <sup>A</sup>	50,56±13,97 <sup>A</sup>	140,15±65,07 <sup>B</sup>	138,13±31,48 <sup>A</sup>	94,57±27,30 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	157,85±17,62 <sup>A</sup>	189,05±46,98 <sup>B</sup>	346,96±72,49 <sup>B</sup>	266,93±7,65 <sup>C</sup>	141,53±8,81 <sup>A</sup>	164,50±16,76 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	133,52±33,89 <sup>A</sup>	124,09±11,37 <sup>B</sup>	110,21±19,59 <sup>A</sup>	58,82±6,66 <sup>A</sup>	127,43±3,28 <sup>A</sup>	
<b>3-metil butanal</b>	KORONEIKI	79,27±6,63 <sup>A</sup>	50,78±28,37 <sup>A</sup>	35,58±11,15 <sup>A</sup>	112,99±50,91 <sup>B</sup>	123,62±33,79 <sup>A</sup>	67,59±19,87 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	109,23±12,51 <sup>A</sup>	135,31±46,35 <sup>B</sup>	270,74±45,46 <sup>B</sup>	257,79±8,00 <sup>C</sup>	96,92±6,98 <sup>A</sup>	129,38±13,92 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	94,91±26,34 <sup>A</sup>	70,70±2,64 <sup>A</sup>	69,80±15,63 <sup>A</sup>	38,63±5,24 <sup>A</sup>	102,37±4,93 <sup>A</sup>	
<b>Pentanal</b>	KORONEIKI	236,55±38,67 <sup>A</sup>	245,22±15,56 <sup>A</sup>	385,90±36,50 <sup>A</sup>	414,63±37,33 <sup>A</sup>	497,94±11,92 <sup>A</sup>	449,32±71,5 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	373,60±28,22 <sup>A</sup>	550,13±86,62 <sup>B</sup>	431,44±45,38 <sup>A</sup>	497,51±8,51 <sup>A</sup>	439,34±63,86 <sup>A</sup>	458,08±35,44 <sup>A</sup>
	ARBOSANA	297,66±40,69 <sup>A</sup>	510,85±52,55 <sup>B</sup>	639,35±279,08 <sup>B</sup>	571,92±9,87 <sup>A</sup>	544,77±96,17 <sup>A</sup>	
<b>1-penten-3-ona</b>	KORONEIKI	82,96±3,99 <sup>A</sup>	94,07±7,60 <sup>A</sup>	115,29±9,49 <sup>A</sup>	142,19±14 <sup>B</sup>	58,79±8,96 <sup>A</sup>	78,07±15,82 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	139,73±14,42 <sup>B</sup>	163,90±12,47 <sup>B</sup>	151,51±22,10 <sup>B</sup>	70,16±2,76 <sup>A</sup>	111,25±4,75 <sup>B</sup>	75,46±7,02 <sup>A</sup>
	ARBOSANA	129,46±9,86 <sup>B</sup>	156,16±18,63 <sup>B</sup>	140,07±5,41 <sup>AB</sup>	130,75±11,86 <sup>B</sup>	144,82±18,43 <sup>C</sup>	
<b>Hexanal</b>	KORONEIKI	1230,67±56,83 <sup>B</sup>	943,79±79,33 <sup>A</sup>	1537,41±244,21 <sup>A</sup>	1537,24±381,68 <sup>A</sup>	2017,99±141,54 <sup>A</sup>	2170,06±241,87 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	2763,61±370,53 <sup>A</sup>	4235,46±759,23 <sup>B</sup>	3604,19±808,35 <sup>B</sup>	3578,07±145,30 <sup>B</sup>	3771,24±181,14 <sup>B</sup>	4701,36±123,54 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	2975,54±607,19 <sup>A</sup>	1586,72±339,78 <sup>A</sup>	3063,24±453,30 <sup>B</sup>	3466,34±127,96 <sup>B</sup>	3725,28±187,44 <sup>B</sup>	
<b>Z-3-hexenal</b>	KORONEIKI	0,00±0,00 <sup>A</sup>	0,00±0,00 <sup>A</sup>	0,00±0,00 <sup>A</sup>	8,01±1,64 <sup>A</sup>	6,45±0,71 <sup>A</sup>	6,19±0,96 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	4,70±1,02 <sup>B</sup>	9,25±2,56 <sup>C</sup>	5,76±1,04 <sup>B</sup>	7,08±0,88 <sup>A</sup>	6,22±1,39 <sup>A</sup>	5,41±0,98 <sup>A</sup>
	ARBOSANA	8,00±1,09 <sup>C</sup>	6,52±1,48 <sup>B</sup>	5,33±0,88 <sup>B</sup>	7,46±1,03 <sup>A</sup>	4,87±0,70 <sup>A</sup>	
<b>2-metil-1-butanol</b>	KORONEIKI	11,46±0,90 <sup>A</sup>	8,67±0,70 <sup>A</sup>	20,60±6,25 <sup>A</sup>	34,97±13,06 <sup>A</sup>	37,53±5,23 <sup>A</sup>	38,44±3,76 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	55,66±10,55 <sup>B</sup>	100,59±23,19 <sup>B</sup>	92,80±27,93 <sup>C</sup>	81,49±2,63 <sup>C</sup>	77,41±3,88 <sup>C</sup>	111,75±4,21 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	43,36±7,63 <sup>B</sup>	28,86±5,16 <sup>C</sup>	41,93±8,70 <sup>B</sup>	52,92±3,72 <sup>B</sup>	59,19±2,60 <sup>B</sup>	
<b>E-2-hexenal</b>	KORONEIKI	144,43±44,44 <sup>A</sup>	60,49±15,67 <sup>A</sup>	267,15±87,14 <sup>A</sup>	1729,74±1571,92 <sup>A</sup>	2332,74±331,10 <sup>A</sup>	2237,03±653,40 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	2866,69±967,05 <sup>B</sup>	8741,58±2597,80 <sup>B</sup>	7579,16±2677,84 <sup>C</sup>	6746,05±193,41 <sup>C</sup>	6788,62±240,67 <sup>C</sup>	7892,92±216,31 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	3308,37±898,52 <sup>B</sup>	626,05±119,38 <sup>A</sup>	2990,51±526,72 <sup>B</sup>	3407,78±314,89 <sup>B</sup>	4694,49±283,25 <sup>B</sup>	
<b>E-2-heptenal</b>	KORONEIKI	15,80±0,75 <sup>A</sup>	18,95±2,30 <sup>A</sup>	39,66±5,23 <sup>A</sup>	65,63±13,61 <sup>B</sup>	51,24±5,46 <sup>A</sup>	55,06±5,44 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	88,62±9,39 <sup>C</sup>	96,91±17,72 <sup>C</sup>	72,41±10,95 <sup>B</sup>	55,93±1,10 <sup>AB</sup>	55,79±5,44 <sup>A</sup>	52,35±1,05 <sup>A</sup>
	ARBOSANA	56,17±7,87 <sup>B</sup>	52,91±9,40 <sup>B</sup>	47,18±5,32 <sup>A</sup>	40,26±2,15 <sup>A</sup>	38,58±2,63 <sup>B</sup>	
<b>Hexanol</b>	KORONEIKI	532,81±48,53 <sup>A</sup>	589,32±318,69 <sup>A</sup>	527,49±203,17 <sup>A</sup>	588,35±187,64 <sup>A</sup>	769,99±38,98 <sup>A</sup>	990,13±273,80 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	958,24±176,27 <sup>B</sup>	1537,39±236,02 <sup>B</sup>	1384,14±216,61 <sup>B</sup>	1280,62±60,56 <sup>B</sup>	1174,98±57,87 <sup>B</sup>	1738,71±138,73 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	1144,04±156,31 <sup>B</sup>	531,04±78,20 <sup>A</sup>	1719,74±346,17 <sup>C</sup>	1554,71±91,93 <sup>B</sup>	1441,81±54,90 <sup>B</sup>	
<b>E-2-octenal</b>	KORONEIKI	0,00±0,00 <sup>A</sup>	0,00±0,00 <sup>A</sup>	0,00±0,00 <sup>A</sup>	2,92±1,23 <sup>A</sup>	2,14±1,11 <sup>A</sup>	5,74±1,52 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	3,06±0,49 <sup>B</sup>	2,54±0,47 <sup>B</sup>	3,51±0,52 <sup>B</sup>	2,79±0,34 <sup>A</sup>	2,25±0,60 <sup>A</sup>	4,75±0,64 <sup>A</sup>
	ARBOSANA	1,90±1,52 <sup>B</sup>	2,19±0,77 <sup>B</sup>	4,24±1,28 <sup>B</sup>	5,32±1,19 <sup>B</sup>	3,43±1,22 <sup>A</sup>	

