

Revisión de la producción, composición fitoquímica y propiedades nutraceuticas del orégano mexicano*

Revision of the production, phytochemical composition, and nutraceutical properties of Mexican oregano

Enrique García-Pérez¹, Fernando Francisco Castro-Álvarez¹, Janet Alejandra Gutiérrez-Uribe¹ y Silverio García-Lara^{1§}

¹Departamento de Biotecnología e Ingeniería de Alimentos, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey, Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur, C. P. 64849. Monterrey, Nuevo León, México. Tel: 83582000 Ext. 4821, Fax: 83581400. (jagu@itesm.mx). [§]Autor para correspondencia: sgarcialara@itesm.mx.

Resumen

El orégano es una planta de distribución mundial, el cual está representado principalmente por dos especies: *Origanum vulgare* (Lamiaceae) nativo de Europa, y *Lippia graveolens* (Verbenaceae), originaria de América. México ocupa el segundo lugar como productor mundial de orégano con la especie *L. graveolens* H. B. K. Sin embargo, la mayoría de las especies explotadas son silvestres y su cultivo es aún tradicional y limitado. En este trabajo se presenta un análisis de las estrategias de propagación, composición química y propiedades nutraceuticas del orégano. Los fitoquímicos presentes pueden clasificarse en tres categorías: compuestos volátiles, lípidos y fenólicos. Estos componentes presentan diversas propiedades nutraceuticas entre las que destacan la actividad antioxidante, hipoglucémica, hipotensiva, hipolipidémica y anticancerígena. Los avances en el estudio de la composición fitoquímica y su relación con nuevas propiedades nutraceuticas hacen del orégano un producto de alto valor comercial con amplias aplicaciones quimioterapéuticas.

Palabras clave: *Lippia graveolens*, anti-cancerígeno, anti-oxidante, compuestos fenólicos.

Abstract

The oregano plant is distributed worldwide, and represented mainly by two species: *Origanum vulgare* (Lamiaceae) native of Europa, and *Lippia graveolens* (Verbenaceae), native of America. Mexico is the second largest producer of oregano in the world, with the species *L. graveolens* H. B. K. However, most of the species used are wild, and raising them is done in a traditional and limited way. In this study we present an analysis of the dissemination strategies, chemical composition and nutraceutical properties of oregano. Phytochemicals present can be classified into three categories: volatile, lipids and phenolic compounds. These components present diverse nutraceutical properties, the most important of which are antioxidant activities, hypoglycemic, hypotensive, hypolipidemic and anti-carcinogenic. The advances in the study of the phytochemical composition and its relationship with new nutraceutical properties, make oregano a product with a high commercial value and broad chemotherapeutic applications.

Key words: *Lippia graveolens*, anti-cancer, anti-oxidant, phenolic compounds.

* Recibido: abril de 2011
Aceptado: enero de 2012

Introducción

El orégano es una planta aromática cultivada en varias regiones del mundo, cuyo valor comercial se debe a sus características como especia, condimento y propiedades medicinales. De mayor importancia industrial y farmacéutica es su aceite esencial, el cual se emplea como fragancia en jabones, perfumes, cosméticos, saborizantes, entre otros (Koksal *et al.*, 2010); además, posee propiedades antibacteriales, antifúngicas, antiparasitarias, antimicrobianas y antioxidantes (Rivero-Cruz *et al.*, 2011). En el mundo existen diferentes variedades de orégano que han sido explotadas comercialmente. La producción global del orégano es estimada en alrededor de 15 000 toneladas, siendo Turquía el principal productor seguido de México. Aunque estas plantas han despertado un creciente interés por su composición fitoquímica y propiedades nutraceuticas (componentes que tienen efectos benéficos en la salud), en México se tiene una capacidad de producción agronómica e industrial limitada perdiendo con ello la oportunidad de generar productos de alto valor nutricional y económico. Este panorama ofrece una oportunidad única para el desarrollo de cultivos biotecnológicamente adaptados a diversas regiones de México, que permitan una explotación sostenible del orégano mexicano. Por lo que este trabajo de análisis tiene como objetivo presentar una síntesis del conocimiento en orégano resaltando los aspectos agronómicos y de producción, los avances en el estudio de la composición fitoquímica, así como las nuevas propiedades nutraceuticas con aplicaciones médicas.

Descripción y producción

El orégano es una planta herbácea, perenne y aromática que se encuentra ampliamente distribuida en el mundo, *Origanum vulgare* (Kintzios, 2002; Mata-González y Meléndez-González, 2005). Taxonómicamente tiene representantes en cuatro familias: Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae y Verbenaceae, siendo las dos últimas las más reconocidas (Huerta, 1997; Kintzios, 2002). Existe controversia en el número de géneros y especies que se han reconocido bajo este nombre, siendo registradas hasta el momento de 24 a 61 especies, distribuidas en 16 a 27 géneros (Mata-González y Meléndez-González, 2005; Oliveira *et al.*, 2007; Koksal *et al.*, 2010).

Las especies de mayor importancia económica son: *Origanum vulgare* L. ssp. *viride* (Boiss) Hayak (orégano griego), *Origanum onites* L. (orégano turco), *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns y Link, *Coridothymus capitatus*

Introduction

Oregano is an aromatic plant grown in several areas of the world, with a commercial value that can be explained by its characteristics as a spice, as a condiment, and its medical properties. Its essential oil, used as a fragrance in soaps, perfumes, cosmetics, flavoring, and others, has the greatest industrial and pharmaceutical importance (Koksal *et al.*, 2010). It also has antibacterial, antifungal, antiparasitic and antioxidant properties (Rivero-Cruz *et al.*, 2011). In the world there are different varieties of oregano that have been put to commercial use. World oregano production is estimated in 15 000 tones, Turkey being the main producer, followed by Mexico. Although these plants have raised interest due to their phytochemical composition and nutraceutical properties (components that have beneficial effects on human health), Mexico has a limited industrial and agronomical production capacity, therefore missing the opportunity to generate products with high nutritional and economic values. This landscape offers a unique opportunity for the development of crops that are biotechnologically adapted to diverse regions in Mexico, which allow a sustainable production of Mexican oregano. Therefore, this analysis has the aim of synthesizing knowledge on oregano, highlighting the agricultural and production aspects, advances in the study of its phytochemical makeup, as well as the new nutraceutical properties with medical applications.

Description and production

Oregano is a herbaceous, perennial and aromatic plant that is widely distributed in all the world, *Origanum vulgare* (Kintzios, 2002; Mata-González y Meléndez-González, 2005). Taxonomically, it is represented in four families: Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae and Verbenaceae, the two latter being the best-known (Huerta, 1997; Kintzios, 2002). There is a certain controversy in the number of genera and species that have been recognized under this name, yet only 24 to 61 species have been registered until this day, distributed in 16 to 27 genera (Mata-González y Meléndez-González, 2005; Oliveira *et al.*, 2007; Koksal *et al.*, 2010).

The species with the highest economic importance are: *Origanum vulgare* L. ssp. *viride* (Boiss) Hayak (Greek oregano), *Origanum onites* L. (Turkish oregano), *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns and Link, *Coridothymus capitatus*

(L.) Rchb. (orégano español, perteneciente a la familia Lamiaceae) y *Lippia graveolens* H. B. K. (orégano mexicano, de la familia Verbenaceae) (Oliveira *et al.*, 2007). Es importante mencionar que existe una gran diferencia entre el orégano europeo (*Origanum* sp.) y el orégano Mexicano (*Lippia* sp.) como se describirá en este trabajo (Kintzios, 2002; Mata-González y Meléndez-González, 2005). Sin embargo, debido a que se ha dado el nombre de orégano a todas aquellas plantas que son ricas en monoterpenos fenólicos, principalmente carvacrol y timol, existe aún confusión en la información disponible (Villavicencio *et al.*, 2007).

