

Estudio de mercado de aceite esencial de naranja en Colombia en el período 2009-2014

Market research of orange essential oil in Colombia during the period 2009-2014



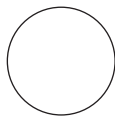
PAOLA HURTADO ¹
AÍDA LUZ VILLA ^{1,2}

Cultivo de naranja en Chimichagua, Cesar.

Foto: R. Durán

RESUMEN

Los aceites esenciales son productos obtenidos principalmente de material vegetal y, además de sus propiedades terapéuticas y curativas, se utilizan como materia prima en la fabricación de productos alimenticios, implementos de belleza y productos de mayor valor agregado. Teniendo en cuenta la variedad de plantas y frutas que se cultivan en Colombia, en este artículo se analizó el mercado de aceites esenciales en el país entre 2009 y 2014, con énfasis en el de naranja, buscando así identificar el potencial de obtención de aceite esencial de cítricos en el país y su transformación a productos de mayor valor. Para el análisis se usaron fuentes de datos estadísticos de comercio, se identificaron las empresas colombianas que usan aceite esencial en la fabricación de sus productos y aquellas que lo comercializan y se compararon los precios del aceite esencial de naranja y sus subproductos más conocidos. Se identificaron los principales productores de naranja y exportadores de este aceite a nivel mundial; Colombia a pesar de ocupar el puesto 28 en producción de naranja se encuentra en el puesto 44 en la lista de exportadores de este aceite esencial. Se concluye que es posible ampliar la producción de aceite esencial de naranja para suplir el mercado nacional y aumentar las exportaciones; también sería favorable para la industrialización de la naranja, aprovechar de su aceite esencial además del limoneno, otros productos de mayor valor comercial como carvona, carveol y alcohol perílico.



Palabras clave adicionales: cítricos, limoneno, mercado colombiano.

¹ Grupo Catálisis Ambiental, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín (Colombia).

² Autor para correspondencia. aida.villa@udea.edu.co



ABSTRACT

Essential oils are products obtained mainly from plant materials and besides their therapeutic and healing properties they are used as raw materials for producing beauty supplies, food additives and higher value products. Due to the variety of plants and fruits that are grown in Colombia, the aim of this article was to analyze the market of essential oils between 2009 and 2014, with emphasis in orange essential oil, in order to identify the potential of obtaining citrus essential oils in the country and their transformation into more valuable compounds. In the analysis, statistical trade data sources were used of the Colombian companies that use essential oils for obtaining their products and the companies that commercialize it; the price of orange essential oil and their main by-products were also compared. The main producers of orange and exporters of orange essential oil on a global level were identified; Colombia despite being 28th in orange production, is the 44th in the list of exporters of orange essential oil. It was concluded that it is possible to expand the production of orange essential oil in Colombia for both supplying the domestic market and increasing exports; furthermore, it would be favorable for the orange industrialization, to not only use the essential oil for obtaining limonene but also other products of high value as carvone, carveol and perillyl alcohol.

Additional key words: citrus, limonene, Colombian market.

Fecha de recepción: 24-04-2016 Aprobado para publicación: 24-11-2016

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que cuenta con una gran cantidad de riquezas naturales debido a la diversidad de ecosistemas que presenta (IDEAM *et al.*, 2007), lo que está directamente relacionado con la variedad en su topografía pues cuenta con dos océanos y parte de la cordillera de los Andes que lo atraviesa casi por completo de norte a sur. Por ser un país tropical es posible encontrar diferentes paisajes y climas que van desde cálido hasta páramo (SBI, 2015). En el territorio colombiano se encuentran alrededor de 30.000 especies de plantas ubicándose así entre uno de los 17 países catalogados como “megadiversos” (refiriéndose a un grupo de países que tiene menos de 10% de la superficie global, pero admite más de 70% de la diversidad biológica en la tierra) (Australian Government, 2015).

La biodiversidad de Colombia se puede aprovechar para la extracción de aceites esenciales, los cuales constituyen las fracciones líquidas volátiles que contienen las sustancias que le dan el olor a las plantas (Stashenko, 2009) y en su mayoría se obtienen de material vegetal incluyendo diferentes variedades de árboles, arbustos, hierbas y flores. Se han usado desde la antigüedad como especias y en el tratamiento de enfermedades por su olor agradable y sus propiedades curativas (Rhind, 2012; Worwood, 2012; Baser and Buchbauer, 2015). Los principales aceites esenciales

producidos y comercializados en el mundo son los que provienen de cítricos como limón (*Citrus limon*), lima (*C. aurantifolia*), naranja (*C. sinensis* o *C. aurantium*), mandarina (*C. nobilis*) y toronja (*C. paradisi*), esto debido a que las frutas cítricas son las que más se producen en el mundo (Sawamura, 2011) y el aceite esencial de estos se obtiene de la cáscara, que resulta como residuo en la industria de la producción de jugos (Marulanda, 2001; Stashenko, 2009; Cerón y Cardona, 2011); por tanto al extraer dichos aceites esenciales se estarían aprovechando y valorizando los desechos ya que el aceite esencial de frutas cítricas es ampliamente usado como saborizante y odorante natural (Berger, 2007; Sawamura, 2011).

