

Del laboratorio al campo: el desarrollo y perspectivas de la industria de aceites esenciales en Colombia

Elena Stashenko

Research Center for Biomolecules, CENIVAM, Universidad Industrial de Santander, Carrera 27, Calle 9, Bucaramanga, 680002, Colombia. E-mail: elena@tucan.uis.edu.co

Los aceites esenciales son productos derivados agroindustriales, forestales no maderables, con valor agregado alto, cuya principal característica distintiva es un olor intenso y muy particular para cada aceite, que depende tanto del tipo de planta de la cual se extrae, como de la composición química, que puede ser variable y es muy compleja. Los aceites esenciales son líquidos de naturaleza aceitosa, volátil, aromática, que se obtienen de varias partes de las plantas, especialmente de hojas y flores. Son producto del metabolismo secundario de la planta, para protegerla de microorganismos patógenos, repeler insectos plaga, y reducir el apetito de algunos herbívoros al conferirle un sabor desagradable a la planta.

Los aceites esenciales no son un bien de consumo directo, son materias primas o insumos industriales y se dirigen, principalmente, a las siguientes industrias: cosmética y de las fragancias; de aromas y sabores; productos medicamentosos y de aseo; productos agrícolas y pecuarios y productos derivados. El uso de aceites esenciales como ingredientes fragantes se aprovecha en perfumes (aguas de perfume y de tocador, colonias), cosméticos (jabones, cremas, lociones, productos para el maquillaje, champús, desodorantes, pastas dentífricas), productos domésticos de aseo y limpieza (aromatizantes ambientales, limpieza de pisos, cocinas, baños, repelentes), plásticos (enmascaradores de olores, para la aromatización de juguetes), textiles (tratamientos con mordientes antes y después del teñido), pinturas (solventes biodegradables) y en papelería (impregnación de cuadernos, papel higiénico, toallas faciales y sanitarias, con fragancias). La industria de alimentos incorpora a los aceites esenciales en diferentes artículos, a saber: Confitería con diferentes sabores, pasabocas, galletería, lácteos, cárnicos, conservas, productos procesados (orégano, tomillo), condimentos picantes (jengibre, cúrcuma, páprika, pimienta), bebidas (aceites de cítricos, mentas), licores (anís, mentas, cardamomo, ajeno), en medicamentos y en tabacos y cigarrillos (mentas) los aceites esenciales se utilizan como aromatizantes y para enmascarar los sabores amargos, también como promotores de crecimiento para aves y otros animales de engorde (Stashenko, 2009b).

Debido a sus características aromáticas, los aceites esenciales, se usan ampliamente en industrias de jabones y perfumes. Es notable su aplicación en productos terapéuticos desarrollados por investigaciones etnofarmacológicas para el tratamiento de un amplio rango de condiciones patológicas (Belay et al., 2011; Hennebelle et al., 2008). Las diferentes actividades biológicas (antibacteriana, antiviral, anti-inflamatoria, antifúngica, anti-mutagénica, anticarcinogénica, antioxidante) de los aceites esenciales se han confirmado en múltiples estudios (Shaaban et al., 2012). El espectro amplio de actividades biológicas de los aceites esenciales está relacionado con su composición

química. Esta depende de muchas variables, por ejemplo, la parte de la planta: hojas, flores, frutas, semillas, raíces, cortezas, rizomas, gomas y exudados de oleorresinas, pueden generar aceites de composición diferente, aunque provengan de la misma planta. Los nutrientes disponibles para el crecimiento de la planta tienen un rol crucial en la definición de las reacciones bioquímicas de organelos de la planta, así como también la luminosidad, la temperatura ambiental y el suministro de agua. Es así como los cambios en el clima, el tiempo de la cosecha y el estado de desarrollo de la planta, afectan la composición del aceite esencial. Todos estos factores hacen que la composición de los aceites esenciales pueda variar, aunque estos provengan del mismo cultivo.

Los centros de producción en donde se destila más del 60% de todos los aceites esenciales del mundo se ubican en China, India, Indonesia, Egipto, Turquía, México y Brasil, países en vía de desarrollo económico muy rápido, y en otros casi 20 países en vía de desarrollo (Madagascar, Vietnam, Birmania, Guatemala, Sri Lanka, Marruecos, entre otros). Todos estos países se destacan por su larga tradición agrícola, su población cuantiosa y la mano de obra relativamente barata. Sin embargo, los países en vía de desarrollo rápido (v.gr., Brasil, China, India) poseen, además, un nivel de avances agrotecnológicos alto, lo que permite garantizar la obtención de aceites esenciales y sus derivados a una escala mayor y de calidad alta. Contradictoriamente, Colombia no entra en la lista de países productores de esencias; es su importador neto. En 2013, Colombia importó 728 toneladas de aceites esenciales, por un precio total de 11.32 millones de dólares. En el mismo año, reexportó 21 toneladas de aceites esenciales, por 0.32 millones de dólares (www.trademap.org, consultado abril 22, 2018). Esto parece bastante extraño, sobre todo, cuando existen formalmente las condiciones (clima, tierra, posibilidad de varias cosechas al año, tradición de país agrícola, etc.) para el desarrollo de esta importante industria que generaría productos agrícolas de alto valor agregado y abriría nuevas oportunidades de trabajo en el campo.

Tabla 1. Importadores del producto 3301: Aceites esenciales, desterpenados o no, incluidos concretos y absolutos; resinoides; oleorresinas; concentrados de AE en grasa, aceites fijos, ceras, obtenidos por enfleurage o maceración; subproductos terpénicos de la desterpenación de aceites esenciales; destilados acuosos y soluciones acuosas de aceites esenciales. Miles de dólares.