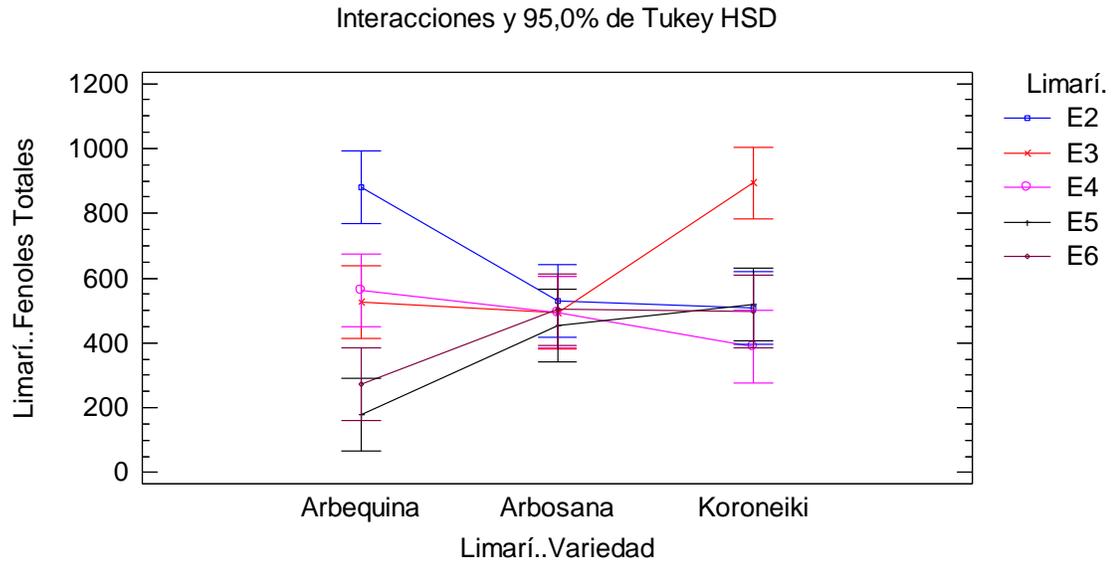
\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas (p<0,05) entre variedades para un mismo compuesto.