Actualmente, a pesar de continuar usando aceites esenciales en terapias para el tratamiento de enfermedades (Ali *et al.*, 2015; Buchbauer y Wallner, 2016), también se han convertido en un objeto importante de estudio, porque además de ser materia prima básica en la fabricación de diferentes productos de belleza o alimenticios, también son una fuente de subproductos de mayor valor comercial (Linder y Greenspan, 1957; De Carvalho y Da Fonseca, 2003; Robles-Dutenhefner *et al.*, 2011). El limoneno es el principal componente de aceites esenciales cítricos (Sawamura, 2011), y ha sido ampliamente usado en la industria de

pinturas pues forma parte de los llamados “disolventes verdes” por su gran biodegradabilidad (Bandoni, 2002; Aronson, 2016), y también se utiliza en diversos campos de la medicina (Sun, 2007), y a partir de este se han obtenido productos de mayor valor como la carvona que tiene aplicaciones en la industria de alimentos, cosmética y en medicina por sus propiedades antialérgicas y anticancerígenas (De Carvalho and Da Fonseca, 2006; Souza *et al.*, 2013; Morcia *et al.*, 2016). También se ha estudiado la valorización de otros aceites como el de trementina obtenido de los residuos de la industria de la madera, por subproductos como la verbenona que tiene propiedades insecticidas, antibacteriales y acaricidas (Borden *et al.*, 2007; Bernardes *et al.*, 2010) y el nopol que es ampliamente usado en la fabricación de productos para el hogar, agroquímicos y fragancias (Kroschwitz, 1997; Wang *et al.*, 2011). Existen otros derivados de aceites esenciales que son usados principalmente en la industria de saborizantes, fragancias y como intermediarios en la fabricación de químicos finos (Maksimchuk *et al.*, 2005; Stashenko, 2009).

El mercado de aceites esenciales en el mundo y en Colombia ha sido previamente estudiado (Biocomercio Sostenible, 2003; Rojas y Pardo, 2008) encontrando en todos los casos que este es un mercado potencial, que puede ser explotado e investigado en mayor medida; sin embargo, estos estudios no han sido enfocados a un solo aceite, como este caso en el que se indaga específicamente sobre el aceite esencial de naranja; adicionalmente, es de importancia la actualización de los datos ya reportados.

En la investigación realizada por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Biocomercio Sostenible, 2003) se buscó identificar si era posible sustituir las importaciones de aceites esenciales, oleorresinas, resinoides, bálsamos y resinas e identificaron una lista de aceites esenciales en los que se podría centrar la industria de aceites esenciales del país. Para el tiempo del estudio (entre el año 1998 y 2002) existían muy pocas empresas (de mediano tamaño) que estuvieran produciendo aceites esenciales en el país. Se identificaron especies promisorias, pero se concluyó que se requería de un programa estructurado que permitiera el encadenamiento de las diferentes fases de desarrollo, incluyendo la parte agrícola, tecnológica y comercial. Se identificó además una gran oportunidad en la demanda de aceites esenciales en la industria de plásticos, papelería y otro tipo de industrias diferentes a las de alimentos y bebidas. Los aceites esenciales que se establecieron

se podían producir en Colombia para sustituir importaciones fueron: eucalipto, cardamomo, mandarina, citronella, vetiver, oleorresinas de cilantro, cimarrón, guasca, orégano, ajo, ají, perejil, apio, cebolla, pimienta. En los cinco años de análisis, en orden decreciente las compras de aceites esenciales realizadas en dólares fue: esenciales de las demás mentas (40,3%), demás aceites esenciales excepto los cítricos (16,12%), aceites esenciales de menta piperita (7,4%), aceite esencial de naranja (4,8%), aceites resinoides (6,8%) y aceite esencial de eucalipto (0,24%).

Rojas y Pardo (2008) en el estudio realizado sobre el mercado de aceites esenciales en Colombia entre 1994 y 2007 buscaban información con la cual se pudiera determinar los nichos de mercado y el escenario de aceites esenciales para determinar su producción potencial, comercialización y exportación. De acuerdo al estudio, hasta el año 2007, aproximadamente el 70% de las importaciones de aceites esenciales en Colombia correspondían a las empresas Symrise Ltda., Firmenich S.A. y Cadbury Adams Colombia S.A. En los 12 años de análisis, en orden decreciente las compras de aceites esenciales realizadas en dólares fue: aceites esenciales de las demás mentas (23,7%), demás aceites esenciales excepto los cítricos (20,7%), aceites esenciales de menta piperita (9,6%), aceite esencial de naranja (7,5%), aceites resinoides (5,4%) y aceite esencial de eucalipto (4,8%). En cuanto a kilogramos netos importados el orden fue el siguiente: aceite esencial de naranja (24%), demás aceites esenciales excepto los agrios (18,4%), esenciales de las demás mentas (11,5%), aceites resinoides (8%), aceites esenciales de menta piperita (6,6%) y aceite esencial de eucalipto (3%).

El estudio de la industria de aceites esenciales y sus subproductos es de especial interés ya que de esta forma se pueden identificar oportunidades de aprovechamiento y valoración de aceites esenciales. El presente trabajo tiene por objeto el análisis y comparación del comportamiento comercial de los aceites esenciales en el mundo y en Colombia, haciendo un especial énfasis en el aceite esencial de naranja y sus derivados, ya que este aceite esencial se puede obtener de residuos de agroindustria y tiene como principal compuesto el limoneno que se puede transformar mediante procedimientos químicos en compuestos de mayor valor agregado y que se encuentran en cantidades pequeñas en otros aceites que son comercializados en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre importaciones y exportaciones de aceites esenciales en Colombia, Latinoamérica y el mundo en bancos de datos estadísticos de libre acceso: ITC (International Trade Center), FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division) y TRADE (TRADE-NOSIS, 2015), se usó la información reportada entre los años 2009 y 2014. La información se dispuso en gráficos que permitieron la comparación de los datos estadísticos y facilitaron el análisis de los mismos.