La producción mundial de orégano genera un valor comercial aproximado de \$22.5 millones de dólares; no obstante la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) estimó que en 2005 las ventas totales de orégano sumaron más de \$75 billones de euros (CONAFOR, 2009; Koksál *et al.*, 2010). El mayor productor de orégano en el mundo es Turquía, con exportaciones que superan las 10 000 toneladas anuales, seguido por México, Grecia y otros países (Villavicencio *et al.*, 2007; Koksál *et al.*, 2010). El mayor consumidor de orégano es Estados Unidos de América quien importa 6 mil toneladas anuales (Olivier, 1996).

Importancia comercial en México

México cuenta con cerca de 40 especies conocidas de orégano, siendo algunas de ellas endémicas, las cuales se distribuyen en varios estados de la república mexicana (Figura 1). Por ejemplo, 90% de la producción de *Lippia graveolens* en Coahuila se obtiene de zonas silvestres y de este volumen 80% de hoja seca es exportada (CONAFOR, 2009). La producción anual se encuentra alrededor de 3 000 toneladas de las cuales 2 000 son exportadas a Estados Unidos de América. Las exportaciones del orégano Mexicano están destinadas también al Reino Unido, Alemania, Francia y Canadá. Se ha registrado que entre 2006 y 2008 las ventas de orégano mexicano aumentaron \$2 millones de dólares (Olivier, 1996; CONAFOR, 2009).

La principal especie comercial producida en México pertenece al género *Lippia*, siendo los principales estados productores: Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Coahuila, Jalisco, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Baja California Sur (Villavicencio *et al.*, 2007). Sin embargo, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) registró en 2009 sólo cuatro estados productores de orégano: Baja California Sur,

(L.) Rchb. (Spanish oregano, which belong to the family Lamiaceae) and *Lippia graveolens* H. B. K. (Mexican oregano, of the family Verbenaceae) (Oliveira *et al.*, 2007). It is worth mentioning that there is a big difference between European oregano (*Origanum* sp.) and Mexican oregano (*Lippia* sp.), as we will describe in this work (Kintzios, 2002; Mata-González and Meléndez-González, 2005). However, since the name oregano has been given to all plants rich in phenolic monoterpenes, mainly carvacrol and thymol, there is still some confusion in the information available (Villavicencio *et al.*, 2007).

Worldwide production of oregano generates an approximate commercial value of \$22.5 million dollars, although the National Forestry Commission (CONAFOR) estimated that in 2005, total oregano sales produced a total of \$75 billion Euros (CONAFOR, 2009; Koksál *et al.*, 2010). The world's largest oregano producing country is Turkey, with exports of above 10 000 tons a year, followed by Mexico, Greece, and other countries (Villavicencio *et al.*, 2007; Koksál *et al.*, 2010). The world's largest consumer of oregano is the USA, with total imports of 6 thousand tons every year (Olivier, 1996).

Commercial importance in Mexico

Mexico has nearly 40 species of oregano, some of which are endemic and distributed in several states in Mexico (Figure 1). For example, 90% of the production of *Lippia graveolens* in Coahuila is found in wild areas, and out of this volume 80% of dry leaves are exported (CONAFOR, 2009). Yearly production is in nearly 3 000 tons, out of which 2,000 are exported to the USA. Other destinations for Mexican oregano exports are Great Britain, Germany, France and Canada. Sales of Mexican oregano between 2006 and 2008 increased in 2 million dollars (Olivier, 1996; CONAFOR, 2009).

The main commercial species produced in Mexico belongs to the genus *Lippia*, and the most important production belongs to the states of: Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Coahuila, Jalisco, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo and Baja California Sur (Villavicencio *et al.*, 2007). However, the Agriculture, Food and Fishing Information Service (SIAP) of the Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fishing and Food (SAGARPA) only registered four oregano-producing states in 2009: Baja California Sur, Chihuahua, Durango and Oaxaca, with productions of 32.09, 60.80, 0.70 and 24.0 tons,

Chihuahua, Durango y Oaxaca, con producciones de 32.09, 60.80, 0.70 y 24.0 toneladas, respectivamente (SIAP, 2010). En la actualidad persiste el desconocimiento de la diversidad en México para el orégano y las propiedades de cada especie, que pueden ser una oportunidad para explotar las cadenas productivas en estas regiones.

Producción, manejo agronómico y sustentabilidad

A pesar de que México es el segundo productor mundial de orégano, la mayoría de las especies explotadas comercialmente son silvestres y no están incluidas en los programas básicos de manejo y mejoramiento agronómico. La producción comercial del orégano mexicano demanda homogeneidad, volumen y calidad; sin embargo, ésta se realiza en zonas marginadas y de escasos ingresos, generando una explotación desmedida que ponen en peligro la biodiversidad y sustentabilidad de la misma. Por estas razones es necesario asegurar un manejo racional de este recurso para poder impactar positivamente el nivel socioeconómico de las familias en las regiones donde se produce (Huerta, 1997). De acuerdo con la CONAFOR (2009), se han implementado paquetes tecnológicos para el manejo del orégano, cuyo fin es el aporte de innovaciones sobre prácticas silviculturales.

Algunos estudios pioneros han establecido las bases de manejo agronómico del orégano, destacando la necesidad de recolectar semilla antes de la cosecha para renovar las poblaciones (INIFAP, 2008); como optimizar la germinación de las mismas utilizando ácido giberélico (100 ppm), como se ha hecho en parcelas experimentales en Sonora (30 000 plantas ht) donde se han generado rendimientos de 1 650 kg ht de hoja seca (Corella *et al.*, 2008). Además, se ha propuesto su propagación por medio de estacas, utilizando ácido indol-butírico (2 000 ppm) como enraizador. El corte de la planta se ha sugerido al alcanzar la madurez y después de la floración. La calidad de la planta cultivada bajo este esquema es óptima para su explotación hasta los 3 años (Corella *et al.*, 2008). En este sentido los agro-negocios en esta área son aún incipientes y demandan esquemas sustentables que aseguren la generación de la materia prima para su posterior transformación.

Mejoramiento genético y micropropagación

Existe muy poca información sobre las posibles herramientas de conservación de las diversas especies del orégano mexicano, especialmente en el área de micropropagación

respectively (SIAP, 2010). There is currently no knowledge on the diversity in Mexico for oregano and the properties of each species, which can be an opportunity to take advantage of the productive chains in these regions.

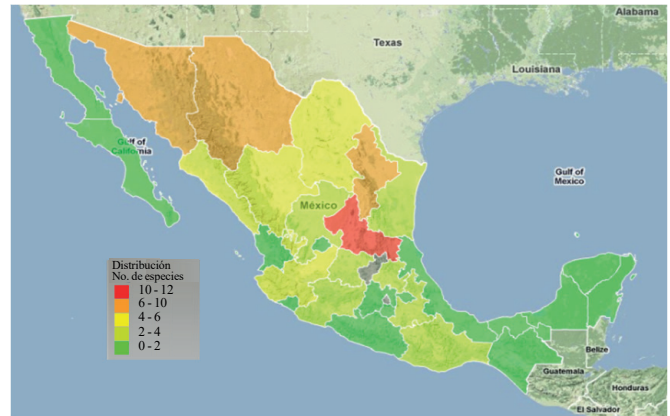


Figura 1. Mapa de distribución de especies de orégano en México. Con base en la información disponible del Herbario Virtual de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Figure 1. Map of oregano species distribution in Mexico. Based on the information available from the Virtual Herbarium National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity (CONABIO).