Importadores	2013	2014	2015	2016	2017	Crecimiento, %*	Mundo, %**
Mundo	3,961,221	4,239,335	4,516,215	4,676,301	5,573,878	NA	100%
EE. UU.	750,208	858,081	987,623	1,026,080	1,269,514	24%	22,8%
Francia	318,747	376,704	380,759	386,992	443,391	15%	8,0%
Alemania	284,876	308,413	322,693	355,509	415,443	17%	7,5%
Reino Unido	273,732	306,498	326,138	285,067	334,180	17%	6,0%
Holanda	137,466	166,499	179,059	212,593	290,454	37%	5,2%
India	135,683	159,914	160,506	212,284	272,228	28%	4,9%
China	263,384	221,099	228,330	189,290	204,299	8%	3,7%
Japón	175,883	171,466	155,689	174,622	179,666	3%	3,2%
Canadá	71,647	109,863	117,849	130,955	169,845	30%	3,0%
Singapur	136,884	133,225	132,688	150,511	169,791	13%	3,0%
Suiza	125,728	137,358	138,462	138,803	158,500	14%	2,8%
España	109,111	121,430	136,733	125,419	147,426	18%	2,6%
Irlanda	127,459	73,729	146,529	131,473	140,384	7%	2,5%
Indonesia	137,455	122,403	114,912	129,440	136,213	5%	2,4%
México	88,275	77,035	87,432	99,020	104,116	5%	1,9%
Colombia	11,322	12,220	11,900	13,280	14,289	8%	0,25%

* - 2016/2017; ** - 2017

La Tabla 1 presenta cifras del tamaño de las importaciones de aceites esenciales, que es un mercado global de más de 5500 millones de dólares (www.trademap.org, consultado agosto 3 de 2018). Su crecimiento en años recientes ha sido del orden del 5%, pero de 2016 a 2017 creció 19%. El crecimiento de las importaciones de aceites esenciales en Colombia fue del 8%. La Tabla 2 presenta cifras de los exportadores de aceites esenciales, que muestran crecimientos recientes de más del 20%. Entre estos, los principales proveedores de aceite esencial para Colombia son Brasil (17.4%), India (15%), EE.UU.(14.4%), Indonesia (9.4%) y China (8.5%). Hace más de una década, los principales proveedores eran países europeos. Mientras que las importaciones de aceites esenciales hacia Colombia ascienden a millones de dólares por año, la venta (comercialización) de esencias es del orden de miles de dólares. A primera vista, se observa una brecha económica importante. Por una parte, para producir aceites esenciales en el país, en vez de importarlos. Por otra parte, para cambiar el papel que juega el país y desarrollar una oferta exportadora en este mercado de gran tamaño que crece continuamente. Sin embargo, ello implica el desarrollo y la puesta en marcha de la cadena productiva de plantas aromáticas y productos derivados en el país, que sea sostenible, con una infraestructura para la destilación y la refinación de aceites y el control de su calidad. Esto es factible solamente con una inversión económica suficiente y el interés que tengan los sectores estatal y privado en esta industria agrícola; se requiere también un estudio previo, serio y detallado, sobre la factibilidad de la producción de las plantas aromáticas, correctamente seleccionadas, a nivel piloto y en cultivos experimentales inicialmente, para establecer la calidad y la posible competitividad de los aceites esenciales obtenidos, en los mercados nacional e internacional.

Tabla 2. Exportadores del producto 3301: Aceites esenciales, desterpenados o no, incluidos concretos y absolutos; resinoides; oleorresinas; concentrados de AE en grasa, aceites fijos, ceras, obtenidos por enfleurage o maceración; subproductos terpénicos de la desterpenación de aceites esenciales; destilados acuosos y soluciones acuosas de aceites esenciales. Miles de dólares.

Exportadores	2013	2014	2015	2016	2017	Crecimiento, % *	Mundo, % **
Mundo	4,019,980	4,540,182	4,916,838	4,781,960	5,591,332	NA	100%
India	725,826	606,221	572,995	607,726	786,269	29%	14,1%
EE.UU.	503,184	566,551	598,495	634,821	728,974	15%	13,0%
Francia	300,823	366,936	355,171	396,796	471,376	19%	8,4%
Brasil	202,937	228,609	256,877	339,048	431,217	27%	7,7%
China	336,234	594,871	793,598	423,524	354,559	-16%	6,3%
Reino Unido	227,866	267,655	243,714	218,628	271,915	24%	4,9%
Alemania	156,554	173,876	178,693	191,524	217,496	14%	3,9%
Holanda	92,124	127,024	143,853	163,595	212,181	30%	3,8%
Argentina	182,324	119,500	224,655	196,376	203,718	4%	3,6%
España	112,539	125,795	125,807	124,928	161,836	30%	2,9%
Italia	112,380	145,616	132,492	137,698	161,826	18%	2,9%
México	90,282	126,565	137,558	144,926	160,897	11%	2,9%
Indonesia	123,048	156,301	179,905	166,380	160,368	-4%	2,9%
Bulgaria	39,142	51,242	62,413	59,576	100,096	68%	1,8%
Australia	53,695	58,186	58,266	60,722	88,038	45%	1,6%
Colombia	317	306	302	236	298	26%	5,3x10⁻⁵

* - 2016/2017; ** - 2017

La biodiversidad es una gran ventaja comparativa de Colombia frente a otros países del mundo, debido a su posición geográfica ventajosa, con salida a dos océanos, una variedad de microclimas y cinturones térmicos y una riqueza biológica sin parangón. Sin embargo, todas las palabras y exclamaciones sobre la inmensa riqueza natural de Colombia resultan irrelevantes si en la práctica no se convierten en hechos, en actividades de prospección e investigación, y sobre todo, en proyectos productivos, que puedan agregar valor y aprovechar sosteniblemente la variedad de ventajas geográficas y biológicas que no existen en la mayoría de los países del mundo.

La realidad que vive gran parte de los cultivadores colombianos es un escaso poder adquisitivo, bajo rendimiento económico, productividad baja y una escasa tecnificación de operaciones y procesos rurales. La producción agrícola de Santander enfrenta una problemática compleja que incluye precios y rentabilidad bajos y la creciente falta de mano de obra rural, porque los jóvenes migran a las ciudades. La producción de aceites esenciales puede ser un agente de diversificación de cultivos, de inclusión de tecnología, adición de valor y desarrollo económico. En algunos países (Madagascar, Indonesia, Islas Comores, India, Guatemala), los cultivos de plantas aromáticas y la industria de aceites esenciales presentan una apreciable contribución a su PIB.