En el análisis se hizo énfasis en el aceite esencial de naranja; se identificaron también las empresas colombianas que usan este aceite en la fabricación de sus productos y aquellas que lo comercializan. Se realizó una comparación de precios del aceite esencial de naranja, cuyo precio se obtuvo al cotizar en tiendas locales, y sus subproductos más conocidos los cuales se consultaron directamente en la página web de Sigma-Aldrich.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Importación y exportación de aceites esenciales a nivel internacional

En Colombia las importaciones de aceites esenciales, son mayores a las exportaciones (Fig. 1); a pesar de la disminución que se ha tenido en las importaciones desde el año 2010 esta misma tendencia la tienen las exportaciones; mientras que por su parte la recopilación mundial de importaciones y exportaciones (Fig. 2), muestra claramente una tendencia creciente desde el año 2010 tanto para las exportaciones como para las importaciones de aceites esenciales, contrario a lo que ha ocurrido en Colombia, de lo cual se infiere que a pesar de que el mercado mundial de aceites esenciales se ha expandido en los últimos años, Colombia no ha incursionado en este. De acuerdo con la investigación realizada por el Instituto Alexander von Humboldt⁷ (Biocomercio Sostenible, 2003), las importaciones y exportaciones realizadas entre 1998 y 2002 de aceites esenciales se mantuvo aproximadamente constante en dólares. Rojas y Pardo (2008) encontraron que entre 1994 y 2007 las importaciones de aceite esencial en el país mostraron una tendencia creciente aunque se presentó una disminución en el número de empresas que realizaban la importación, de 137 en el año 1995

se pasó a 95 en el año 2007. De las 95 empresas, en 2007, solo 27 empresas exportaban aceites esenciales. La no estabilidad de las exportaciones se asoció con la no existencia de una producción estable, adicionalmente se determinó que de las cantidades nacionales exportadas de aceite esencial una parte era comercializada y no producida.

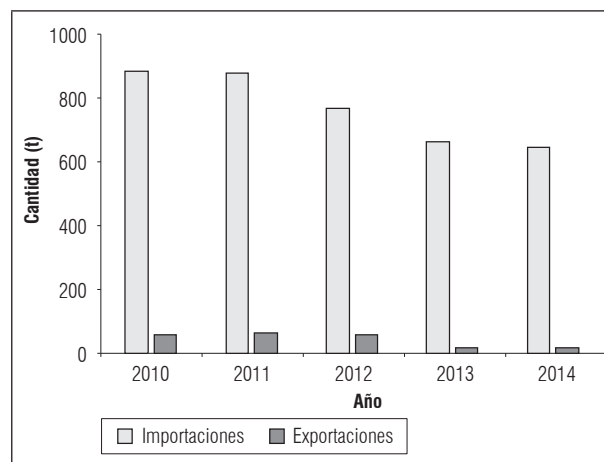


Figura 1. Importaciones y exportaciones de aceites esenciales en Colombia (ITC, 2015).

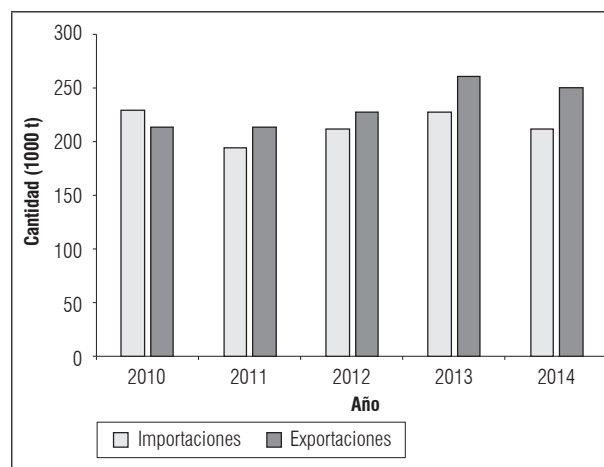


Figura 2. Importaciones y exportaciones de aceites esenciales en el mundo (ITC, 2015).

En América Latina y el Caribe los tres principales países exportadores de aceites esenciales son Brasil, México y Argentina los cuales reportaron 56.348, 6.716 y 3.897 t exportadas respectivamente en el año 2014; mientras que Colombia en este mismo año ocupó el puesto 18 con 18 t exportadas (ITC, 2015), en la figura 3 se presenta la comparación porcentual del total de exportaciones de aceites esenciales en Latinoamérica

y el Caribe en el año 2014, en esta se evidencia que Brasil es el principal exportador en este grupo de países; sin embargo si se comparan las exportaciones de Brasil con el resto del mundo se puede ver que únicamente tiene el 5% del mercado mundial siendo superado por India, China, Estados Unidos, Francia y Reino Unido (Fig. 4).

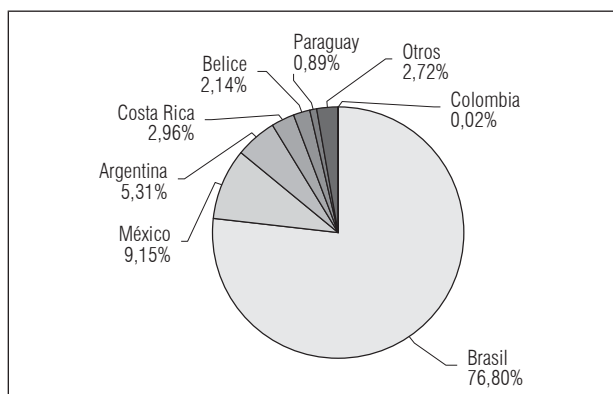


Figura 3. Países exportadores de aceites esenciales en América Latina y el Caribe en el año 2014 (ITC, 2015).

este aceite hacia el exterior. En Colombia, de los cítricos producidos la naranja ocupa el primer lugar con un 71% de la producción total, seguida por la mandarina y lima ácida con 15 y 12% respectivamente dejando así un 2% para los demás frutos cítricos (Espinal, 2005).