**Tabla 20.** Compuestos volátiles sobre el umbral de olor, en Molina.

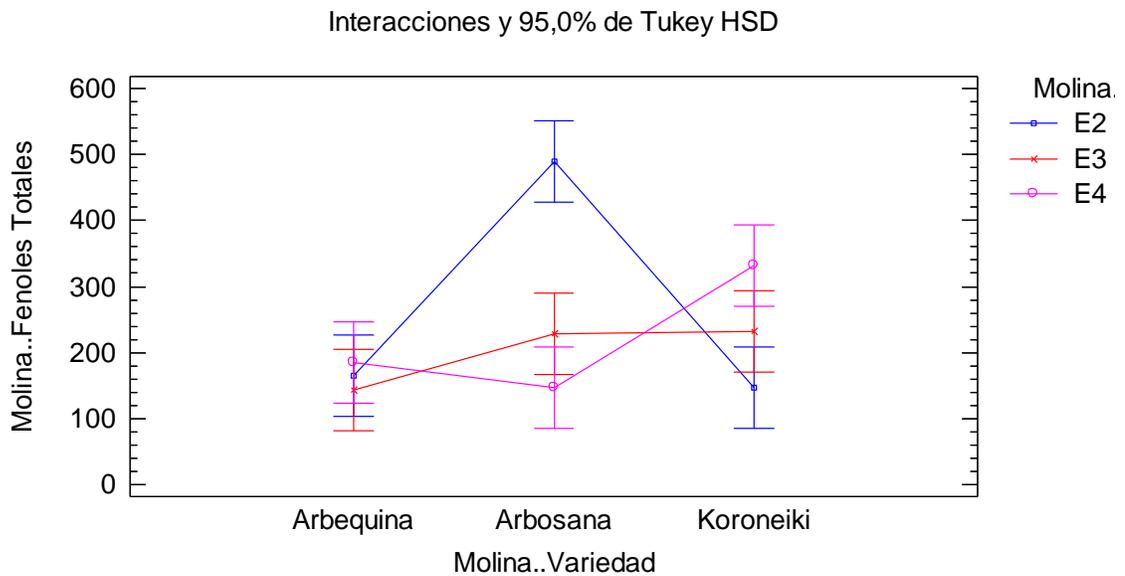
COMPUESTO	VARIEDAD	E2	E3	E4	E5
<b>2-metilbutanal</b>	KORONEIKI	88,99±31,68 <sup>A</sup>	130,41±22,48 <sup>A</sup>	107,45±7,21 <sup>A</sup>	30,11±5,97 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	123,77±22,75 <sup>A</sup>	491,95±88,36 <sup>B</sup>	241,49±11,28 <sup>B</sup>	102,93±2,25 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	100,65±42,07 <sup>A</sup>	131,02±32,12 <sup>A</sup>	140,88±25,16 <sup>A</sup>	
<b>3-metilbutanal</b>	KORONEIKI	70,92±21,63 <sup>A</sup>	102,49±17,46 <sup>A</sup>	79,54±6,07 <sup>A</sup>	17,69±2,75 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	88,17±23,02 <sup>A</sup>	419,85±73,56 <sup>B</sup>	246,56±11,12 <sup>B</sup>	54,35±3,15 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	64,67±24,22 <sup>A</sup>	66,37±17,29 <sup>A</sup>	57,77±7,73 <sup>A</sup>	
<b>Pentanal</b>	KORONEIKI	220,89±63,23 <sup>A</sup>	320,46±44,65 <sup>A</sup>	321,71±30,81 <sup>A</sup>	207,67±15,15 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	787,15±458,97 <sup>B</sup>	1306,16±706,07 <sup>B</sup>	496,40±20,16 <sup>A</sup>	463,71±37,79 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	537,46±206,78 <sup>AB</sup>	317,56±53,01 <sup>A</sup>	287,11±51,66 <sup>A</sup>	
<b>1-penten-3-ona</b>	KORONEIKI	100,21±2,10 <sup>A</sup>	170,65±13,40 <sup>B</sup>	139,56±36,84 <sup>B</sup>	54,80±7,26 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	97,77±8,07 <sup>A</sup>	165,70±20,97 <sup>B</sup>	130,85±2,19 <sup>B</sup>	108,01±8,69 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	138,39±17,110 <sup>B</sup>	92,45±10,33 <sup>A</sup>	56,49±13,13 <sup>A</sup>	
<b>Hexanal</b>	KORONEIKI	2108,84±458,38 <sup>A</sup>	3092,14±274,82 <sup>A</sup>	3106,02±742,62 <sup>A</sup>	3147,79±175,87 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	3370,57±809,00 <sup>B</sup>	5755,75±344,95 <sup>B</sup>	6612,89±317,60 <sup>C</sup>	6343,30±180,98 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	4269,90±182,23 <sup>C</sup>	3777,46±134,16 <sup>A</sup>	4426,37±299,87 <sup>B</sup>	
<b>Z-3-hexenal</b>	KORONEIKI	8,30±1,24 <sup>A</sup>	14,68±9,25 <sup>B</sup>	9,28±2,35 <sup>A</sup>	11,68±1,13 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	6,26±1,11 <sup>A</sup>	8,30±1,19 <sup>A</sup>	7,94±1,31 <sup>A</sup>	10,26±2,55 <sup>A</sup>
	ARBOSANA	7,10±1,31 <sup>A</sup>	6,62±0,77 <sup>A</sup>	6,62±0,77 <sup>A</sup>	
<b>2-metil-1-butanol</b>	KORONEIKI	33,42±9,54 <sup>A</sup>	57,58±14,91 <sup>B</sup>	61,17±8,09 <sup>A</sup>	76,20±2,20 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	44,74±20,63 <sup>A</sup>	129,63±24,05 <sup>C</sup>	153,73±12,10 <sup>B</sup>	132,47±11,35 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	82,13±5,95 <sup>B</sup>	15,84±7,16 <sup>A</sup>	47,12±6,89 <sup>A</sup>	
<b>E-2-hexenal</b>	KORONEIKI	1313,95±939,96 <sup>A</sup>	3081,60±480,98 <sup>A</sup>	3990,43±267,49 <sup>A</sup>	3613,08±189,15 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	3453,80±1569,27 <sup>B</sup>	9302,15±671,46 <sup>B</sup>	11774,13±254,18 <sup>B</sup>	11197,41±953,87 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	4008,96±796,58 <sup>C</sup>	3929,94±574,41 <sup>A</sup>	3929,94±574,41 <sup>A</sup>	
<b>E-2-heptenal</b>	KORONEIKI	43,99±11,68 <sup>AB</sup>	57,89±14,97 <sup>B</sup>	59,84±9,91 <sup>B</sup>	37,18±2,15 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	34,09±15,46 <sup>A</sup>	66,65±5,94 <sup>B</sup>	57,72±2,03 <sup>B</sup>	48,64±4,83 <sup>A</sup>
	ARBOSANA	54,53±7,41 <sup>B</sup>	39,57±8,05 <sup>A</sup>	25,32±2,54 <sup>A</sup>	
<b>Hexanol</b>	KORONEIKI	1013,53±474,17 <sup>A</sup>	1330,23±152,16 <sup>A</sup>	1310,33±316,44 <sup>A</sup>	1620,16±396,25 <sup>A</sup>
	ARBEQUINA	3104,90±687,52 <sup>B</sup>	5020,14±1529,27 <sup>B</sup>	3512,58±210,47 <sup>B</sup>	3311,79±321,45 <sup>B</sup>
	ARBOSANA	2509,89±643,96 <sup>B</sup>	2064,54±280,84 <sup>A</sup>	3302,58±1030,11 <sup>B</sup>	
<b>E-2-octenal</b>	KORONEIKI	5,37±1,95 <sup>A</sup>	5,81±1,69 <sup>A</sup>	7,82±4,91 <sup>A</sup>	19,08±7,36 <sup>B</sup>
	ARBEQUINA	12,31±2,80 <sup>B</sup>	18,13±6,23 <sup>B</sup>	7,79±0,64 <sup>A</sup>	8,93±0,69 <sup>A</sup>
	ARBOSANA	9,94±3,04 <sup>AB</sup>	6,03±1,7 <sup>A</sup>	8,45±3,99 <sup>A</sup>	