La satisfacción de las exigencias del mercado internacional de aceites esenciales con respecto a la calidad requiere alcanzar dos metas principales. La primera es tener intervalos estrechos de variación del contenido de los componentes mayoritarios de los aceites esenciales. La segunda es que los residuos de pesticidas estén en cantidades traza o no-detectables. Los cambios de contenido son el resultado de un número grande de variables a todo lo largo de la cadena productiva, desde el cultivo de las plantas aromáticas, hasta el empaque final del aceite esencial. Las prácticas agrícolas tradicionales, que utilizan pesticidas y fertilizantes sintéticos, son una primera barrera por sobreponer. Para lograr buena aceptabilidad de los aceites esenciales en el mercado, es

importante que en los cultivos se apliquen buenas prácticas agrícolas. Una condición inicial por atender es la capacitación y el entrenamiento de los productores en las buenas prácticas agrícolas, el control de plagas con agentes de origen natural, el uso de compostaje, fertilizantes orgánicos, combinación de cultivos y prevención de plagas. La experiencia adquirida podrá ser trasladada por los productores a otros cultivos tradicionales, en los cuales aún no hayan implementado buenas prácticas agrícolas.

Otra justificación para efectuar este tipo de investigaciones es que sus resultados permiten obtener materiales competitivos no solo en calidad, sino en costos de producción, ya que se buscan las condiciones agrícolas bajo las cuales se obtenga para cada tipo de planta aromática comercial, la mayor cantidad de masa vegetal, que luego se destilará bajo las condiciones que conduzcan a la mayor cantidad de aceite esencial. A esto se agregan el aprovechamiento del hidrosol para el riego de cultivos y el uso de la masa residual para compostaje, biocombustible y, eventualmente, obtención de extractos de utilidad en varias industrias que requieren ingredientes antioxidantes de origen natural.

El mercado de los aceites esenciales, extractos naturales, productos cosméticos y de aseo personal es bastante competitivo. No basta con insertarse en el mercado, sino que es necesario sostenerse, a través del mejoramiento continuo de los productos y el desarrollo de nuevas ofertas. En este aspecto, la participación de la universidad como fuente del respaldo técnico y científico, es fundamental para que se mantenga y crezca la demanda por los aceites esenciales y extractos de las plantas aromáticas cultivadas por los productores rurales. Los aportes básicos de la investigación científica consisten en la detección de especies vegetales promisorias con base en la identificación de su actividad biológica. El cultivo eficiente de estas plantas y la obtención de sus aceites y extractos a precios competitivos, descansan en desarrollos y hallazgos que resultan de la investigación científica, lo mismo que el desarrollo de derivados de plantas aromáticas (aceites, extractos), que luego puedan emplearse en productos finales que aprovechen a estos materiales como ingredientes activos. Para el sostenimiento a mediano y largo plazo de los ingresos de la actividad agroindustrial, es imprescindible instituir como operación rutinaria la investigación en el mejoramiento y en el desarrollo de los procesos productivos que generen valor agregado. Además de sus propiedades organolépticas atractivas, el uso de estos derivados conlleva un efecto antioxidante, microbicida, o alguna otra actividad biológica de interés, para satisfacer alguna otra demanda de importancia creciente en el mercado.

Según los resultados de una búsqueda en Scopus (Elsevier) de artículos científicos que tuvieran a Colombia como país de afiliación y que en su título, resumen o palabras clave contuvieran “essential oil”, se han generado 271 publicaciones. El primer artículo científico es de 1974 y durante los primeros 30 años, el volumen de producción fue de unos pocos artículos por año. El punto de transición, según se aprecia en la Figura 1, coincide con la creación de CENIVAM en 2005. A partir de entonces se nota un incremento, que en los últimos cinco años tiene un promedio de 27 artículos científicos por año.

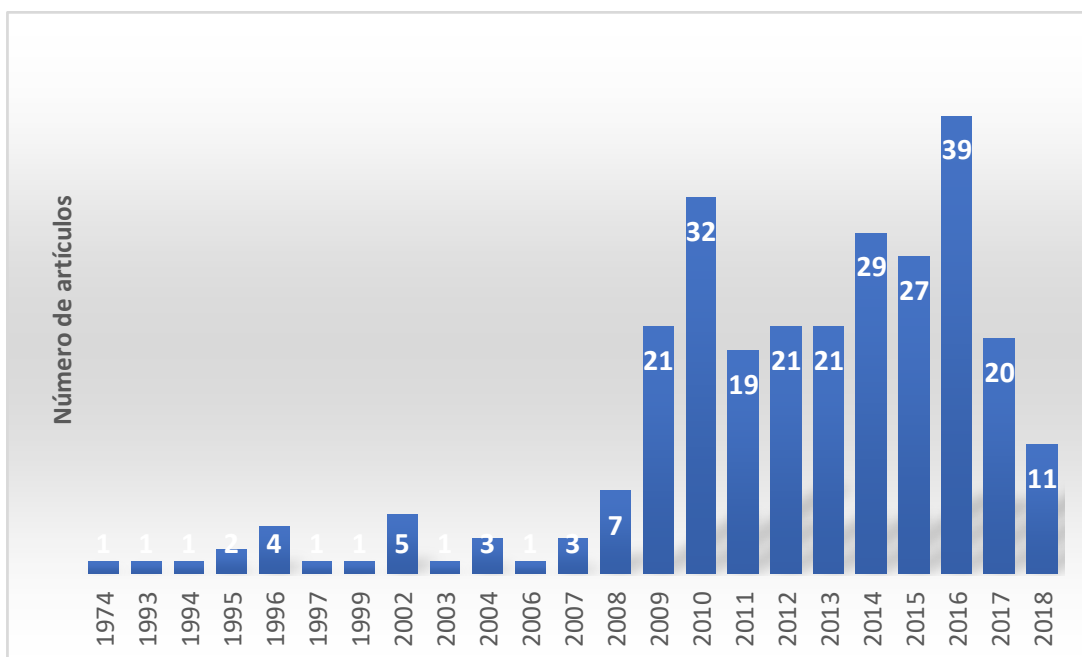


Figura 1. Evolución del número anual de artículos científicos colombianos sobre aceites esenciales. Búsqueda en Scopus con la ecuación (TITLE-ABS-KEY("essential oil") AND AFFILCOUNTRY(colombia). Fecha de consulta: julio 16, 2018.