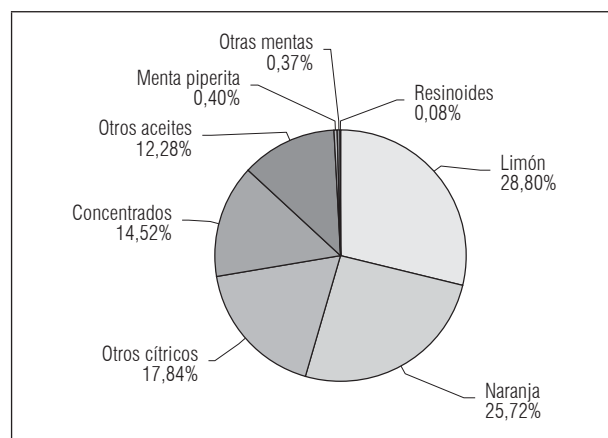


Figura 5. Aceites esenciales exportados por Latinoamérica y el Caribe en el año 2014 (ITC, 2015).

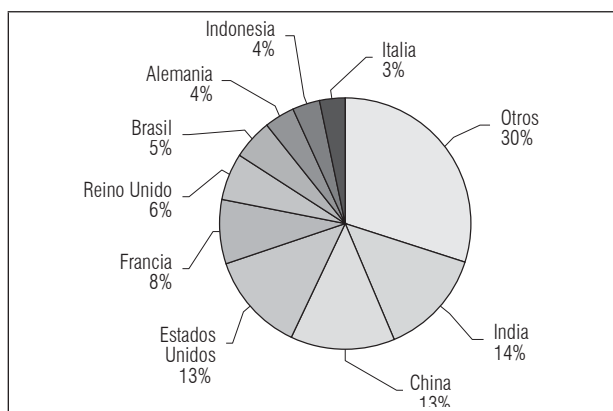


Figura 4. Principales exportadores de aceites esenciales en el mundo en el año 2014 (ITC, 2015).

De lo anteriormente expuesto es posible concluir que el porcentaje que aporta Colombia al mercado mundial de aceites esenciales no es significativo, lo cual no es acorde con la biodiversidad con la que cuenta el país.

Los principales aceites esenciales exportados por América Latina y el Caribe (Fig. 5) son los de limón y naranja; sin embargo no se han reportado datos de exportación de aceite de limón en Colombia en los últimos años, es decir que no se está comercializando

Aceite esencial de naranja

El aceite esencial de naranja es muy usado en diferentes terapias debido a sus propiedades antidepresivas, antisépticas, antiespasmódicas, descongestivas, carminativas, sedantes y refrescantes (Kinai, 2013), también es usado como fragancia en productos para el hogar, cremas, aceites para masajes y productos de baño (Press, 2013). Este aceite se encuentra en la cáscara de naranja y se puede extraer usando diferentes métodos como destilación por arrastre con vapor, extracción con solvente, extracción con fluidos supercríticos, extracción asistida por microondas, entre otros (Mira *et al.*, 1999; Farhat *et al.*, 2011; Stratakos y Koidis, 2016). En Colombia la producción de jugos es el principal proceso de agroindustrialización de la naranja la cual es usada mayormente como alimento animal (Cerón y Cardona, 2011).

En la figura 6 se presenta un comparativo de la producción, exportaciones e importaciones de naranja en Colombia entre 2009 y 2013; se observa que la producción de naranja es mucho mayor a sus exportaciones por lo que es posible afirmar que la cantidad de naranja que se produce en Colombia se usa para suplir la demanda nacional de la fruta, y como se mencionó anteriormente para la elaboración de jugos;

sin embargo se está desechando la cáscara sin obtener mayor provecho. La cáscara de la naranja podría ser aprovechada para la obtención del aceite esencial, el cual contiene principalmente limoneno, que mediante transformaciones química se puede convertir en productos de mayor valor con aplicaciones en la industria de química fina.

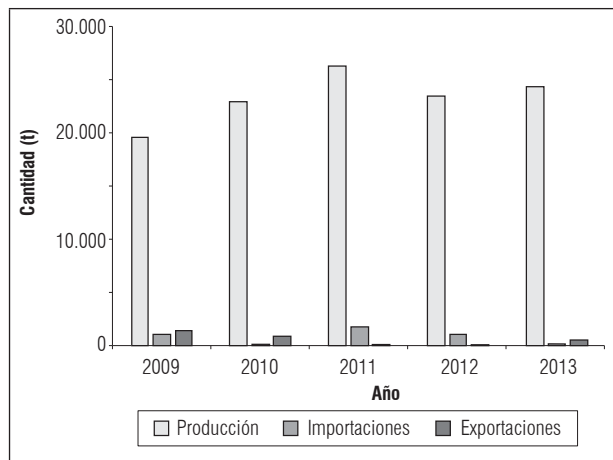


Figura 6. Comparación de la producción, importaciones y exportaciones de naranja entre 2009 y 2013 en Colombia (FAOSTAT, 2015).