\*Letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre variedades para un mismo compuesto.

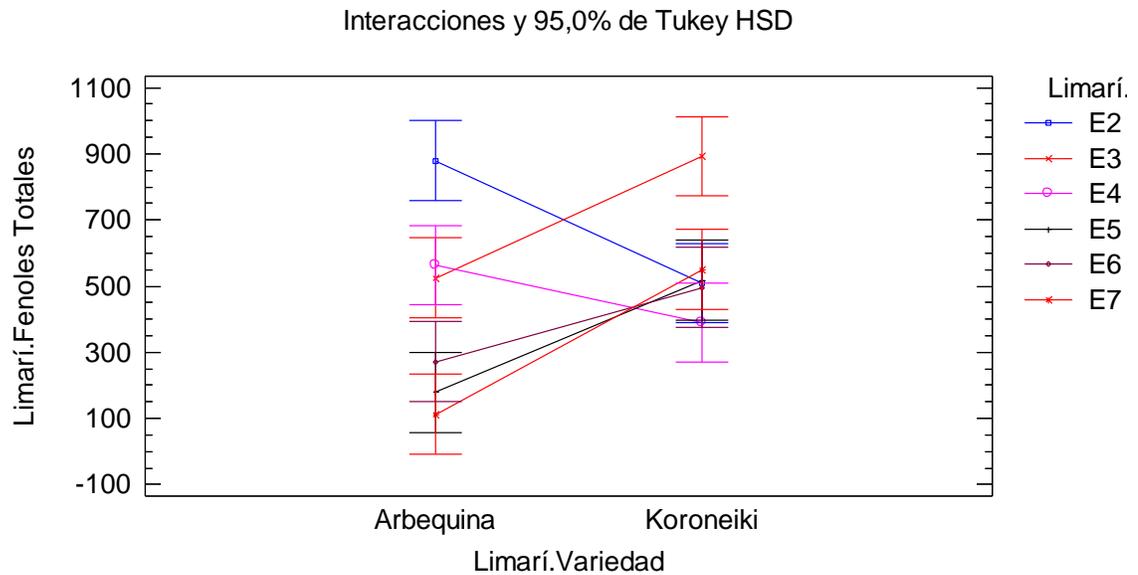
**ANEXO 3.** Resultados de análisis ANOVA para identificar diferencias significativas entre variedades, en contenido de fenoles totales.