Production, agricultural management and sustainability

Despite Mexico being the second largest producer of oregano worldwide, most species exploited commercially are wild and are not included in the basic agricultural improvement and management programs. The commercial production of Mexican oregano requires homogeneity, volume and quality; however, it is performed in poor and marginal areas, which leads to excessive exploitation, endangering the biodiversity and its sustainability. This is the reason why it is necessary to ensure a rational management of this resource to have a positive impact on the socioeconomic levels of families in areas it is produced (Huerta, 1997). According to CONAFOR (2009), technological packages have been implemented for the management of oregano, with the aim of bringing innovations regarding silvicultural practices.

Pioneering studies have established the bases for the agricultural management of oregano, out of which we can highlight the need to gather seeds before harvest to renew populations (INIFAP, 2008); how to optimize their germination using gibberellic acid (100 ppm), as it has been

y el cultivo *in vitro*, lo cual contrasta con lo que ocurre con el orégano europeo, el cual ha sido ampliamente estudiado con la finalidad de domesticarlo, mejorarlo y proteger las especies silvestres. Como resultado de estos estudios sobre el orégano europeo, se han propuesto programas de mejoramiento genético, con el objetivo de obtener mejores rendimientos reflejados en mayor número de hojas, menos tallos, plantas resistentes a enfermedades, con tolerancia a suelos salinos, a bajas temperaturas y mejores características aromáticas (aceite esencial y propiedades antioxidantes). No obstante, para el orégano mexicano aún se requieren de conocimiento básico de nuevas variedades e híbridos que satisfagan las necesidades del consumidor(a) y del mercado de exportación.

A través del cultivo *in vitro* se han obtenido plantas de orégano, principalmente del género *Origanum*, orégano europeo, utilizando las técnicas de organogénesis directa e indirecta, embriogénesis somática y cultivo de meristemos (Cuadro 1). Estas estrategias de reproducción *in vitro* se basan en la utilización del medio de Murashige y Skoog (MS) como medio de cultivo inicial (Kintzios, 2002).

done in experimental parcels in Sonora (30 000 plants ht), where yields of 1 650 kg ht of dry leaves have been obtained (Corella *et al.*, 2008). Likewise, its dissemination using stakes has been proposed, using indolbutyric acid (2 000 ppm) to help take roots. The cutting of the plant has been suggested upon maturity and after flowering. The quality of the plant sowed under this scheme is optimum for its use for up to 3 years (Corella *et al.*, 2008). In this sense, agrobusinesses in this area are still incipient and the require sustainable schemes that ensure the raw material for its later transformation.

Genetic improvement and micropropagation

There is very little information on the possible tools for conserving the diverse species of Mexican oregano, especially in the area of micropropagation and *in vitro* culturing, which contrasts with what occurs in European oregano, which has been widely studied in order to domesticate it, improve it and protect wild species. As a result of these studies on European oregano, genetic improvement programs have been proposed in order to obtain better yields, reflected on a greater number of leaves, less stalks,

Cuadro 1. Principales estrategias de micropropagación en orégano.

Table 1. Main micropropagation strategies in oregano.

Especie	Método*	Medios y fitoreguladores**	Referencia
<i>O. vulgare x aplii</i>	Meristemos apicales	MS basal NAA (0.53 µM) y BA (0.26 µM).	Goleniowski <i>et al.</i> (2003).
<i>O. vulgare</i> L. ssp. <i>hirtum</i>	Organogénesis directa	Macronutrientes de MS y micronutrientes de Nitsch y Nitsch, 1 mg L ⁻¹ de BA.	Morone-Fortunato y Avato (2008)
<i>Origanum sipyleum</i> L.	Organogénesis directa	MS basal mas CaCl ₂ (550 mg L ⁻¹) BA (1 mg L ⁻¹) e IBA (0.5 mg L ⁻¹)	Oluk y Çakır. (2009)
<i>Lippia alba</i> cv. Kavach	Organogénesis directa	MS basal BA (2 µg mL ⁻¹)	Gupta <i>et al.</i> (2001)
<i>Lippia sidoides</i> Cham.	Organogénesis directa	MS basal IBA (0-0.1 mg L ⁻¹) y BA (0-4 mg L ⁻¹)	Blank <i>et al.</i> (2008)
<i>Lippia Javanica</i>	Organogénesis directa	MS basal BA (0.25 mg L ⁻¹)	Ara <i>et al.</i> (2010)
<i>Lippia gracilis</i> Schauer	Organogénesis directa	MS basal BA (0-2 mg L ⁻¹) y NAA (0-0.5 mg L ⁻¹)	Marinho <i>et al.</i> (2011)
<i>Poliomintha glabrescens</i> Gray	Organogénesis directa	MS basal BA (0.02 mg L ⁻¹) y NAA (0.5 mg L ⁻¹)	García-Pérez <i>et al.</i> (2011)

*Basado en la clasificación de métodos de micropropagación propuesta por (George *et al.*, 2008); ** 2,4-D, 2,4-dichlorofenoxiacético; BA, 6-benciladenina; NAA, ácido naftalenacético; IBA, ácido indol-butírico; CaCl₂, cloruro de calcio; MS, Murashige y Skoog.

Composición fitoquímica

Los dos principales géneros de orégano, *Origanum* y *Lippia*, difieren en el tipo y cantidad de fitoquímicos identificados en los vástagos (Figura 2), los cuales de acuerdo con su naturaleza, pueden clasificarse en tres categorías: compuestos volátiles, lípidos y fenólicos.

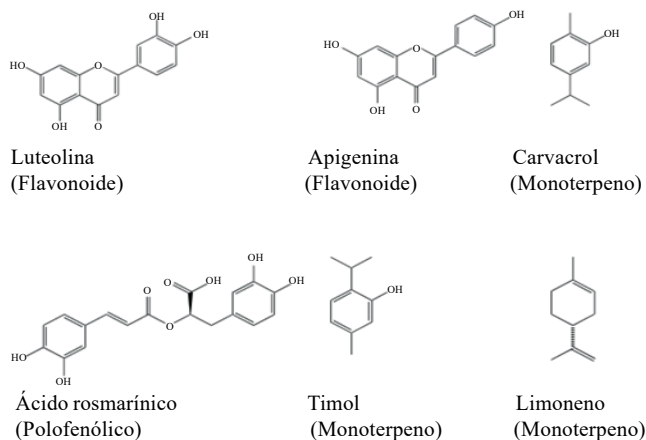


Figura 2. Estructura de los principales componentes fitoquímicos en orégano.

Figure 2. Structure of the main phytochemical components in oregano.

Compuestos volátiles

Los compuestos volátiles son los principales responsables de las características sensoriales presentes en el orégano, dado que su concentración modifica el olor y el sabor de las hojas. Dentro de los compuestos volátiles encontrados hay terpenos, sesquiterpenos, alcoholes y aldehídos (Cuadro 2). Recientemente en la especie de orégano polaco (*O. vulgare*) se han reportado monoterpénidos, monoterpénos, alcoholes y otros compuestos entre los que se incluyen sesquiterpenos, aldehídos, cetonas y éteres (Figiel *et al.*, 2010). Estos resultados son similares al estudio realizado por Lukas *et al.* (2009) quien reporta compuestos y concentraciones análogos en 11 poblaciones de orégano Siriano (*Origanum syriacum* L.). En el género *Lippia*, Machado *et al.* (2010) determinaron que la composición del aceite esencial de *L. graveolens* H. B. K. contiene monoterpénos, sesquiterpenos y otros compuestos.

disease-resistant plants, with tolerance to saline soils, at low temperatures, and better aromatic qualities (essential oils and antioxidant properties). However, for Mexican oregano, basic knowledge is still required on new varieties and hybrids that satisfy the needs of consumers and the export market.