La lista de los principales exportadores de aceite esencial de naranja en los últimos años la encabeza Brasil, seguido por Estados Unidos y México con 30.926, 12.231 y 3.501 t exportadas para el año 2013, respectivamente, los cuales para este mismo año se ubicaron también entre los primeros productores de naranja en el mundo siendo Brasil el primero con 17,5 millones de toneladas, Estados Unidos el segundo con 7,5 millones de toneladas y México el quinto con 4,5 millones de toneladas (FAOSTAT, 2015; ITC, 2015). Para el año 2013 Colombia, a pesar de ocupar el puesto número 28 en la clasificación de los países productores de naranja con 242.000 t, se ubicó en el puesto 44 en los países exportadores del aceite esencial de naranja con tan solo 19 t (Fig. 7-8), registrando una cantidad importada de aceite esencial de naranja mayor a la exportada (Fig. 9), tendencia que se ha mantenido entre 2009 y 2014. Se puede notar entonces el desaprovechamiento de la explotación de los residuos de la industria de jugos en Colombia ya que estos se están desechando en lugar de valorizarlos mediante la obtención de aceite esencial de naranja.

Existen 20 empresas en Colombia que importan el aceite esencial de naranja debido a que en el país no se produce cantidad suficiente que pueda satisfacer las

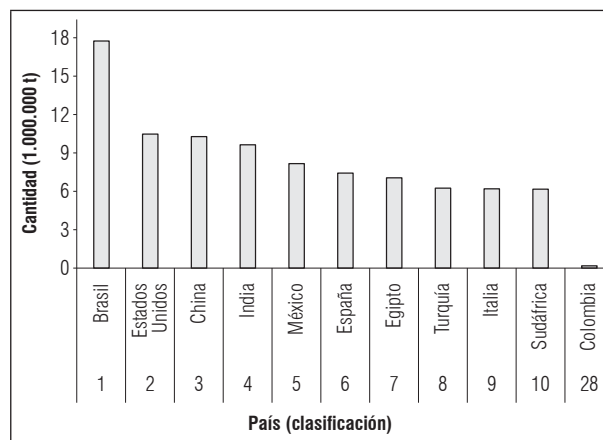


Figura 7. Clasificación de los países productores de naranja en el año 2013 (ITC, 2015).

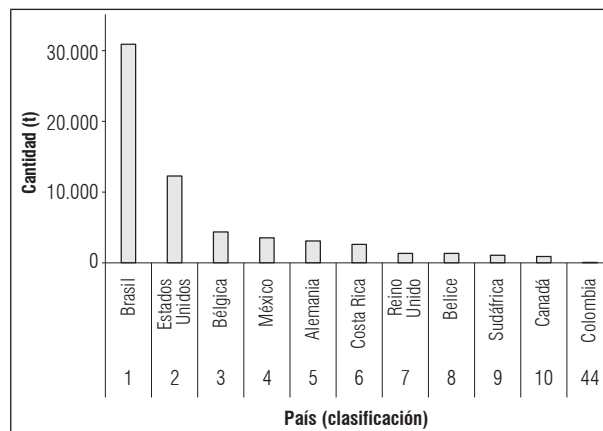


Figura 8. Clasificación de los países exportadores de aceite esencial de naranja en el año 2013 (ITC, 2015).

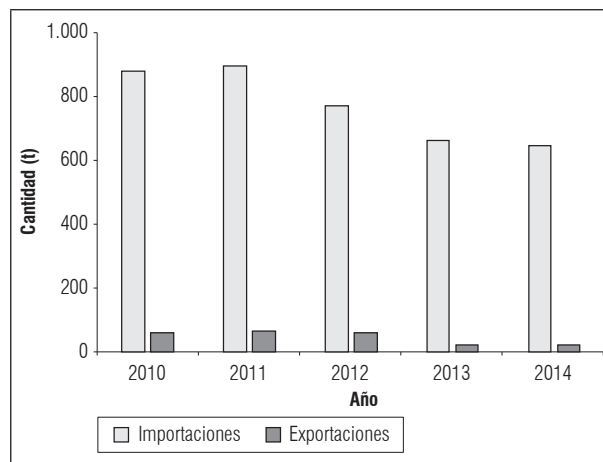


Figura 9. Comparación de importaciones y exportaciones de aceite esencial de naranja en Colombia entre 2010 y 2014 (ITC, 2015).

cantidades que requieren emplear en sus productos, aunque no se reportan cantidades importadas entre las empresas importadoras de aceites esenciales se encuentran Gaseosas Posada Tobón S.A y C.I Super de Alimentos S.A (TRADE-NOSIS, 2015), las cuales son grandes productoras y exportadoras de bebidas y alimentos respectivamente; también se encuentran empresas del sector químico, cosmético, aseo, entre otros. Únicamente seis pequeñas empresas son exportadoras del aceite esencial de naranja (CIMA & SIMA C.I. Ltda., Cosméticos Johnvery S.A.S, C I BLANCO G E U, Mane sucursal Colombia, Factores y Mercadeo S.A. y Otálvaro Jackeline) (TRADE-NOSIS, 2015), lo que indica que es posible aumentar la producción del aceite esencial de naranja en el país con el fin de suplir la demanda interna y exportar cantidades mayores a las que se exportan actualmente.