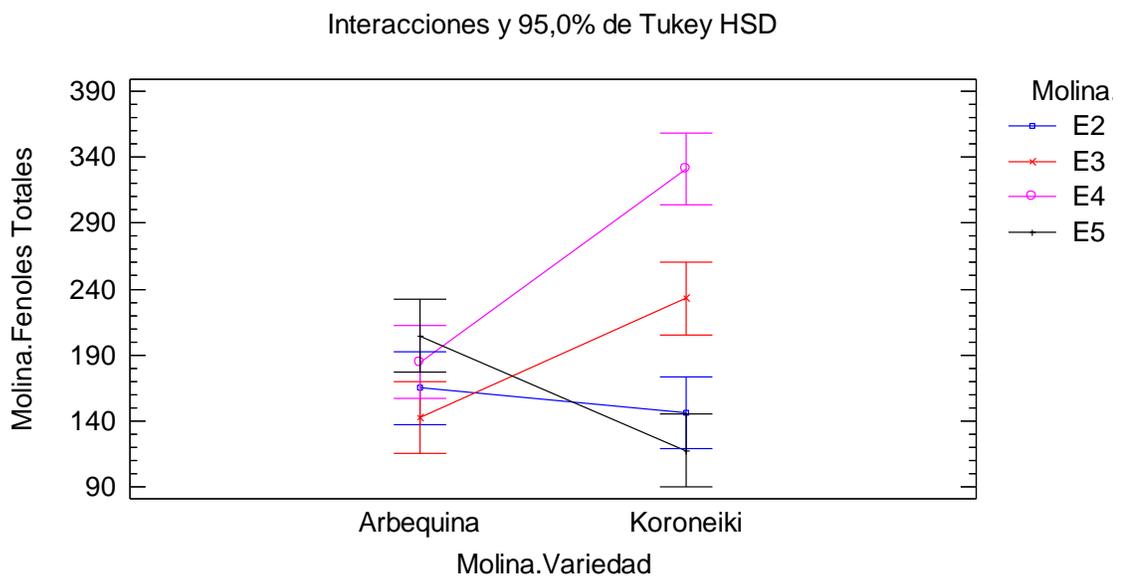
**Figura 9.** Gráfico de interacción para identificar diferencias significativas en muestras de Limari.



**Figura 10.** Gráfico de interacción para identificar diferencias significativas en muestras de Molina.



**Figura 11.** Gráfico de interacción para identificar diferencias significativas en muestras de Limarí, incluyendo E7.



**Figura 12.** Gráfico de interacción para identificar diferencias significativas en muestras de Molina, incluyendo E5.

**ANEXO 4.** Contenido individual y total de compuestos secoiridoides y las representaciones gráficas correspondientes a las variedades Koroneiki, Arbequina y Arbosana.