Using *in vitro* culture, oregano plants have been obtained, mainly from the genus *Origanum*, or European oregano, using direct and indirect organogenesis, somatic embryogenesis and meristem cultures (Table 1). These *in vitro* reproduction strategies are based on the use of the Murashige and Skoog medium (MS) as an initial culture medium (Kintzios, 2002).

Phytochemical composition

The two main genera of oregano, *Origanum* and *Lippia*, differ in the type and amount of phytochemicals identified in the shoots (Figure 2), which, depending on their nature, can be classified into three categories: volatile compounds, lipids and phenolics.

Volatile compounds

Volatile compounds are the most responsible for the sensorial characteristics present in oregano, since its concentration modifies the odor and taste of the leaves. Within the volatile compounds found, there are terpenes, sesquiterpenes, alcohols and aldehydes (Table 2). Recently, in the species of Polish oregano (*O. vulgare*) monoterpénidos, monoterpénos, alcoholes and other compounds have been reported, including sesquiterpenes, aldehydes, cetonas and ethers (Figiel *et al.*, 2010). These results are similar to the study performed by Lukas *et al.* (2009), who reports analogous compounds and concentrations in 11 populations of Siriano oregano (*Origanum syriacum* L.). In the genus *Lippia*, Machado *et al.* (2010) determined that the composition of the essential oil of *L. graveolens* H. B. K. contains monoterpénos, sesquiterpenos, and other compounds.

Lipids

In studies performed on *O. dictamnus*, it was found that the lipid fraction represented 9.7% p/p of dry leaves. Of the lipid fraction, 7.8% is made up of non-polar lipids. These

Cuadro 2. Compuestos asociados al aceite esencial y componentes volátiles en orégano.*
Table 2. Compounds related to essential oils and volatile compounds in oregano.*

Compuestos del aceite esencial y/o volátiles	<i>O. x appli</i> "Criollo" ^a	<i>O. vulgare vulgare</i> "Compacto" ^a	<i>O. vulgare</i> "Cordobés" ^a	<i>O. majoricum</i> "Mendocino" ^a	<i>O. vulgare</i> (Polaco) ^b	<i>O. syriacum</i> ^c	<i>O. syriacum</i> var. <i>syriacum</i> ^c	<i>O. onites</i> ^d	<i>O. onites</i> ^e	<i>O. vulgare</i> subsp. <i>hirtum</i> ^e
α -Tujeno	d	d	d	d	nd	d	d	nd	d	d
α -Pino	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Sabineno	d	d	d	d	nd	d	d	nd	d	d
β -Pino	d	d	d	d	d	d	d	nd	d	d
β - \square Mirceno	d	d	d	d	d	d	d	nd	nd	nd
α -Felandreno	d	d	d	d	d	d	d	nd	d	d
α -Terpineno	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
<i>p</i> -Cimeno	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Limoneno	d	d	d	d	d	d	d	nd	nd	nd
γ -Terpineno	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
<i>Cis</i> -sabineno hidrato	d	d	d	d	d	d	d	nd	nd	nd
Terpinoleno	d	d	d	d	d	nd	nd	nd	d	d
<i>Trans</i> -sabineno	d	d	d	d	d	d	d	nd	d	d
<i>Cis</i> - β -terpineol	d	d	d	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Borneol	d	nd	d	d	d	nd	nd	nd	d	d
Terpinen-4-ol	d	d	d	d	nd	d	d	nd	d	d
α -Terpineol	d	d	d	d	d	nd	nd	nd	d	d
Timol metil éter	d	nd	d	d	d	nd	nd	nd	d	d
Timol	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Carvacrol	d	nd	d	d	d	d	d	d	d	d
Acetato de geranilo	d	d	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
β -Cariofileno	d	d	d	d	nd	d	d	nd	d	d
γ -Elemeno	d	d	d	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd
α -Humeleno	d	nd	d	d	nd	d	d	nd	d	d
Germacreno D	d	d	d	d	d	nd	nd	nd	nd	nd
β -Bisaboleno	d	d	d	d	nd	d	d	nd	d	d
Espatulenol	d	d	d	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cariofileno	d	d	d	d	nd	d	d	nd	d	d

^aDambolena *et al.*, 2010; ^bFigiel *et al.*, 2010; ^cLukas *et al.*, 2009; ^dOzkan *et al.*, 2009; ^eBansleben *et al.*, 2009; * Donde (nd) indica no determinado y (d) determinado.

Lípidos

En estudios realizados en *O. dictamnus* se encontró que la fracción lipídica representó 9.7% p/p de hojas secas. El 7.8% de la fracción lipídica lo constituyen los lípidos no polares. Éstos incluyen a los esteroides, esteril-ésteres, alcoholes grasos, ácidos grasos libres, ceras, trazas de triacilglicéridos y ácidos triterpénicos (ácido ursólico). El 1.9% restante de la fracción lipídica, está conformado por

include sterols, sterile-esters, fatty alcohols, free fatty acids, waxes, traces of triglycerides and triterpenic acids (ursolic acid). The remaining 1.9% of the lipid fraction is composed of glycoproteins and phospholipids (Skoula and Harborne, 2002). Likewise, it is reported that in *O. onites*, linolenic and palmitic acids are the predominant compounds, whereas the main hydrocarbon is nonacosane, and the main y de los phytosterol is sitoesterol. On the other hand, in the genus *Lippia* there are no lipids reported.

glicoproteínas y fosfolípidos (Skoula y Harborne, 2002). Asimismo, se reporta que en *O. onites*, los ácidos linolénico y palmítico son los componentes predominantes, mientras que el hidrocarburo principal es el nonacosano, y de los fitoesteroles, el sitoesterol. En contraste, en el género *Lippia* no existen reportes de lípidos.

Compuestos fenólicos

Damien-Dorman *et al.* (2004) reportaron el perfil y la composición de los fenólicos en diferentes variedades de la familia Lamiaceae (Cuadro 3), entre ellas 4 especies de orégano. En este trabajo los autores(as) reportaron que el total de compuestos fenólicos varía entre especies, no obstante, se encontraron consistencias en los siguientes compuestos: ácido caféico, ácido rosmarínico, derivados del ácido hidroxibenzoico y derivados del ácido hidroxicinámico (Cuadro 3). En contraste, Proestos *et al.* (2005) reportaron diferentes compuestos fenólicos para la especie *O. majorana*, como el ácido gentísico, ácido ferúlico y ácido *p*-hidroxibenzoico, siendo el contenido total de fenólicos menor al compararse con las otras especies del mismo género.

Phenolic compounds

Damien-Dorman *et al.* (2004) reported the profile and the composition of the phenolics in different varieties of the Lamiaceae family (Table 3), among which are 4 species of oregano. In this work, the authors reported that the total of phenolic compounds varies between species, although there were consistencies in the following compounds: caffeic acid, rosmarinic acid, derivatives of hydroxybenzoic acid and derivatives of hydroxycinnamic acid (Cuadro 3). In contrast, Proestos *et al.* (2005) reported different phenolic compounds for the species *O. majorana*, such as gentisic acid, ferulic acid and *p*-hydroxybenzoic acid, with a lower total content of phenolics, in comparison to other species in the same genus.