Es importante resaltar que el aceite esencial de naranja debido a sus componentes puede ser valorizado por extracción y transformación de los mismos, en la tabla 1 se presentan los principales compuestos que se encuentran en el aceite esencial de naranja y su composición; se observa que en todos los casos el limoneno es el mayor constituyente con porcentajes mayores a 80%, cabe resaltar que este porcentaje depende de factores como las características de la fruta o el método de extracción del aceite esencial (Lota *et al.*, 2001; Rojas *et al.*, 2009; Dugo y Modello, 2010).

Tabla 1. Composición de aceite esencial de naranja reportado por algunos autores.

Componente	Composición (%)		
	Castellanos (2007)	Cerón y Cardona (2011)	Zarrad <i>et al.</i> (2015)
α -pineno	1,50	0,41	0,56
β -pineno	<1	0,52	0,45
Sabineno	1,10	0,07	0,17
β -mirceneno	5,00	1,69	1,63
Limoneno	90,40	94,94	87,52
γ -terpineno	<1	0,04	0,05
Linalol	9,70	1,19	3,37

El limoneno, mayor constituyente del aceite, tiene un amplio uso en la industria farmacéutica y alimenticia, también es empleado como disolvente o como aditivo en fragancias, otro de sus usos es el de insecticida debido a que este no es tóxico para los seres humanos y animales domésticos, ni perjudicial para

la jardinería (Citrotecno, 2015). Algunas de las rutas de transformación de limoneno que han sido previamente estudiadas (Castellanos *et al.*, 2007; Bicas *et al.*, 2008) son: oxidación del carbono 7 para producir alcohol perílico, perilaldehído, ácido perílico y otros compuestos perílicos; epoxidación seguida por la formación del diol correspondiente y su posterior oxidación y apertura de anillo; oxidación del carbono 6 para producir carveol, carvona y con su hidrogenación formar dihidrocarvona; hidrogenación del carbono 8 para formar α -terpineol; oxidación del carbono 3 para la formación de isopiperintenol y oxidación para obtener su correspondiente cetona; y epoxidación del doble enlace de los carbonos 8 y 9 para producir el epóxido en dichos carbonos.

Las principales transformaciones de limoneno estudiadas han sido la producción de carvona y carveol, los cuales son usados como sustancias aromatizantes, o en la industria de alimentos como saborizantes (Warshaw and Zug, 1996; Quiroz *et al.*, 1999; Gonçalves *et al.*, 2006; NCBI, 2015; New Castle, 2015). El alcohol perílico es un subproducto de interés, ya que este ha sido ampliamente utilizado en pruebas preclínicas por sus propiedades terapéuticas y quimiopreventivas (Samaila *et al.*, 2004; Xu *et al.*, 2004; Chan *et al.*, 2006; Chung *et al.*, 2006).

En la tabla 2 se presenta la comparación de precios del aceite de naranja y algunos de sus subproductos, la diferencia de precios entre el aceite de naranja y el limoneno, su principal subproducto, y de este con los demás compuestos es alto aumentando desde 10 USD/mL hasta 97 USD/mL.

Tabla 2. Comparativo de precios de aceite esencial de naranja y algunos de sus subproductos para el año 2016.

Compuesto	Pureza (%)	Precio (USD/100 mL)	Proveedor
Aceite esencial de naranja	-	15,52	Laboratorios ATHOS
Limoneno	97	51,70	Sigma-Aldrich
Epóxido de limoneno	>97	147,00	Sigma-Aldrich
Carvona	98	62,10	Sigma-Aldrich
Carveol	>95	≈ 98	Sigma-Aldrich
Dihidrocarvona	>97	≈ 73	Sigma-Aldrich
Alcohol perílico	>95	≈ 149	Sigma-Aldrich

Los aspectos evaluados en este estudio sugieren que el mercado del aceite esencial de naranja es una gran oportunidad para Colombia debido a la gran valorización que este implica, y este es un tema que se debe estudiar más a fondo con el fin de determinar la tecnología que se requiere y los costos de la misma. El aprovechar los residuos de la cáscara de naranja le permitiría al país ampliar la producción del aceite esencial de naranja tanto para suplir el mercado nacional como para su exportación y su valorización.