Las cinco instituciones colombianas con mayor número de artículos científicos sobre aceites esenciales son universidades, lideradas por la Universidad Industrial de Santander (Figura 2). La inclusión de plantas aromáticas y medicinales en la ecuación de búsqueda, para ampliar la temática, resulta en 462 registros, con un crecimiento en el tiempo similar al que muestra la Figura 1. Las instituciones con mayor número de publicaciones siguen siendo las universidades. Una motivación para ampliar la ecuación de búsqueda fue hallar coincidencias con la información tan diferente que aparece en el informe técnico del PECTIA para la cadena de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines, publicado en enero de 2018 (Flórez, 2018). En este informe no aparecen declaradas las ecuaciones de búsqueda que se utilizaron en el buscador Scopus, lo que impide reproducir esos resultados, que en lugar de los 462 registros mencionados anteriormente, refieren que en la década de 2006 a 2016 Colombia produjo 887 artículos sobre la cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines.

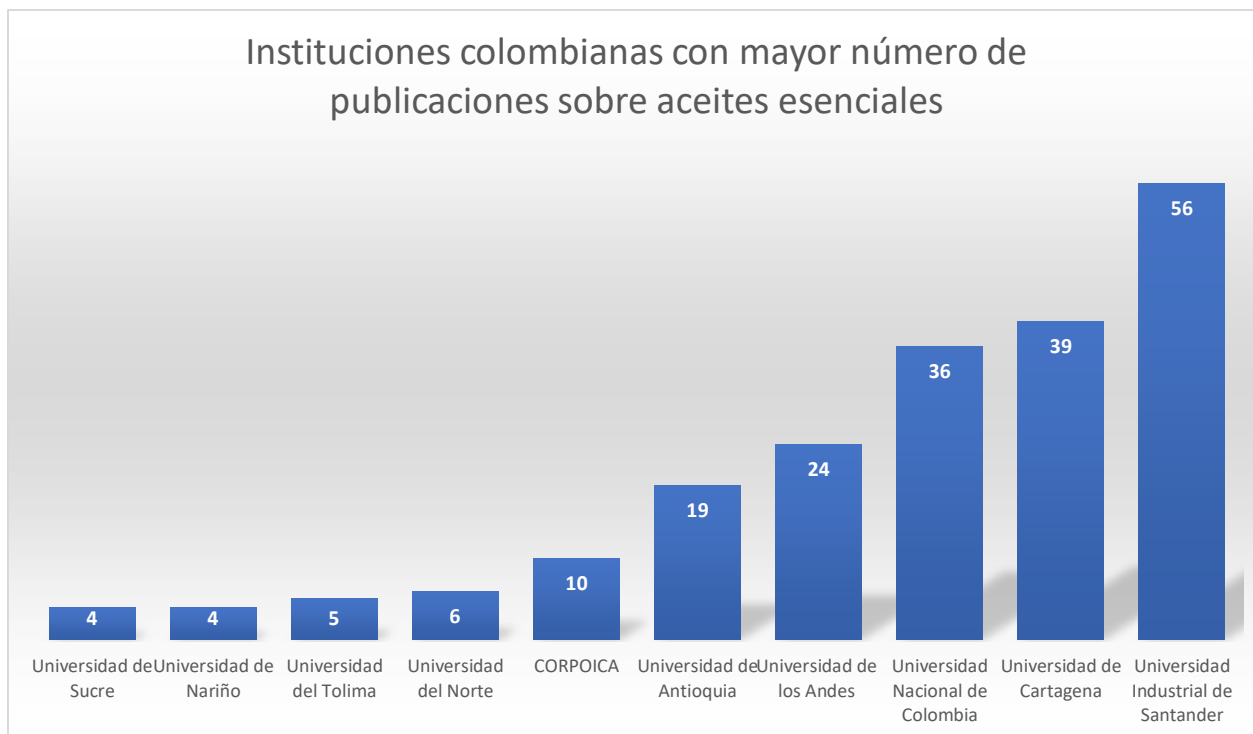


Figura 2. Diez instituciones colombianas con mayor número de publicaciones sobre aceites esenciales. Búsqueda en Scopus con la ecuación (TITLE-ABS-KEY("essential oil") AND AFFILCOUNTRY(colombia). Fecha de consulta: julio 16, 2018.

La ventaja competitiva de la biodiversidad que posee Colombia solo se materializa después de efectuar su estudio exhaustivo y el aprovechamiento sostenible a través de proyectos agrícolas innovadores. En 2005, se creó el Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales Tropicales, CENIVAM. Los resultados del trabajo de 11 grupos de investigación de cinco universidades estatales se publicaron en más de 255 artículos científicos sobre ca. 1000 aceites esenciales y extractos orgánicos y más de 700 nuevas moléculas sintetizadas, que, al probarse en alrededor de 4000 ensayos biológicos, produjeron un 47% de resultados positivos. Cerca de la mitad de los aceites esenciales estudiados mostró actividad biológica de interés.

El Centro de Investigación en Biomoléculas, CIBIMOL, nodo coordinador de CENIVAM, ha realizado investigaciones sobre la obtención y la caracterización de aceites esenciales y extractos de plantas aromáticas. Se han estudiado plantas colombianas, que se utilizan ampliamente en medicina popular, o en culinaria, por ejemplo, anís (Stashenko *et al.*, 1995a), orégano (Puertas-Mejía, 2002), mejorana, ruda (Stashenko *et al.*, 2000; 1995b), otras provenientes de Asia, como limonaria, citronela, jengibre, cítricos (Combariza *et al.*, 1994; Stashenko *et al.*, 1996a; Blanco *et al.*, 1995), vetiver, e ylang-ylang (Stashenko *et al.*, 1993, 1995c, 1996c), así como varias nativas, entre otras, *Copaifera officinalis* (Stashenko *et al.*, 1995d), *Spilanthes americana* (Stashenko *et al.*, 1996b), *Lepechinia schiediana* (Stashenko *et al.*, 1999), *Lippia alba* (Stashenko *et al.*, 2004a), *Xylopia americana* (Stashenko *et al.*, 2004b), *Hyptis umbrosa* (Quintero *et al.*, 2004), *Callistemon speciosus* (sims) DC. (Güette-Fernández *et al.*, 2008) y *Lippa organoides* (Stashenko *et*