**Tabla 21.** Concentración (mg/kg) de compuestos Secoiridoides presentes en variedad Koroneiki.

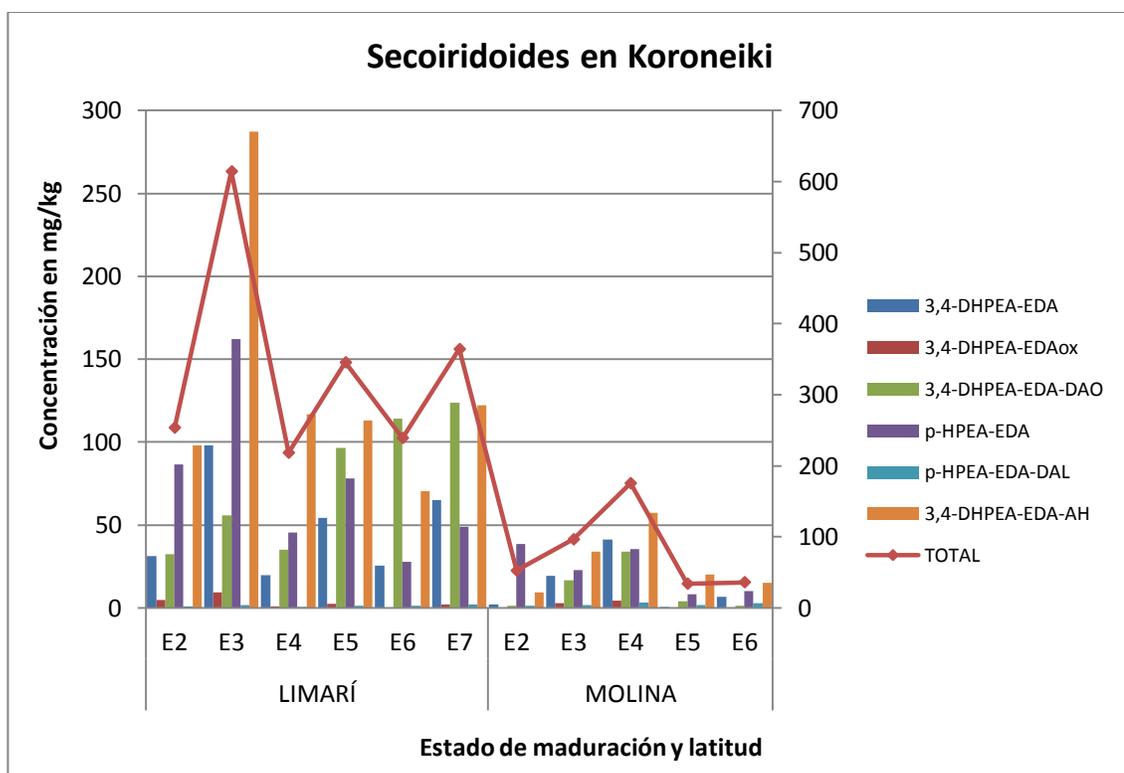
LATITUD	ESTADO DE MADURACIÓN	3,4-DHPEA-EDA	3,4-DHPEA-EDAox	3,4-DHPEA-EDA-DAO	p-HPEA-EDA	p-HPEA-EDA-DAL	3,4-DHPEA-EDA-AH	TOTAL	% FENOLES TOTALES
LIMARÍ	E2	31,15	4,69	32,47	86,65	0,80	97,87	253,62	50%
	E3	98,17	9,43	55,82	162,18	1,60	287,22	614,41	69%
	E4	19,70	0,77	35,15	45,42	0,35	116,89	218,27	56%
	E5	54,10	2,45	96,65	78,12	1,16	113,03	345,50	67%
	E6	25,38	0,00	114,28	27,69	1,25	70,46	239,06	48%
	E7	65,13	2,13	123,87	48,96	1,96	122,14	364,20	66%
	MOLINA	E2	2,19	0,00	1,32	38,45	1,07	9,29	52,32
E3		19,11	2,76	16,45	22,61	1,61	33,89	96,43	41%
E4		41,15	4,32	33,80	35,60	3,08	57,41	175,36	53%
E5		0,45	0,00	3,77	7,97	1,67	20,04	33,90	29%
E6		6,69	0,00	1,41	9,98	2,72	15,17	35,97	23%

**Tabla 22.** Concentración (mg/kg) de compuestos Secoiridoides presentes en variedad Arbequina.

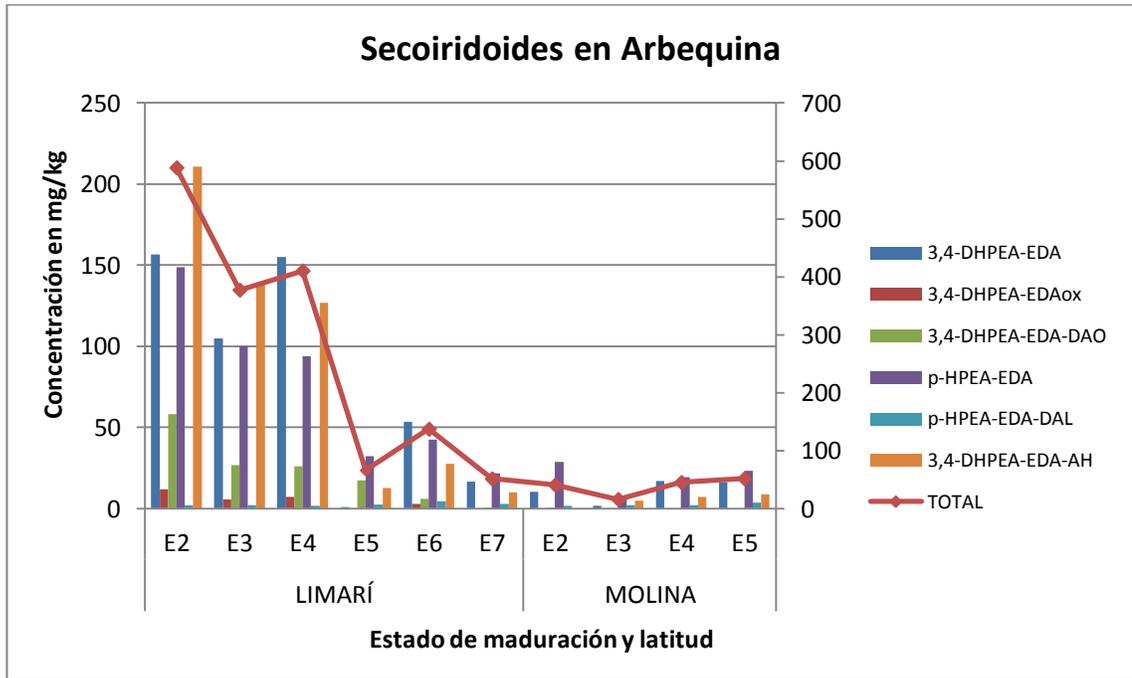
LATITUD	ESTADO DE MADURACIÓN	3,4-DHPEA-EDA	3,4-DHPEA-EDAox	3,4-DHPEA-EDA-DAO	p-HPEA-EDA	p-HPEA-EDA-DAL	3,4-DHPEA-EDA-AH	TOTAL	% FENOLES TOTALES
LIMARÍ	E2	156,78	12,10	58,04	148,85	1,96	210,77	588,49	67%
	E3	104,72	5,75	26,77	100,04	1,95	138,36	377,59	72%
	E4	155,16	7,14	26,11	93,77	1,73	126,71	410,61	73%
	E5	1,15	0,00	17,55	32,51	2,45	12,62	66,27	37%
	E6	53,46	2,98	6,15	42,69	4,50	27,80	137,57	51%
	E7	16,55	0,00	0,63	21,63	2,93	10,11	51,84	46%
	MOLINA	E2	10,31	0,00	0,37	28,83	1,72	0,00	41,23
E3		1,60	0,00	0,00	7,71	2,07	4,93	16,31	11%
E4		16,89	0,00	0,00	19,38	2,22	7,07	45,56	25%
E5		16,20	0,00	0,00	23,44	3,73	8,74	52,11	25%