CONCLUSIONES

Se realizó un estudio comparativo de la comercialización de aceites esenciales en Colombia y el mundo, encontrándose que el aceite esencial de naranja es el que se produce y exporta en mayor cantidad; sin embargo, esta cantidad no logra competir con los mayores exportadores en Latinoamérica y no abastece el mercado nacional, existiendo industrias en Colombia que importan dicho aceite para usarlo como materia prima en sus productos. Teniendo en cuenta que el aceite esencial de naranja se obtiene de la cáscara de naranja, desecho del proceso de producción de jugos, la alta demanda a nivel nacional e internacional y la valorización que presenta el limoneno y cada uno de sus principales subproductos, se puede afirmar que es posible ampliar la oferta de aceite esencial de naranja en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de la Universidad de Antioquia y a Colciencias la financiación de la pasantía de la primera autora como Joven Investigadora, convocatoria 645 de 2015.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, B., N.A. Al-Wabel, S. Shams, A. Ahamad, S.A. Khan y F. Anwar. 2015. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 5(8), 601-611. Doi: 10.1016/j.apjtb.2015.05.007
- Aronson, J.K. 2016. Limonene. pp. 579-580. En: *Meyler's side effects of drugs*. 16th ed. Elsevier, Oxford, UK.
- Australian Government. 2015. Biodiversity hotspots. Department of the Environment. En: <http://www.environment.gov.au/biodiversity/conservation/hotspots>; consulta: noviembre de 2015.
- Bandoni, A. (ed.). 2002. Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica: su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Madrid.
- Baser, K.H.C. y G. Buchbauer. 2015. *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL. Doi: 10.1201/b19393
- Berger, R.G. 2007. *Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability*. Springer, Berlin. Doi: 10.1007/978-3-540-49339-6
- Bernardes, W.A., R. Lucarini, M.G. Tozatti, L.G. Bocalon Flauzino, M.G.M. Souza, I.C.C. Turatti, M.L. Andrade e Silva, C.H.G. Martins, A.A. da Silva Filho y W.R. Cunha. 2010. Antibacterial activity of the essential oil from *Rosmarinus officinalis* and its major components against oral pathogens. *Zeitschr. Naturforsch. - J. Biosci.* 65 C (9-10), 588-593.
- Bicas, J.L., P. Fontanille, G.M. Pastore y C. Larroche. 2008. Characterization of monoterpene biotransformation in two pseudomonads. *J. Appl. Microbiol.* 105(6), 1991-2001. Doi: 10.1111/j.1365-2672.2008.03923.x
- Biocomercio Sostenible. 2003. Estudio del mercado colombiano de aceites esenciales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá.
- Borden, J.H., G.R. Sparrow y N.L. Gervan. 2007. Operational success of verbenone against the mountain pine beetle in a rural community. *Arboric. Urban For.* 33, 318-324.
- Buchbauer, G. e I.M. Wallner. 2016. Essential oils: properties, composition and health effects. pp. 558-562. En: Caballero, B., P.M. Finglas y F. Toldrá (eds.). *Encyclopedia of food and health*. Academic Press, Oxford, UK. Doi: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00262-2
- Castellanos, F. 2007. Biotransformación de limoneno, α -pineno y aceites esenciales de naranja y mandarina empleando *Aspergillus niger*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Castellanos, F., A. Perea V. y C. Ortíz L. 2007. Obtención de alcohol perílico por biotransformación del limoneno. *Sci. Tech.* 13(33), 137-140.
- Cerón, I. y C. Cardona. 2011. Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. *Ing. Cienc.* 7, 65-86.
- Citrotecno. 2015. Tratamiento y valorización del residuo cítrico. En: <http://www.citrotecno.com>; consulta: octubre de 2015.
- Chan, N.L.S., H. Wang, Y. Wang, H.Y. Leung y L.K. Leung. 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbon-induced CYP1B1 activity is suppressed by perillyl alcohol in MCF-7 cells. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 213(2), 98-104. Doi: 10.1016/j.taap.2005.10.002

- Chung, B.H., H.-Y. Lee, J.S. Lee y C.Y.F. Young. 2006. Perillyl alcohol inhibits the expression and function of the androgen receptor in human prostate cancer cells. *Cancer Lett.* 236(2), 222-228. Doi: 10.1016/j.canlet.2005.05.023
- De Carvalho, C.C.C.R. y M.M.R. Da Fonseca. 2003. Towards the bio-production of trans-carveol and carvone from limonene: induction after cell growth on limonene and toluene. *Tetrahedron: Asymmetry* 14(24), 3925-3931. Doi: 10.1016/j.tetasy.2003.09.039
- De Carvalho, C.C.C.R. y M.M.R. Da Fonseca. 2006. Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. *Food Chem.* 95(3), 413-422. Doi: 10.1016/j.foodchem.2005.01.003
- Dugo, G. y L. Mondello. 2010. Citrus oils: composition, advanced analytical techniques, contaminants, and biological activity. CRC Press, New York, NY.
- Espinal, C. 2005. La cadena de cítricos en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia. En: http://www.fondohortifruticola.com.co/archivos/Cadenas/caracterizacion_citricos_2005.pdf; consulta: octubre de 2015.
- FAOSTAT. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. En: <http://faostat3.fao.org/home/E>; consulta: octubre de 2015.
- Farhat, A., A.-S. Fabiano-Tixier, M.E. Maataoui, J.-F. Maingonnat, M. Romdhane y F. Chemat. 2011. Microwave steam diffusion for extraction of essential oil from orange peel: Kinetic data, extract's global yield and mechanism. *Food Chem.* 125(1), 255-261. Doi: 10.1016/j.foodchem.2010.07.110
- Gonçalves, J.A., A.C. Bueno y E.V. Gusevskaya. 2006. Palladium-catalyzed oxidation of monoterpenes: Highly selective syntheses of allylic ethers from limonene. *J. Mol. Catal. A: Chem.* 252(1-2), 5-11. Doi: 10.1016/j.molcata.2006.02.021
- IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, Instituto Sinchi e IAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá.
- ITC. 2015. Trade statistics for international business development. En: <http://www.trademap.org>; consulta: septiembre de 2015.
- Kinai, M. 2013. The essentials of aromatherapy. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Linder, S.M. y F.P. Greenspan. 1957. Reactions of limonene monoxide. The synthesis of carvone. *J. Organic Chem.* 22(8), 949-951. Doi: 10.1021/jo01359a025
- Lota, M.-L., D. de Rocca Serra, F. Tomi y J. Casanova. 2001. Chemical variability of peel and leaf essential oils of 15 species of mandarins. *Biochem. Syst. Ecol.* 29(1), 77-104. Doi: 10.1016/S0305-1978(00)00029-6
- Maksimchuk, N.V., M.S. Melgunov, J. Mrowiec-Białoń, A.B. Jarzębski y O.A. Kholdeeva. 2005. H₂O₂-based allylic oxidation of α -pinene over different single site catalysts. *J. Catal.* 235(1), 175-183. Doi: 10.1016/j.jcat.2005.08.001
- Marulanda, M. 2001. Comminuted de naranja variedad Valencia base para bebidas refrescantes. Tesis de maestría. Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Mira, B., M. Blasco, A. Berna y S. Subirats. 1999. Supercritical CO₂ extraction of essential oil from orange peel. Effect of operation conditions on the extract composition. *J. Supercrit. Fluids* 14(2), 95-104. Doi: 10.1016/S0896-8446(98)00111-9
- Morcía, C., G. Tumino, R. Ghizzoni y V. Terzi. 2016. Carvone (*Mentha spicata* L.) oils. pp. 309-316. En: V.R. Preedy (ed.). *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Academic Press, San Diego, CA. Doi: 10.1016/B978-0-12-416641-7.00035-3
- NCBI. 2015. PubChem Compound - National Center for Biotechnology Information En: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pccompound>; consulta: septiembre de 2015.
- New Castle, U. 2015. Chemistry trail. En: <http://www.ncl.ac.uk/chemistry/outreach/chemistrytrail>; consulta: octubre de 2015.
- Press, A. 2013. *Essential oils for beginners: The guide to get started with essential oils and aromatherapy*. Callisto Media Incorporated, Berkely, CA.
- Quiroz, N., E.E. Stashenko, E.A. Paez y J.R. Martínez. 1999. Zeolitas NaY intercambiadas con metales de transición (Fe²⁺, Co²⁺, Mo²⁺, y Mn²⁺) como catalizadores para la oxidación de limoneno. *Rev. Colomb. Quím.* 28(1), 45-53.
- Kroschwitz, J.I. 1997. *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*. Wiley, New York, NY.
- Rhind, J.P. 2012. *Essential oils: A handbook for aromatherapy practice*. 2nd ed. Jessica Kingsley Publishers, London.
- Robles-Dutenhefner, P.A., B.B.N.S. Brandão, L.F. de Sousa y E.V. Gusevskaya 2011. Solvent-free chromium catalyzed aerobic oxidation of biomass-based alkenes as a route to valuable fragrance compounds. *Appl. Catal. A: General* 399(1-2), 172-178. Doi: 10.1016/j.apcata.2011.03.047
- Rojas, G.A.A. y G.H.R. Pardo, 2008. Estudio de la estructura de mercado para la comercialización de aceites esenciales en Colombia. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Rojas, J.P., A. Perea y E.E. Stashenko. 2009. Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos. *Vitae* 16, 110-115.