al., 2008), haciendo énfasis en el estudio y comparación de métodos de extracción (Stashenko *et al.*, 2009a, 2010, 2013; Yáñez *et al.*, 2009; Pino *et al.*, 2009; Muñoz *et al.*, 2009; Caroprese *et al.*, 2011; Rodríguez *et al.*, 2012). El conocimiento de la composición química ha servido de base para la interpretación de los resultados de evaluación de diversos tipos de bioactividad tales como genotóxica (Vicuña *et al.*, 2010; López *et al.*, 2011; Quintero *et al.*, 2012), antiviral (Meneses *et al.*, 2009; Ocazonez *et al.*, 2010; Mesa *et al.*, 2009), antifúngica (Mesa *et al.*, 2009; Bueno *et al.*, 2009; Zapata *et al.*, 2009; Mesa *et al.*, 2010; Correa *et al.*, 2010; Zapata *et al.*, 2010; Tangarife *et al.*, 2011; Bueno *et al.*, 2011a, 2011b), de repelencia de insectos (Nerio *et al.*, 2009, 2010; Olivero *et al.*, 2009, 2010; Caballero *et al.*, 2011, 2012; Jaramillo *et al.*, 2012), antioxidante (Stashenko *et al.*, 2008, 2012; Muñoz *et al.*, 2009; Jaramillo *et al.*, 2010a,b; Olivero *et al.*, 2010; Muñoz *et al.*, 2011), citotóxica (Güette *et al.*, 2008; Zapata *et al.*, 2009; Olivero *et al.*, 2009; Vera *et al.*, 2010), antitubercular (Bueno *et al.*, 2009) y anti-protozoaria (Escobar *et al.*, 2009, 2010; Gómez *et al.*, 2010).

Sin embargo, en el contexto de la búsqueda de competitividad y del impacto socioeconómico de la labor científica, esta tarea investigativa debe trascender el simple informe del hallazgo de laboratorio. La publicación total o parcial de los resultados es solo el comienzo de la tarea. Se requiere avanzar en el uso de ese conocimiento sobre la bioactividad de una planta o sus metabolitos secundarios, para diseñar una aplicación, o un producto que lo incorpore, que aproveche ese hallazgo. Este es el foco principal del Programa Bio-Reto XXI 15:50, aprobado para financiación en la convocatoria Colombia Científica de 2017, dentro del cual participan CIBIMOL y CROM-MASS, grupos de investigación de la Universidad Industrial de Santander. En este conjunto de 15 proyectos, un resultado frecuente es un prototipo de producto cosmético, que aproveche como ingrediente un aceite esencial o un extracto vegetal. En concordancia con el reconocimiento gubernamental del sector de cosméticos y productos de aseo como un sector de clase mundial, en el Programa Bio-Reto XXI 15:50 se avanzan varias etapas investigativas del proceso de desarrollo de nuevos productos cosméticos que utilicen ingredientes aislados de plantas aromáticas tropicales. La apropiación de este saber-hacer es la pieza fundamental para lograr una ventaja competitiva en el gran mercado de los cosméticos y productos de aseo, cuyo volumen global anual es 100 veces mayor que el de solo aceites esenciales; es del orden de 495 mil millones de dólares (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009). Dentro de las barreras identificadas por la firma consultora McKinsey para hacer de clase mundial el sector cosmético aparece lo siguiente: "La inversión en I+D+i (Investigación, Desarrollo e innovación) es insuficiente, y como consecuencia gran parte de los productos desarrollados en Colombia se basan en fórmulas elaboradas por terceros en otros países" (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009). La meta del programa Bio-Reto XXI 15:50 es lograr por lo menos 15 prototipos y estudiar 50 especies aromáticas.

El Centro de Investigación en Biomoléculas, CIBIMOL, adscrito al Centro de Excelencia CENIVAM, ha venido desarrollando proyectos de investigación a escala piloto en los municipios de Socorro, Sucre y Barbosa, en Santander, con financiación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Colciencias. Gracias a estos proyectos se ha obtenido la prueba de concepto de diferentes etapas de la cadena de valor de los aceites

esenciales. Se implementó en estos 3 municipios la infraestructura básica para continuar con la investigación en las diferentes etapas de la cadena de valor de los aceites esenciales. Los resultados de esta experiencia muestran que sí es posible producir en Colombia aceites esenciales a precios competitivos en el mercado internacional, pero que los márgenes de utilidad son bastante estrechos y se logran solamente si se optimizan los rendimientos agrícolas y de extracción, y se reducen costos logísticos (transporte del material vegetal) y de operación (mano de obra calificada). Es decir, si se tecnifica en campo cada una de las operaciones de la cadena.

Bibliografía

Belay G, Tariku Y, Kebede T, Hymete A, Mekonnen Y. Ethnopharmacological investigations of essential oils isolated from five Ethiopian medicinal plants against eleven pathogenic bacterial strains. *Phytopharmacology*. 2011; 1, 133-143.

Blanco Tirado, Elena E. Stashenko, M. Yajaira Combariza, and J.R. Martínez, "*Comparative Study of Colombian Citrus Oils by High Resolution Gas Chromatography and Gas Chromatography-Mass Spectrometry*", *Journal of Chromatography A*, **1995**, 697, 501-513. _7

von Boeckel, Lex. MAPs and essential oils from Nepal. Deutsche Gesellschaft für Zusammenarbeit GmbH, 2017.

Bueno Juan Gabriel -Sánchez, Jairo René Martínez-Morales, Elena Stashenko. Actividad antimicrobiana de terpenos. *Salud UIS*. **2009**, 41, 231-235. _36

Bueno Juan Gabriel, Jairo René Martínez, Elena Stashenko, Wellman Ribón. "Anti-tubercular activity of some aromatic and medicinal plants, grown in Colombia", *Biomédica*, **2009**; 29 (1), 51-60. _62

Bueno Juan, Ericsson David Coy, Elena Stashenko. Antimycobacterial natural products – an opportunity for the Colombian biodiversity. *Revista Española de Quimioterapia* **2011**, 24(4) 175-183. _42

Bueno Juan, Patricia Escobar, Jairo René Martínez, Sandra Milena Leal, Elena E. Stashenko. Composition of three essential oils, and their mammalian cell toxicity and antimycobacterial activity against drug resistant-tuberculosis and nontuberculous mycobacteria strains. *Natural Product Communications*, **2011**, 6(11) 1567-1798. _43

Caballero Karina -Gallardo, Jesús Olivero-Verbel, Elena E. Stashenko. Repellent activity of essential oils and some of their individual constituents against *Tribolium castaneum* Herbst. *J. Agric. Food Chem.* **2011**, 59, 1690-1696. _48