**Tabla 23.** Concentración (mg/kg) de compuestos Secoiridoides presentes en variedad Arbosana.

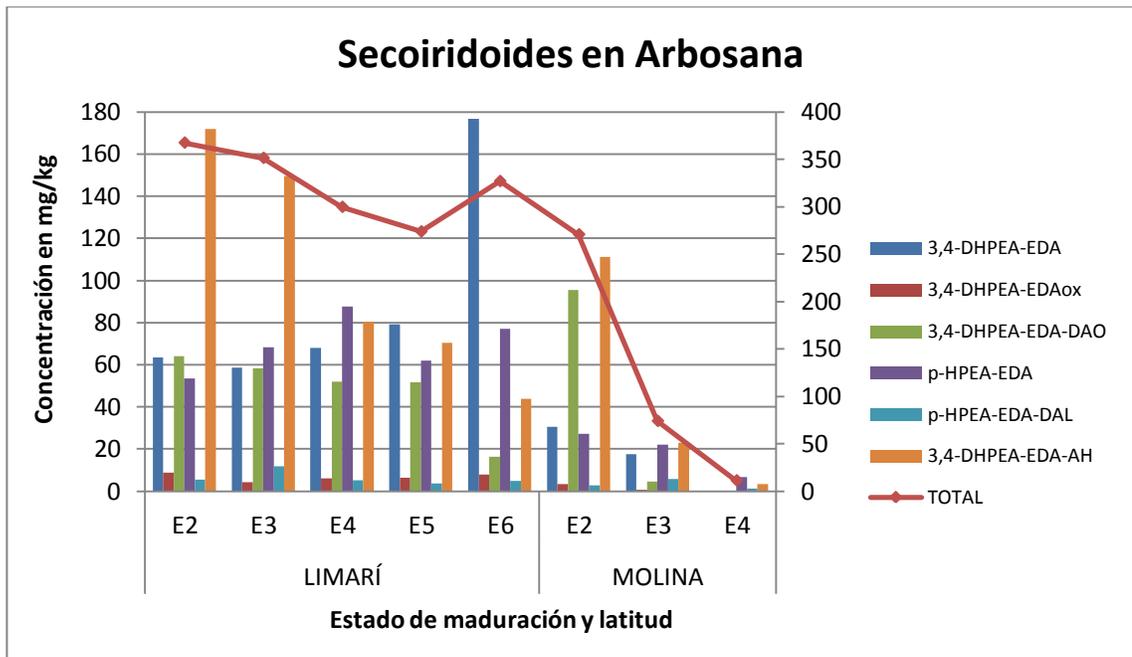
LATITUD	ESTADO DE MADURACIÓN	3,4-DHPEA-EDA	3,4-DHPEA-EDAox	3,4-DHPEA-EDA-DAO	p-HPEA-EDA	p-HPEA-EDA-DAL	3,4-DHPEA-EDA-AH	TOTAL	% FENOLES TOTALES
LIMARÍ	E2	63,61	8,78	64,14	53,44	5,43	171,95	367,34	69%
	E3	58,64	4,38	58,47	68,29	11,81	149,62	351,21	71%
	E4	68,09	6,23	52,02	87,51	5,22	80,49	299,58	61%
	E5	79,20	6,37	51,73	62,06	3,72	70,56	273,65	60%
	E6	176,72	7,89	16,24	77,08	5,00	43,89	326,81	65%
MOLINA	E2	30,49	3,48	95,64	27,11	2,73	111,12	270,57	15%
	E3	17,66	0,72	4,49	22,01	5,90	23,06	73,84	5%
	E4	0,00	0,00	0,00	6,56	1,23	3,36	11,15	0%