- Samaila, D., D.E. Ezekwudo y K.K. Yimam. 2004. Bioactive plant compounds inhibited the proliferation and induced apoptosis in human cancer cell lines. *Trans. Integr. Biomed. Inform. Enabling Technol. Symp. J.* 1, 34-42.
- Sawamura, M. 2011. *Citrus essential oils: flavor and fragrance*. Wiley, New York, NY.
- SBI. 2015. Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia. En: <http://www.sibcolombia.net/web/sib/cifras>; consulta: octubre de 2015.
- Sigma-Aldrich. 2015. Sigma-Aldrich: Analytical, biology, chemistry & materials science products and services. En: <http://www.sigmaaldrich.com/us-export.html>; consulta: febrero de 2016.
- Souza, F.V.M., M.B. da Rocha, D.P. de Souza y R.M. Marçal. 2013. (-)-Carvone: Antispasmodic effect and mode of action. *Fitoterapia* 85, 20-24. Doi: 10.1016/j.fitote.2012.10.012
- Stashenko, E.E. 2009. *Aceites esenciales*. División de Publicaciones, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Stratakos, A.C. y A. Koidis. 2016. Methods for extracting essential oils. pp. 31-38. En: Preedy, V.R. (ed.). *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Academic Press, San Diego, CA. Doi: 10.1016/B978-0-12-416641-7.00004-3
- Sun, J. 2007. D-Limonene: Safety and clinical applications. *Altern. Med. Rev.* 12(3), 259-264.
- TRADE-NOSIS. 2015. Trade nosis. Servicio de búsqueda de negocios. En: <http://trade.nosis.com/es>; consulta: septiembre de 2015.
- Wang, J., S. Jaenicke, G.K. Chuah, W. Hua, Y. Yue y Z. Gao. 2011. Acidity and porosity modulation of MWW type zeolites for Nopol production by Prins condensation. *Catalysis Comm.* 12(12), 1131-1135. Doi: 10.1016/j.catcom.2011.03.034
- Warshaw, E.M. y K.A. Zug. 1996. Sesquiterpene lactone allergy. *Amer. J. Contact Dermatitis* 7(1), 1-23. Doi: 10.1016/S1046-199X(96)90028-7
- Worwood, V.A. 2012. *The complete book of essential oils and aromatherapy: Over 600 natural, non-toxic & fragrant recipes to create health, beauty, a safe home environment*. New World Library, Novato, CA.
- Xu, M., H.S. Floyd, S.M. Greth, W.-C.L. Chang, K. Lohman, R. Stoyanova, G.L. Kucera, T.E. Kute, M.C. Willingham y M.S. Miller. 2004. Perillyl alcohol-mediated inhibition of lung cancer cell line proliferation: potential mechanisms for its chemotherapeutic effects. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 195(2), 232-246. Doi: 10.1016/j.taap.2003.11.013
- Zarrad, K., A.B. Hamouda, I. Chaieb, A. Laarif y J.M.-B. Jemâa. 2015. Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. *Ind. Crops Prod.* 76, 121-127. Doi: 10.1016/j.indcrop.2015.06.039