Caballero Karina -Gallardo, Jesús Olivero-Verbel, Elena E. Stashenko. Repellency and toxicity of essential oils from *Cymbopogon martinii*, *Cymbopogon flexuosus* and *Lippia organoides* cultivated in Colombia against *Tribolium castaneum*. *Journal of Stored Products Research* **2012** 50 62-65. _50

Caroprese Araque J., Parra Garcés M., Arrieta Prieto D., Stashenko E. Microscopic anatomy and volatile secondary metabolites at three stages of development of the

inflorescences of *Lantana camara* (Verbenaceae). *Rev Biol Trop.* **2011**, 59(1), 473-486. _26

Chacón Quintero, N., González de Colmenares y Elena Stashenko, "Aceite esencial de las hojas de *Hyptis umbrosa* Salzm extraído por diferentes técnicas", *Acta Científica Venezolana*, **2004**, 55, 181-187. _16

Combariza M. Yajaira, C. Blanco T., Elena E. Stashenko, and T. Shibamoto, "Limonene Concentration in Lemon (*Citrus volkameriana*) Peel Oil as a Function of Ripeness", *Journal of High Resolution Chromatography*, **1994**, 17 (9), 643-646. _5

Correa Julieth, Verónica Tangarife, Camilo Durán, **Elena Stashenko**, Ana Mesa. *In vitro* antifungal activity and cytotoxic effect of essential oils and extracts of medicinal and aromatic plants against *Candida krusei* and *Aspergillus fumigatus*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, Nov. **2010**, Vol. 20, No. 5, p. 734-741. ISSN 0102-695X _39

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2015. Censo Nacional Agropecuario 2014.

Escobar Patricia, Laura Herrera, Sandra Leal, Camilo Durán, Elena Stashenko. Composición química y actividad anti-tripanosomal de aceites esenciales obtenidos de *Tagetes* (Fam. Asteraceae), recolectados en Colombia. *Salud UIS*. **2009**, 41: 280-286. _63

Escobar Patricia, Sandra Milena Leal, Laura Viviana Herrera, Jairo René Martínez, Elena Stashenko. Chemical composition and antiprotozoal activities of Colombian *Lippia* spp essential oils and their major components. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. **2010**, 105(2), 184-190. _65

Flórez, Diego Hernando. Informe técnico del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario Colombiano. Cadena de Plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines. Enero, 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.16222.33601

Guette-Fernández, J., Olivero-Verbel, J., O'Byrne-Hoyos, I., Jaramillo, B., and Stashenko, E. *Chemical composition and toxicity against Artemia franciscana of the essential oil of Callistemon speciosus (sims) DC., collected in Bogota (Colombia)*, *Journal of Essential Oil Research*, **2008**, 20 (3), 272-275. _17

Hennebelle T, Sarpaz S, Joseph H, Bailleul F. Ethnopharmacology of *Lippia alba*. *Journal of Ethnopharmacology*. 2008; 116, 211-222.

Jaramillo Beatriz E., Edisson Duarte, Karen Muñoz, Elena Stashenko. Composición química volátil del aceite esencial de *Croton malambo* H. Karst. colombiano y determinación de su actividad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, **2010a**, 15(3) 133-142. _53

Jaramillo Beatriz, Elena Stashenko, Jairo René Martínez. Composición química volátil de *Satureja brownei* (Sw.) Briq. Colombiana y determinación de su actividad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. **2010b**, 15, 52-63. _55

Jaramillo Gloria Isabel Ramirez, James G. Logan, Elisa Loza-Reyes, Elena Stashenko, Graham D. Moores. *Repellents Inhibit P450 Enzymes in Stegomyia (Aedes) aegypti*. *PLoS ONE* **2012** 7(11): e48698. doi:10.1371/journal.pone.0048698. _49

Juliani H, Koroch A, Trippi V. 1999. Micropropagation of *Lippia junelliana* (Mold.) Tronc. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 59, 175-179.

Leal S, Pino N, Stashenko E, Martinez R, Escobar P. Antiprotozoal activity of essential oils derived from *Piper* spp. grown in Colombia. *J Essential Oil Research* 2013 25(6):512-19.

López Molkary Andrea, Elena E. Stashenko, Jorge Luis Fuentes. Chemical composition and antigenotoxic properties of *Lippia alba* essential oils. *Genetics and Molecular Biology*, 2011, 34, 3, 479-488 _30

Meneses Rocío, Flor Ángela Torres, Elena Stashenko, Raquel E. Ocazonez. Aceites esenciales de plantas colombianas inactivan el virus del dengue y el virus de la fiebre amarilla. *Salud UIS* 2009, 41: 236-243. _32

Meneses Rocío, Raquel Ocazonez, Jairo R. Martínez y Elena E. Stashenko. "Inhibitory effect of essential oils obtained from plants grown in Colombia on yellow fever virus replication *in vitro*". *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 2009, 8(8). Available in: <http://www.ann-clinmicrob.com/content/8/1/8>. _33

Mesa Ana, Jehidys Montiel, Bibiana Zapata, Camilo Durán, Liliana Betancur, Elena Stashenko. Citral and carvone chemotypes from de essential oils of Colombian *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown: composition, cytotoxicity and antifungal activity. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 2009 Vol. 104(6): 878-884. _35

Mesa-Arango A. C., L. Betancur-Galvis, J. Montiel, J. G. Bueno, A. Baena, D. C. Duran, J. R. Martínez, E. E. Stashenko. Antifungal Activity and Chemical Composition of the Essential Oils of *Lippia alba* (Miller) N.E Brown Grown in Different Regions of Colombia. *Journal of Essential Oil Research*, 2010, 22, 568-574. _38

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009 <http://www.slideshare.net/anmacaos/cosmeticos-aseo-sector-clase-mundial-2069930>. Fecha de consulta: 28-03-13

Muñoz Acevedo Amner, Vladimir V. Kouznetsov, Elena E. Stashenko. Composición y capacidad antioxidante in-vitro de aceites esenciales ricos en Timol, Carvacrol, *trans*-Anetol o Estragol. *Salud UIS* 2009a, 41, 287-294. _52

Muñoz Acevedo, J.R. Martínez, E. Stashenko, Cromatografía de gases como herramienta de estudio de la composición química y capacidad antioxidante de especies vegetales ricas en timol y carvacrol, cultivadas en Colombia, *Scientia Chromatographica*, 2009b, 1 (1), 67-78. _23

Muñoz-Acevedo Amner, Elena E. Stashenko, Vladimir V. Kouznetsov, Jairo R. Martínez. Differentiation of leaf and flower extracts of basil (*Ocimum* sp.) varieties grown in Colombia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2011, 15(1), 1-9. _25

Muñoz-Acevedo Amner, Leonor Y. Vargas Méndez, Elena E. Stashenko, Vladimir V. Kouznetsov. Improved Trolox® Equivalent Antioxidant Capacity Assay for Efficient and Fast Search of New Antioxidant Agents. *Analytical Chemistry Letters* 2011, 1 (1), 86- 12. _56

Neira LF, Stashenko E, Escobar P. Actividad antiparasitaria de extractos de plantas colombianas de la familia Euphorbiaceae. *Salud UIS* 2104 46 (1) 15-22.