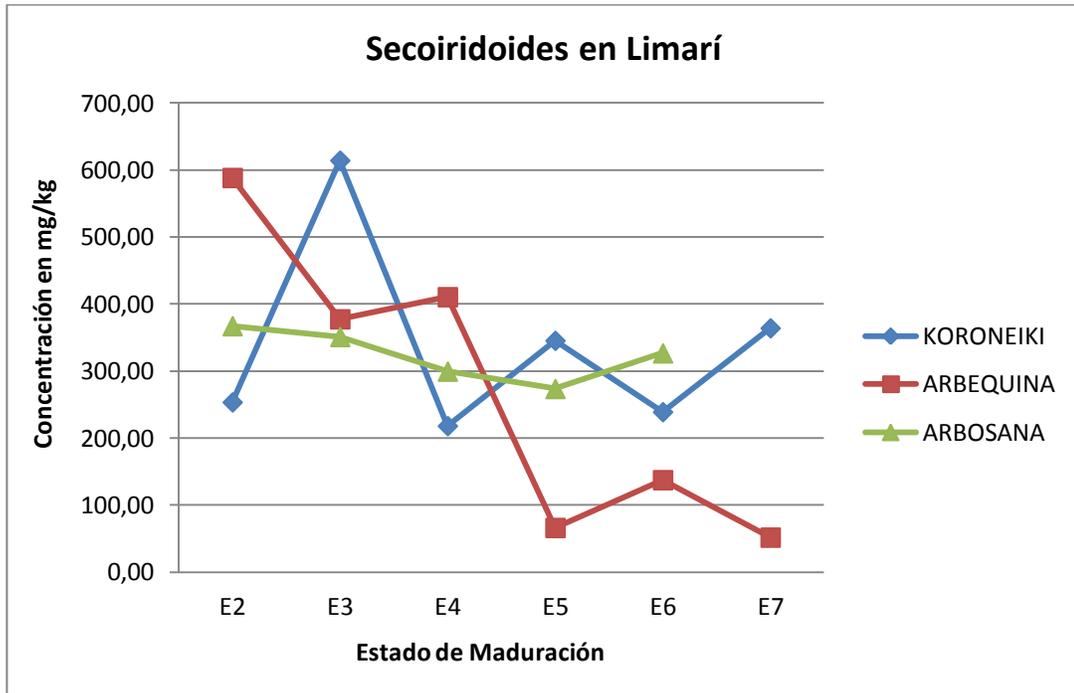
**Figura 13.** Concentración de derivados secoiridoides obtenidos para la variedad Koroneiki.



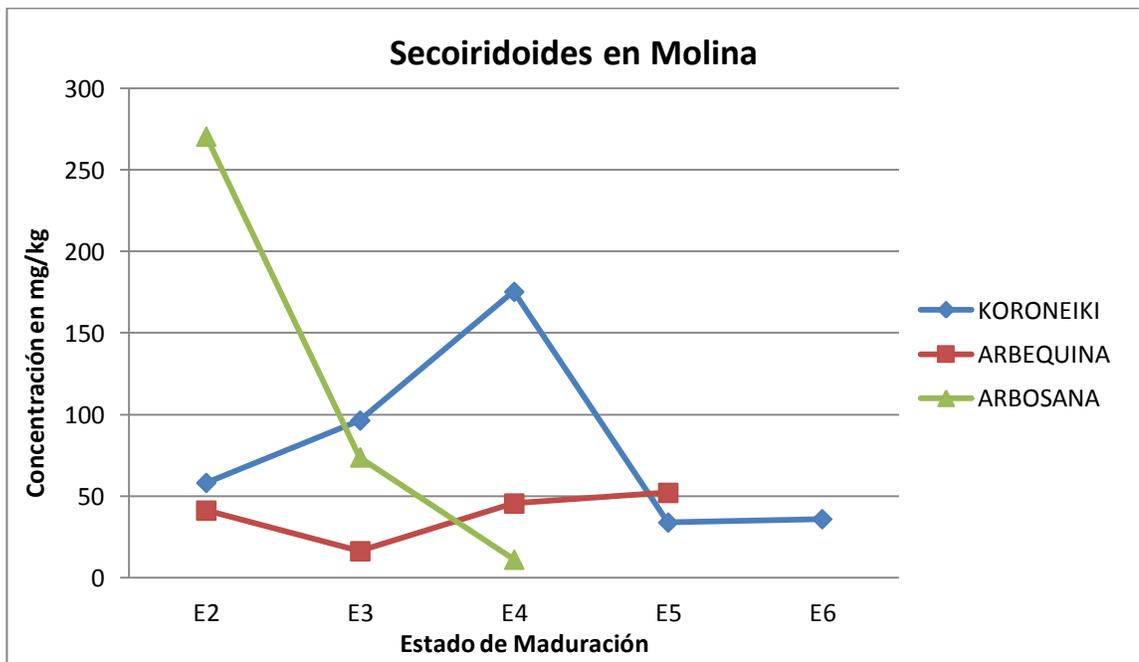
**Figura 14.** Concentración de derivados secoiridoides obtenidos para la variedad Arbequina.



**Figura 15.** Concentración de derivados secoiridoides obtenidos para la variedad Arbosana.



**Figura 16.** Concentración total de Secoiridoides por variedad obtenidos en Limarí



**Figura 17.** Concentración total de Secoiridoides por variedad obtenidos en Limarí