The group of the phenolic compounds includes the flavanoids, secondary metabolites, the basic structure of which is a skeleton C6-C3-C6 (Figure 2). In *L. graveolens*, flavonoids found include luteolin, taxifolin, quercetin and naringenin, with a total concentration of these compounds of 59.8 mg g⁻¹ dry (Lin *et al.*, 2007), whilst in *O. vulgare* L. ssp. *hirtum* flavanoids have been identified such as chrysoeriol, diosmetin, eriodictyol, cosmosid and

Cuadro 3. Principales compuestos fenólicos y flavonoides reportados para el orégano.^a

Table 3. Main phenolic and flavonoid compounds reported for oregano.^a

Compuestos fenólicos y flavonoides	<i>O. vulgare</i> (Lithuania) ^b	<i>Lippia graveolens</i> ^c	<i>O. vulgare</i> ssp. <i>hirtum</i> (Griego) ^d	<i>O. Majorana</i> ^e	<i>Coridothymus capitatus</i> ^f	<i>Majorana hortensis</i> Moench ^f	<i>O. syriacum</i> L. ^f	<i>O. minutiflorum</i> ^f	<i>O. onites</i> L. ^f	<i>P. longiflora</i> ^g	<i>O. Onites</i> ^h
Apigenina	nd	nd	d	d	d	d	d	d	d	nd	d
Ácido caféico	d	nd	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Quirsoeriol	nd	nd	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cosmosido	nd	nd	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Diosmetina	d	nd	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Eriodictiol	d	d	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	d
Ácido ferúlico	nd	nd	nd	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Galangina	nd	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Genistina	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	d
Ácido gentísico	nd	nd	nd	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Hesperidina	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	d
Hispidulina	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	d	nd
Isovitexina	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Luteolina	d	d	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	d	d
Naringenina	d	d	nd	d	nd	nd	d	nd	nd	nd	d
Naringina	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	d

^aDonde (nd) indica no determinado y (d) determinado. ^bRadušienė *et al.*, 2008; ^cLin *et al.*, 2007; ^dKoukoulitsa *et al.*, 2006; ^eProestos *et al.*, 2005; ^fDamien-Dorman *et al.*, 2004; ^gZheng y Wang, 2001; ^hOzkan *et al.*, 2009.

Cuadro 3. Principales compuestos fenólicos y flavonoides reportados para el orégano.^a (Continuación).
Table 3. Main phenolic and flavonoid compounds reported for oregano.^a (Continuation).

Compuestos fenólicos y flavonoides	<i>O. vulgare</i> (Lithuania) ^b	<i>Lippia graveolens</i> ^c	<i>O. vulgare</i> ssp. <i>hirtum</i> (Griego) ^d	<i>O. Majorana</i> ^e	<i>Coridothymus capitatus</i> ^f	<i>Majorana hortensis</i> Moench ^f	<i>O. syriacum</i> L. ^f	<i>O. minutiflorum</i> ^f	<i>O. onites</i> L. ^f	<i>P. longiflora</i> ^g	<i>O. Onites</i> ^h
Ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico	nd	nd	nd	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Quercetina	d	d	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ácido rosmarínico	d	nd	d	nd	d	d	d	d	d	d	d
Rutina	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	d
Taxifolina	nd	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ácido vainíllico	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	d	nd
Vicenina-2	nd	nd	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Vitexina	d	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	d

^aDonde (nd) indica no determinado y (d) determinado. ^bRadušienė *et al.*, 2008; ^cLin *et al.*, 2007; ^dKoukoulitsa *et al.*, 2006; ^eProestos *et al.*, 2005; ^fDamien-Dorman *et al.*, 2004; ^gZheng y Wang, 2001; ^hOzkan *et al.*, 2009.

Dentro del grupo de los compuestos fenólicos se incluyen los flavonoides, metabolitos secundarios, cuya estructura básica es un esqueleto C6-C3-C6 (Figura 2). En *L. graveolens* los flavonoides identificados incluyen a la luteolina, taxifolina, quercetina y naringenina, con una concentración total de estos compuestos de 59.8 mg g⁻¹ seco (Lin *et al.*, 2007), mientras que en *O. vulgare* L. ssp. *hirtum* han sido identificados flavonoides tales como el crisoeriol, diosmetina, eriodictiol, cosmósido y vicenina-2 (Koukoulitsa *et al.*, 2006). Estos mismos flavonoides, así como la rutina, astragalina, vitexina e isovitexina se han reportado para la misma especie pero de variedades provenientes de Lituania (Radušienė *et al.*, 2008). Otras variedades como *O. dictamnus*, *O. majoran* y *O. majoricum* contienen además, erodictiol y cosmósido. Un caso particular es que todas las especies de la sección *Majorana* contienen el flavonoide vicenina-2. No menos importante están las antocianinas, las cuales se han reportado para el género *Origanum*. Estas pueden localizarse en pétalos, cálices, hojas y brácteas. Sin embargo, su caracterización aún no ha sido completada (Skoula y Harborne, 2002).

Otros componentes del orégano

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, United States Department of Agriculture (USDA por sus siglas en inglés) reporta para el orégano (*O. vulgare*) la siguiente concentración de macronutrientes:

vicenin-2 (Koukoulitsa *et al.*, 2006). These flavonoids, along with rutine, astragalin, vitexin and isovitexin have been reported for the same species from Lithuania (Radušienė *et al.*, 2008). Other varieties such as *O. dictamnus*, *O. majoran* and *O. majoricum* also contain, erodictiol and cosmosid. A particular case is that all species of the section *Majorana* contain flavonoid vicenin-2. No less important are antocianins, which have been reported for the genus *Origanum*. These can be found in petals, calyces, leaves, and bracts. However, its characterization has not yet been completed (Skoula and Harborne, 2002).

Other components of oregano

The United States Department of Agriculture (USDA) reports the following concentration of macronutrients for oregano (*O. vulgare*): 9.93 g water, 9 g protein, 4.28 g lipids, 68.92 g carbohydrates, and 7.87 g ash, for every 100 g of dry oregano. In regard to micronutrients, the presence of the following minerals is reported: calcium, iron, magnesium, phosphorous, potassium, sodium, zinc, copper, manganese and selenium.

Nutraceutical properties

Antioxidant activity

Antioxidants are compounds that can limit or inhibit the oxidation of biomolecules (e.g. proteins and DNA), since they stop the initiation or spreading of the reactive species

9.93 g de agua, 9 g de proteína, 4.28 g de lípidos, 68.92 g de carbohidratos y 7.87 g de cenizas, por cada 100 g de orégano seco. En relación a los micronutrientes, se indica la presencia de minerales como: calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, sodio, zinc, cobre, manganeso y selenio.

Propiedades nutraceuticas

Actividad antioxidante

Los antioxidantes son compuestos que pueden limitar o inhibir la oxidación de biomoléculas (p.e. proteínas y DNA), ya que impiden la iniciación o propagación de las especies reactivas de oxígeno (ERO). Las ERO están relacionadas con la incidencia de varias patologías humanas, entre ellas: cáncer, cardiopatías, problemas neurodegenerativos como Alzheimer, Parkinson, además de procesos de envejecimiento (Aiyegoro and Okoh, 2009).

En varios reportes se ha cuantificado la actividad antioxidante (AA) de distintas especies de orégano por medio del método ORAC. Zheng y Wang (2001) reportan para *O. vulgare* una AA de 64.71 $\mu\text{mol ET g}^{-1}$ peso fresco, mientras que para *O. majoricum* y *P. longiflora* reportaron valores de 71.64 y 92.18 $\mu\text{mol ET g}^{-1}$ peso fresco, respectivamente. Esto hace evidente que la AA encontrada en la variedad mexicana, *P. longiflora*, represente una ventaja nutraceutica con respecto a las variedades europeas. En *O. vulgare* también se han realizado pruebas de ORAC lipofílico, el cual permite medir la actividad antioxidante de compuestos lipídicos, obteniendo una actividad de 3.5 ET g^{-1} peso fresco (Jiménez-Álvarez *et al.*, 2008).