Nerio Luz S., Jesus Olivero-Verbel, Elena E. Stashenko. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). *Journal of Stored Products Research*. **2009**, 45, 212–214. _44

Nerio Luz Stella, Jesus Olivero-Verbel Elena Stashenko. Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*. **2010**, 101, 372-378. _46

Ocazonez Raquel Elvira; Rocio Meneses; Flor Ángela Torres; Elena Stashenko. Virucidal activity of Colombian *Lippia* essential oils on dengue virus replication in vitro. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* **2010**, 105(3) 304- 309. _34

Olivero Jesús -Verbel, Jorge Güette-Fernandez, Elena Stashenko. Acute toxicity against *Artemia franciscana* of essential oils isolated from plants of the genus *Lippia* and *Piper* collected in Colombia. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. **2009**, 8 (5), 419 – 427. _60

Olivero Jesús Verbel, Karina Caballero Gallardo, Beatriz Jaramillo Colorado, Elena E Stashenko. Actividad repelente de los aceites esenciales de *Lippia origanoides*, *Citrus sinensis* y *Cymbopogon nardus* cultivadas en Colombia frente a *Tribolium castaneum*, Herbst. *Salud UIS* **2009**; 41: 244-250. _45

Olivero Jesús -Verbel, Tulia González-Cervera, Jorge Güette-Fernandez, Beatriz Jaramillo-Colorado, Elena Stashenko, Chemical composition and antioxidant activity of essential oils isolated from Colombian plants. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. **2010**, 20(4), 568-574. _54

Olivero Jesús, Luz Neiro, Elena Stashenko. Bioactivity against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils grown in Colombia. *Pest Management Science*. **2010**, 66(6), 664-668. _47

Ou B, Hampsch-Woodill M, Prior R. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *J. Agric. Food Chem.* 2001, 49(10): 4619-4626.

Pino Benítez, E. Melendez, E. Stashenko, Essential oil composition from two species of *Piperaceae* family grown in Colombia. *Journal of Chromatographic Science*, **2009**, 47 (9), 804-807. _22

Puertas Miguel -Mejía, Silke Hillebrand, Elena Stashenko, and Peter Winterhalter “*In Vitro Radical Scavenging Activity of Essential Oils from Colombian Plants and Fractions from Oregano (Origanum vulgare L.) Essential Oil*”, *Journal of Flavour and Fragrance*, **2002**, 17, 380-384. _2

Quintero Nathalia, Elena E. Stashenko, Jorge Luis Fuentes. The influence of organic solvents on estimates of genotoxicity and antigenotoxicity in the SOS chromotest” *Genetics and Molecular Biology* **2012**, 35 (2) 503-514. _31

Re R, Pellegrini N, Prottegente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decoloration assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 1999, 26(9-10): 1231-1237.

Rodríguez Raúl Quintanilla, Carlos Ruiz Nova, Ginna Arias Moyano, Hans Castro Salazar, Jairo Martínez, Elena Stashenko. Estudio comparativo de la composición de los aceites esenciales de cuatro especies del género *Cymbopogon* (Poaceae) cultivadas en Colombia. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas **2012**, 11 (1) _27

Shaaban Hamdy A.E., El-Ghorab Ahmed H., Shibamoto Takayuki (2012) Bioactivity of essential oils and their volatile aroma components: Review. Journal of Essential Oil Research **24**, (2): 203-212

Stashenko Elena. E., J.R. Martínez, Carlos Macku, and T. Shibamoto, "*HRGC and GC-MS Analysis of Essential Oil from Colombian Ylang-Ylang (Cananga odorata Hook Fil. et Thomson, forma genuina)*", Journal of High Resolution Chromatography, **1993**, 16 (7), 441-444. _8

Stashenko Elena. E., H. Villa D. and M.Y. Combariza, "*Study of Compositional Variation in Colombian Rue Oil (Ruta graveolens) by HRGC using different Detection Systems*", Journal of Microcolumn Separation, **1995**, 7 (2), 117-122. _4

Stashenko Elena E., C.R. Martínez, J.R. Martínez, and T. Shibamoto, "*Catalytic Transformation of Anis Oil (Pimpinella anisum L.) Over Zeolite Y*", Journal of High Resolution Chromatography, **1995a**, 18 (8), 501-503. _1

Stashenko Elena E., H. Wiame, S. Dassy, J.R. Martínez, and T. Shibamoto, "*Catalytic Transformation of Copaiba Oil (Copaifera officinalis) over Zeolite ZSM-5*", Journal of High Resolution Chromatography, **1995b**, 18 (1), 54-58. _11

Stashenko Elena. E., W. Torres and J.R. Martínez, "*A Study of Compositional Variation in the Essential Oil of Ylang-Ylang (Cananga odorata Hook. Fil. et Thomson, forma genuina) during Flower Development*", Journal of High Resolution Chromatography, **1995c**, 18 (2), 101-104. _9

Stashenko Elena. E., Miguel A. Puertas and Marianny Y. Combariza, "*Volatile Secondary Metabolites from Spilanthes americana Obtained by Simultaneous Steam Distillation - Solvent Extraction and Supercritical Fluid Extraction*", Journal of Chromatography A, **1996b**, 752, 223-232. _12

Stashenko Elena E., Ramiro Martínez, M., Elena Pinzón, and Jesús Ramírez, "*Changes in Chemical Composition of Catalytically Hydrogenated Orange Oil (Citrus sinensis)*", Journal of Chromatography A, **1996a**, 752, 217-222. _6