Actividad antiséptica-antiviral

Los primeros estudios realizados con fitoquímicos del orégano, particularmente del aceite esencial, se encaminaron para determinar su efecto contra microorganismos patógenos (bacterias, hongos y virus). Sökmen *et al.* (2004) realizaron un estudio del efecto antimicrobiano y antiviral del aceite esencial y varios extractos de orégano (*O. acutidens*). En ese estudio se determinó la eficacia inhibitoria del aceite esencial contra 27 de las 35 bacterias analizadas y 12 de 18 hongos. En actividad antiviral, ningún extracto inhibió la reproducción del virus de la influenza A/Aichi/2/68 (H3N2) en células MDCK. En cambio, el extracto metanólico de la planta y el de callos inhibió la reproducción del virus HSV-1.

of oxygen (ERO). EROs are related to the incidence of human pathologies, such as: cancer, heart diseases, neurodegenerative problems such as Alzheimer, Parkinson, and aging processes (Aiyegoro and Okoh, 2009).

Various reports have quantified Antioxidant Activity (AA) of several oregano species using the ORAC method. Zheng and Wang (2001) report, in *O. vulgare*, an AA of 64.71 $\mu\text{mol ET g}^{-1}$ fresh weight, and for *O. majoricum* and *P. longiflora*, they reported values of 71.64 and 92.18 $\mu\text{mol ET g}^{-1}$ fresh weight, respectively. This shows that the AA found in the Mexican variety, *P. longiflora*, represents a nutraceutical advantage over European varieties. Lipophylic ORAC tests have also been carried out in *O. vulgare*; this helps measure the antioxidant activity of lipidic compounds, resulting in an activity of 3.5 ET g^{-1} fresh weight (Jiménez-Álvarez *et al.*, 2008).

Antiseptic-antiviral activity

The first studied performed with phytochemicals in oregano, particularly its essential oil, pointed to the determination of its effect on pathogenic microorganisms (bacteria, fungi and viruses). Sökmen *et al.* (2004) studied the antimicrobial and antiviral effect of essential oil and various extracts of oregano (*O. acutidens*). This study determined the efficiency of the essential oil against 27 of the 35 bacteria analyzed and against 12 out of 18 fungi. In antiviral activity, no extract inhibited the reproduction of the influenza virus A/Aichi/2/68 (H3N2) in MDCK cells. On the other hand, the methanolic extract of the plant and of calluses inhibited the reproduction of the virus HSV-1.

Anti-inflammatory activity

Some of the soluble phytochemicals have recently been reevaluated for its anti-inflammatory effect (Figure 3). Oregano's water-soluble extract has been reported to inhibit the secretion of cyclooxygenase 2 (COX-2), showing an anti-inflammatory activity in human epithelial carcinoma cells (Lemay, 2006). Likewise, an ethanolic extract of oregano inhibited the anti-inflammatory activity in a mouse with gastritis, induced by stress and hypersensitivity due to contact (Yoshino *et al.*, 2006). The main phytochemicals responsible for anti-inflammatory activity are rosmarinic acid, ursolic acid and oleanolic acid (Shen *et al.*, 2010).

Actividad anti-inflamatoria

Algunos de los fitoquímicos solubles han sido recientemente re-evaluados en su efecto anti-inflamatorio (Figura 3). Se ha reportado que el extracto soluble en agua de orégano inhibe la secreción de la ciclooxigenasa 2 (COX-2), mostrando una actividad anti-inflamatoria en células humanas de carcinoma epitelial (Lemay, 2006). Asimismo, un extracto etanólico de orégano exhibió la actividad anti-inflamatoria en un modelo de ratón con gastritis inducida por estrés e hipersensibilidad por contacto (Yoshino *et al.*, 2006). Los principales fitoquímicos responsables de la actividad anti-inflamatoria son el ácido rosmarínico, el ácido ursólico y al ácido oleanólico (Shen *et al.*, 2010).

Enfermedades crónico-degenerativas

El extracto o componentes aislados del orégano poseen otros beneficios para la salud, entre los que se encuentran la actividad hipoglucémica, hipotensiva e hipolipidémica (Figura 2). Por ejemplo, el ácido rosmarínico inhibe la amilasa pancreática y la α -glucosidasa; el ácido caféico, ácido protocatecuico, quercetina, luteolina y luteolina 7-O-glucósido inhiben también la α -glucosidasa (Mueller *et al.*, 2008). La inhibición de las dos enzimas causa una disminución en la absorción de carbohidratos, dando lugar a una baja concentración de glucosa en sangre (Mueller *et al.*, 2008). Además se ha establecido que el ácido caféico, ácido clorogénico y ácido rosmarínico reducen la producción de glucosa en hepatocitos de rata por medio de la inducción del mRNA de la glucoquinasa (Mueller *et al.*, 2008).

Por otro lado, la regulación de la hipertensión puede surgir de la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina-I por el extracto de orégano (Mueller *et al.*, 2008). Estudios adicionales han evaluado la afinidad del extracto de orégano (*O. vulgare*) y algunos de sus componentes sobre receptores activados por proliferadores de peroxisomas (PPARs, por sus siglas en inglés), ya que estos son blanco de varios medicamentos utilizados para tratar el síndrome metabólico como la obesidad, hiperglucemia, hipertensión y dislipidemia. Está establecido que el extracto de orégano contiene antagonistas para el receptor PPAR- γ (quercetina, luteolina, ácido rosmarínico y diosmetina), moduladores selectivos del PPAR- γ (naringenina y apigenina) y agonistas del PPAR- γ (biocanina A) (Mueller *et al.*, 2008).



Figura 3. Diagrama de los efectos terapéuticos asociadas a los fitoquímicos presentes en orégano.

Figure 3. Diagram of the therapeutic effects related to phytochemicals present in oregano.

Chronic degenerative diseases

The isolated extract or components of oregano have other benefits to human health, including hypoglycemic, hypotensive and hypolipidemic activities (Figure 2). For example, rosmarinic acid inhibits pancreatic amylase and α -glucosidase; caffeic acid, protocatechuic acid, quercetin, luteolin and luteolin 7-O-glucosid, also inhibit α -glucosidase (Mueller *et al.*, 2008). The inhibition of both enzymes causes a reduction in the rate of absorption of carbohydrates, which leads to a low concentration of glucose in the bloodstream (Mueller *et al.*, 2008). Also, it has been established that caffeic acid, chlorogenic acid and rosmarinic acid reduce glucose production in rat hepatocytes through the induction of the mRNA in glucoquinase (Mueller *et al.*, 2008).

On the other hand, hypertension regulation can arise from the inhibition of the enzyme that converts angiotensin-I from the oregano extract (Mueller *et al.*, 2008). Additional studies have evaluated the affinity of oregano extract (*O. vulgare*) and some of its components on receptors activated by peroxisome proliferator-activated receptors (PPARs),

Enfermedades neurodegenerativas

Recientemente se ha evaluado el efecto del aceite esencial de orégano (*O. ehrenbergii* y *O. syriacum*) en la inhibición de las enzimas acetilcolinesterasa (AChE) y butirilcolinesterasa (BChE), las cuales están relacionadas con el Alzheimer y otras enfermedades neurodegenerativas. En dicho estudio se determinó que el aceite de *O. ehrenbergii* posee mayor actividad inhibitoria de AChE y BChE (IC_{50} de inhibición de 0.3 mg mL^{-1}) en comparación con *O. syriacum* (IC_{50} 1.6 mg mL^{-1}) (Loizzo *et al.*, 2008). Esta actividad de inhibición se debe principalmente al aceite esencial rico en monoterpenos y más específicamente en timol y carvacrol. Actualmente, este grupo de investigadores(as) estudia el efecto quimio-preventivo del perfil fitoquímico del orégano mexicano *Poliomintha longiflora* para el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas, teniendo hasta el momento a la Luteolina como principal componente (García-Pérez *et al.*, 2009).