Stashenko Elena. E., Nubia Quiroz Prada and Jairo Rene Martínez, "*HRGC/FID/NPD and HRGC/MSD Study of Colombian Ylang-Ylang (Cananga odorata) Oils Obtained by Different Extraction Techniques*", Journal of High Resolution Chromatography, **1996c**, 19 (6), 353-358. _10

Stashenko Elena E., Martha Cervantes, Yajaira Combariza, and Jairo R. Martínez, "*HRGC-FID-MSD Analysis of the Secondary Metabolites Obtained by Different Extraction Methods from Lepechinia schiedeana, and Evaluation of its Antioxidant Activity in Vitro*", Journal of High Resolution Chromatography, **1999**, 22 (6), 343-349. _13

Stashenko Elena. E., Ricardo Acosta and Jairo René Martínez, "*High-Resolution Gas Chromatographic Analysis of the Secondary Metabolites Obtained by Subcritical Fluid*

Extraction from Colombian Rue (Ruta graveolens L.)”, Journal of Biochemical and Biophysical Methods, **2000a**, 43, 379-390. _3

Stashenko E, Puertas M, Salgar W, Delgado W, Martínez J. Solid-Phase Microextraction with on-Fibre Derivatisation Applied to the Analysis of Volatile Carbonyl Compounds. Journal of Chromatography A, 2000b, 886: 175-181.

Stashenko Elena E., B. E. Jaramillo, and Jairo René Martínez, “*HRGC/FID/MSD Analysis of Volatile Secondary Metabolites from Lippia alba (Mill.) N.E. Brown grown in Colombia and Evaluation of their in Vitro Antioxidant Activity*”, Journal of Chromatography A, **2004a**, 1025, 99-103. _14

Stashenko Elena E., Jairo René Martínez, and B. E. Jaramillo, “*Analysis of volatile secondary metabolites from Colombian Xylopia aromatica (Lamarck) by different extraction and headspace methods and gas chromatography*”, Journal of Chromatography A, **2004b**, 1025, 105-113. _15

Stashenko Elena, Carlos Ruiz, Amner Muñoz, Martha Castañeda, and Jairo Martínez, “*Composition and antioxidant activity of essential oils of Lippia organoides H.B.K. grown in Colombia*”, Natural Product Communications, **2008**, 3 (4), 563-566. _18

Stashenko E, J.R. Martínez, Algunos aspectos de la detección en cromatografía de gases y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Selectividad e identificación, *Scientia Chromatographica*, **2009a**, 1 (3), 29-45. _21

Stashenko E., “*Aceites esenciales*”, 1a Ed., División de Publicaciones UIS, Bucaramanga, Colombia, octubre **2009b**, 180 p. ISBN 978-958-44-5944-2.

Stashenko, E., C.A. Ruíz, G. Arias, D.C. Durán, W. Salgar, M. Cala, J.R. Martínez, *Lippia organoides* chemotype differentiation based on essential oil GC-MS analysis. *Journal of Separation Science*. **2010**, 33 (1), 93-103. _24

Stashenko Elena, Jairo René Martínez, Edwin Ramírez, Anderson Julián Arias, Eva Giselle Vásquez. Rendimiento y capacidad antioxidante de extractos de *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis* y *Psidium guajava* obtenidos con CO₂ supercrítico. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Vol XXXVI, Número 140, **2012**, 305-315. _57

Stashenko Elena, Jairo René Martínez, Mónica Cala, Diego Camilo Durán, Deyanira Caballero. Chromatographic and mass spectrometric characterization of essential oils and extracts from *Lippia* (Verbenaceae) aromatic plants. *Journal Separation Science*. **2013**, 36, 192-202. _28

Tangarife Verónica, Julieth Correa, Bibiana Zapata, Camilo Durán, **Elena Stashenko**, Ana Mesa. Anti-*Candida albicans* effect, cytotoxicity and interaction with antifungal drugs of essential oils and extracts from aromatic and medicinal plants. *Infectio*. **2011**; 15(3): 160-167 _41

Vera Antonia Paola, Jesús T. Olivero; Beatriz E. Jaramillo; Elena Stashenko. Efecto protector del aceite esencial de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown sobre la toxicidad del mercurocromo en raíces de *Allium cepa* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales. **2010**, 15(1), 27-37. _61

Vicuña Gloria Carolina, Elena E. Stashenko, Jorge Luis Fuentes. Chemical composition of the *Lippia origanoides* essential oils and their antigenotoxicity against bleomycin-induced DNA damage. *Fitoterapia*. **2010**, 81(5), 343-349. _29

Yang, J., Ou, B., Wise, M. y Chu, Y. In vitro total antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of three common oat-derived avenanthramides. *Food Chemistry*. **2014**. 160. 338-345.

YÁÑEZ XIOMARA RUEDA, LILIANA BETANCUR GALVIS, LEE SOLBAY AGUDELO GÓMEZ, MARÍA BIBIANA ZAPATA, JULIETH CORREA ROYERO, ANA CECILIA MESA ARANGO, ELENA STASHENKO. Composición química y actividad biológica de aceites esenciales de *Calycolpus moritzianus* recolectado en el Norte de Santander, Colombia. *Salud UIS*. **2009**, 41, 259-267. _20

ZAPATA BIBIANA, CAMILO DURÁN, ELENA STASHENKO, JULIETH CORREA-ROYERO, LILIANA BETANCUR-GALVIS. Actividad citotóxica de aceites esenciales de *Lippia origanoides* H.B.K. y componentes mayoritarios. *Salud UIS* **2009**; 41: 215-222. _59

ZAPATA BIBIANA, CAMILO DURÁN, ELENA STASHENKO, LILIANA BETANCUR GALVIS, ANA CECILIA MESA ARANGO. Actividad antimicótica, citotoxicidad y composición de aceites esenciales de plantas de la familia Labiatae. *Salud UIS* **2009**; 41: 223-230. _37

Zapata, B., D.C. Durán García, E. Stashenko, L.A. Betancur Galvis, A.C. Mesa Arango, Actividad antimicótica y citotoxicidad de aceites esenciales de plantas de la familia Asteraceae. *Revista Iberoamericana de Micología*. **2010**, 27(2), 101-103. _40

Zhang, L., Huang, D., Kondo, M., Fan, E., Ji, H., Kou, Y. y Ou, B. Novel high throughput assay for antioxidant capacity against superoxide anion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **2009**. 57. 2661-2667.