Conclusiones

El orégano es una planta ampliamente distribuida en el mundo y México es el segundo país productor de plantas reconocidas como orégano. Sin embargo, a diferencia de otros países, México tiene la desventaja de poseer un conocimiento limitado de estas especies, ya que la mayoría de ellas se encuentran en estado silvestre. A través de esta revisión se ha podido constatar que se requiere de mayor investigación y esfuerzos del sector agro-biotecnológico para profundización en el conocimiento nutracéutico de las especies mexicanas. Generando esta información para el sector privado este estudio propone desarrollar mejoras en aspectos básicos de diversidad, micropropagación, cultivo intensivo, y mejoramiento genético *in vitro*, que permitan ampliar y consolidar su producción de manera sustentable, beneficiando con ello a las comunidades productoras establecidas en los estados de Coahuila y Nuevo León.

Con este ejercicio de revisión también ha quedado claro que el orégano cuenta con numerables beneficios para la salud, tanto para la prevención como para el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas. No obstante, la mayoría de la investigación se ha centrado en identificar las propiedades de su aceite esencial, descartando la presencia de los compuestos fenólicos, los cuales también poseen importantes beneficios para la salud y donde nuestro grupo

since these are targeted by various medications to treat the metabolic syndrome such as obesity, hyperglycemia, hypertension and dyslipidemia. Oregano extract contains antagonists for the receptor PPAR- γ (quercetin, luteolin, roosemarinic acid and diosmetin), selective modulators of the PPAR- γ (naringenin and apigenin) and agonists of the PPAR- γ (biocanin A) (Mueller *et al.*, 2008).

Neurodegenerative diseases

An evaluation was recently carried out on the essential oil of oregano (*O. ehrenbergii* and *O. syriacum*) on the inhibition of enzymes acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BChE), which are related to Alzheimer and other neurodegenerative diseases. This study determined that *O. ehrenbergii* oil contains the greatest AChE and BChE inhibiting activity (IC_{50} of inhibition of 0.3 mg mL^{-1}) in comparison with *O. syriacum* (IC_{50} 1.6 mg mL^{-1}) (Loizzo *et al.*, 2008). This inhibition activity is due mainly to the essential oil, rich in monoterpenes, and more specifically, in thymol and carvacrol. Currently, this group of scientists studies the chemical-preventive effect of the phytochemical profile of Mexican oregano *Poliomintha longiflora* to treat chronic-degenerative diseases, and until now, they have Luteolin as the main componenta (García-Pérez *et al.*, 2009).

Conclusions

The oregano plant is distributed worldwide, and Mexico is the second most important producer of plants known as oregano. However, unlike other countries, Mexico has the disadvantage of having limited knowledge on these species, since most of them are wild. This review has confirmed that more research and effort is required from the agro-biotechnological sector to acquire more nutraceutical knowledge regarding Mexican species. By generating this information for the private sector, this study proposes to improve on basic aspects of diversity, micropropagation, intensive planting, and *in vitro* genetic improvement, that help widen and consolidate its production in a sustainable way, thus benefitting farming communities in the states of Coahuila and Nuevo León.

It has also become clear that oregano has uncountable benefits for human health, for both preventing and treating chronic degenerative diseases. However, most of this study

actualmente trabaja. Esto representa una oportunidad única en México para ampliar y aprovechar las aplicaciones médicas y comerciales de esta planta mexicana por el sector industrial. En resumen el orégano mexicano ofrece la posibilidad de convertirse en un producto quimiopreventivo y quimioterapéutico con un alto valor comercial, que se espera explorar principalmente en el Norte de México.

Agradecimientos

Los autores (as) agradecen los fondos para realizar esta investigación a la cátedra de Alimentos Nutraceuticos (C005) para el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas del Tecnológico de Monterrey y al CONACYT por la beca de maestría (CVU: 335085) otorgada a Enrique García-Pérez, así como los comentarios críticos al manuscrito de J. Ceja, A. Mendoza-Ruiz, y J. Welte-Chanes.

Literatura citada

- Aiyegoro, O. A. and Okoh, A. 2009. Phytochemical screening and polyphenolic antioxidant activity of aqueous crude leaf extract of *Helichrysum pedunculatum*. International J. Molec. Sci. 10:4990-5001.
- Ara, N.; Safiul-Azam, F. M.; Lithy, S. S. and Rahmatullah, M. 2010. A study of plant growth hormones on in Vitro clonal propagation of fever tea (*Lippia javanica*): a medicinal shrub. American-Eurasian J. Sust. Agric. 4:274-279.
- Bansleben, A. C.; Schellenberg, I.; Einax, J. W.; Schaefer, K.; Ulrich, D. and Bansleben, D. 2009. Chemometric tools for identification of volatile aroma-active compounds in oregano. Anal. Bio. Chem. 395:1503-1512.
- Blank, A. F.; Costa, A. S.; Arrigoni-Blank, M. F.; Mendonça, A. B. and Ledo, A. S. 2008. *In vitro* establishment of pepper-rosmarin nodal segments. Horticultura Brasileira 26:255-258.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2009. Fichas de información comercial de productos forestales. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico, Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal, SEMARNAT, México, D. F. 8-9 p.
- Corella, R.; Ortega, M.; Robles, M.; Borboa, J. y McCaughey, D. 2008. El cultivo de orégano *Lippia palmeri* Watson, en el estado de Sonora. Tercera reunión anual sobre orégano; Saltillo, Coahuila, México. Revista Salud Pública y Nutrición. Edición Especial Núm. 1-2008. Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-01-2008/index.html>.
- Dambolena, J. S.; Zunino, M. P.; Lucini, E. I.; Olmedo, R.; Banchio, E.; Bima, P. J. and Zygadlo, J. A. 2010. Total phenolic content, radical scavenging properties, and essential oil composition of *Origanum* species from different populations. J. Agric. Food Chem. 58:1115-1120.
- Damien-Dorman, H.; Bachmayer, Oliver; Kosar, M. and Hiltunen R. 2004. Antioxidant properties of aqueous extracts from selected Lamiaceae Species Grown in Turkey. J. Agric. Food Chem. 52:762-770.
- Figiel, A.; Szumny, A.; Gutiérrez, A. and Carbonell, A. 2010. Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. J. Food Engi. 98:240-247.
- García-Pérez, E.; García, L.; Gutiérrez-Urbe, J. A. y García-Lara, S. 2009. Micropropagación de orégano silvestre (*Poliomintha longiflora*) para la obtención de luteolina. Reunión Nacional de Investigación en Productos Naturales. Irapuato, Guanajuato, México. Revista Latinoamericana de Química. Suplemento Especial-2009. 94 p.
- García-Pérez, E.; Gutiérrez-Urbe, J. A. and García-Lara, S. 2011. Luteolin content and antioxidant activity in micropropagated plants of *Poliomintha glabrescens* (Gray). Plant Cell Tissue Organ Culture. DOI 10.1007/s11240-011-0055-z.

End of the English version



- George, E. F.; Hall, M. A. and De Klerk, G. J. (eds) 2008. Plant propagation by tissue culture: Vol 1. The background. *In*: George, E. F.; Hall, M. A. and De Klerk, G. J. (eds). Chapter 1: plant tissue culture procedure - Background. 3rd Edition. Springer. Dordrecht, The Netherlands. 1-28 p.
- Goleniowski, M. E.; Flamarique, C. and Bima, P. 2003. Micropropagation of oregano (*Origanum vulgare x applii*) from meristem tips. *In vitro* Cell. Developmental Biol. 39:125-128.
- Gupta, S. K.; Khanuja, S. P. S. and Kumar, S. 2001. *In vitro* micropropagation of *Lippia alba*. *Curr. Sci.* 81:206-210.
- Huerta, C. 1997. Orégano mexicano: oro vegetal. *Biodiversitas.* 15:8-13.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2008. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. Subsecretaría de fomento y normatividad ambiental. Dirección general del sector primario y recursos naturales renovables, SEMARNAT, México, D. F. 22-30 p.
- Jiménez-Álvarez, D.; Giuffrida, F.; Golay, P.; Cotting, C.; Lardeau, A. and Keely, Brendan. 2008. Antioxidant activity of oregano, parsley, and olive mill wastewaters in bulk oils and oil-in-water emulsions enriched in fish oil. *J. Agric. Food Chem.* 56:7151-7159.
- Kintzios, S. E. 2002. Profile of the multifaceted prince of the herbs. *In*: Kintzios, S. E. The genera *Origanum* and *Lippia*. 1st Edition. Taylor and Francis, New York. 3-8 p.
- Koksal, O.; Gunes, E.; Orkan, O. and Ozden, M. 2010. Analysis of effective factor on information sources at Turkish oregano farms. *African J. Agric. Res.* 5:142-149.
- Koukoulitsa, C.; Karioti, A.; Bergonzi, M. C.; Pescitelli, G.; Di Bari, L. and Skaltsa, H. 2006. Polar constituents from the aerial parts of *Origanum vulgare* L. Ssp. *hirtum* growing in Greece. *J. Agric. Food Chem.* 54:5388-5392.
- Lemay, M. 2006. Anti-inflammatory phytochemicals: *in vitro* and *ex vivo* evaluation. *In*: Meskin, M. S.; Bidlack, W. R. and Randolph, R. K. (eds). *Phytochemicals.* 1st Edition. CRC Press. Boca Raton, FL. 41-60 p.
- Lin, L. Z.; Mukhopadhyay, S.; Robbins, R. J. and Harnly, J. M. 2007. Identification and quantification of flavonoids of Mexican oregano (*Lippia graveolens*) by LC-DAD-ESI/MS analysis. *J. Food Compos. Anal.* 20:361-369.
- Loizzo, M. R.; Tundis, R.; Menichini, F. and Menichini, F. 2008. Natural products and their derivatives as cholinesterase inhibitors in the treatment of neurodegenerative disorders: an update. *Current Medicinal Chemistry.* 15:1209-1228.
- Lukas, B.; Schmiederer, C.; Franz, C. and Novak, J. 2009. Composition of essential oil compounds from different Syrian population of *Origanum syriacum* L. (Lamiaceae). *J. Agric. Food Chem.* 57:1362-1365.
- Machado, M.; Dinis, A. M.; Salguero, L.; Cavaleiro, C.; Custódio, J. B. A. and do Céu Sousa, M. 2010. Anti-Giardia activity of phenolic-rich essential oils: effects of *Thymbra capitata*, *Origanum virens*, *Thymus zygis subsp. sylvestris*, and *Lippia graveolens* on trophozoites growth, viability, adherence, and ultrastructure. *Parasitol. Res.* 106:1205-1215.
- Marinho, M. J. M.; Albuquerque, C. C.; Morais, M. B.; Souza, M. C. G. and Silva, K. M. B. 2011. Estabelecimento de protocolo para micropropagação de *Lippia gracilis* Schauer. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai.* 13:246-252.
- Mata-González, R. and Meléndez-González, R. 2005. Growth characteristics of Mexican oregano (*Lippia berlanieri* Schauer) under salt stress. *The Southwestern Naturalist.* 50:1-6.
- Morone-Fortunato, I. and Avato, P. 2008. Plant development and synthesis of essential oils in micropropagated and mycorrhiza inoculated plants of *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 93:139-149.
- Mueller, M.; Lukas, B.; Novak, J.; Simoncini, T.; Riccardo, A. and Jungbauer, A. 2008. Oregano: a Source for peroxisome proliferator-activated receptor γ antagonists. *J. Agric. Food Chem.* 56:11621-11630.
- Oliveira, D. R.; Leitão, G. G.; Bizzo, H. R.; Lopes, D.; Alviano, D. S.; Alviano, C. S. and Leitão, S. G. 2007. Chemical and antimicrobial analyses of essentials oil of *Lippia origanoides* H. B. K. *Food Chemistry.* 101:236-240.
- Olivier, G. W. 1996. The world market of oregano. *In*: Padulosi, S. (ed). *Oregano: proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.* Valenzano, Bari, Italy. 14:141-145.
- Oluk, E. and Çakır, A. 2009. Micropropagation of *Origanum sipyleum* L., an endemic medicinal herb of Turkey. *African J. of Biotechnol.* 8:5769-5772.

- Ozkan, G.; Baydarb, H. and Erbasb, S. 2009. The influence of harvest time on essential oil composition, phenolic constituents and antioxidant properties of Turkish oregano (*Origanum onites* L.). *J. Sci. Food Agric.* 90:205-209.
- Proestos, C.; Chorianopoulos, N.; Nychas, G. and Komaitis, N. 2005. RP-HPLC Analysis of the phenolic compounds of plant Extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *J. Agric. Food Chem.* 53:1190-1195.
- Radušienė, J.; Ivanauskas, L.; Janulis, V. and Jakštis, V. 2008. Composition and variability of phenolic compounds in *Origanum vulgare* from Lithuania. *Biologija.* 54:45-49.
- Rivero-Cruz, I.; Duarte, G.; Navarrete, A.; Bye, R.; Linares, E. and Mata, R. 2011. Chemical composition and antimicrobial and spasmolytic properties of *Poliomintha longiflora* and *Lippia graveolens* essential oils. *J. Food Sci.* 76:C309-C317.
- Shen, D.; Pan, M. H.; Wu, Q. L.; Park, C. H.; Juliani, H. R.; Ho, C. T. and Simon, J. E. 2010. LC-MS Method for the simultaneous quantification of the anti-inflammatory constituents in oregano (*Origanum* species). *J. Agric. Food Chem.* 58:7119-7125.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Cierre de la producción agrícola por estado, cultivos perennes: <http://www.siap.gob.mx/> (Accesado 18 Abril 2011).
- Skoula, M. and Harborne, J. B. 2002. The taxonomy and chemistry of *Origanum*. In: Kintzios, S. E. (ed). The genera *Origanum* and *Lippia*. Taylor and Francis, New York. p. 67-108.
- Sökmen, M.; Serkedjieva, J.; Daferera, D.; Gulluce, M.; Polissiou, M.; Tepe, B.; Akpulat, A.; Sahin, F. and Sokmen, A. 2004. *In vitro* antioxidant, antimicrobial, and antiviral activities of the essential oil and various extracts from herbal parts and callus cultures of *Origanum acutidens*. *J. Agric. Food Chem.* 52:3309-3312.
- Villavicencio, E.; Martínez, O.; Cano, A. y Berlanga, C. 2007. Orégano, recurso con alto potencial. *Ciencia y Desarrollo.* 33:60-66.
- Yoshino, K.; Higashi, N. and Koga, K. 2006. Antioxidant and anti-inflammatory activities of oregano extract. *J. Health Sci.* 52:169-173.
- Zheng, W. y Wang, S. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agric. Food Chem.* 49:5165-5170.