

## Evaluación de extractos vegetales sobre incidencia y severidad de *Hemileia vastatrix* en cultivo de café

### Evaluation of plant extracts on incidence and severity of *Hemileia vastatrix* in coffee cultivation

Ernesto Cerna-Chávez<sup>1</sup>, Roberto Magaña-Arteaga<sup>2</sup>, Jazmín Janet Velázquez-Guerrero<sup>2</sup>, Yisa María Ochoa-Fuentes<sup>1\*</sup>, Melchor Cepeda-Siller<sup>1</sup>, Omegar Hernández-Bautista<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Parasitología Agrícola. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

<sup>2</sup>Estudiantes del Postgrado en Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Parasitología Agrícola. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

<sup>3</sup>Culta S.A. de C.V. Blvd. Luis Echeverría Álvarez No. 1700, Col. Altavista, CP. 89880, CD. Mante, Tamaulipas, México.

\*Autor de correspondencia: yisa8a@yahoo.com

**Nota científica recibida:** 15 de marzo de 2019 **aceptada:** 22 de julio de 2019

**RESUMEN.** *Hemileia vastatrix* es una enfermedad destructiva a nivel mundial que aqueja a los productores y exportadores de café de México. El objetivo fue evaluar la incidencia y severidad de la roya del café, posterior a la aplicación de productos comerciales en dos variedades de café, Típica y Caturra, en Atoyac de Álvarez Guerrero. Se evaluaron cinco extractos vegetales comerciales a dosis de 2.25 L ha<sup>-1</sup> y el testigo. Se realizaron siete aplicaciones, a intervalos de 21 días. La media de severidad más alta fue en el testigo variedad Típica con 61.87%, se observó una reducción significativa de la severidad en todos los extractos evaluados, los menores registros en ambas variedades se tuvieron en los tratamientos de *Cinnamomum verum* y *Citrus sinensis*, con 15.47 y 19.68% y 4.73 y 4.00% para Típica y Caturra, respectivamente; por lo que son una alternativa para reducir la severidad de la roya del café.

**Palabras clave:** Café, extractos vegetales, *Hemileia vastatrix*, severidad.

**ABSTRACT.** *Hemileia vastatrix* is a destructive disease worldwide that afflicts coffee producers and exporters in Mexico. The objective was to evaluate the incidence and severity of coffee rust after the application of commercial products in two varieties of coffee, Típica and Caturra, in Atoyac de Álvarez Guerrero. We evaluated five commercial plant extracts at doses of 2.25 L ha<sup>-1</sup> and the control. Seven applications were made, at 21-day intervals. The highest mean severity was in the Típica variety control with 61.87%. A significant reduction in severity was observed in all extracts evaluated, and the lowest records in both varieties were in the *Cinnamomum verum* and *Citrus sinensis* treatments, with 15.47 and 19.68% and 4.73 and 4.00% for Típica and Caturra, respectively; therefore, they are an alternative to reduce the severity of coffee rust.

**Key words:** Coffee, plant extracts, *Hemileia vastatrix*, severity.

## INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales productores y exportadores de café orgánico (Figuroa-Hernández et al. 2019), con una superficie sembrada de 712 015.85 ha, de la que se obtienen 859 992.30 t de café cereza con valor estimado de 4 996 189.48 de pesos (SIAP 2019). Pero este cultivo es afectado por la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), que se encuentran en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca,

Puebla, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Estado de México, Tabasco, Querétaro y Morelos (SIAP 2019). Lo que impacta de forma negativa la producción, por ejemplo del 2013 al 2016 se redujo en un 45%, lo que equivale a 2.8 millones de sacos (Escamilla 2016). Lo que afectó la economía de 510 544 productores (Flores 2015), que dependen de venta del café (Valencia-Sandoval 2016).

Ante la persistencia y daño que ocasiona la

roya del café (*H. vastatrix*) se han tomado medidas para el control, basadas principalmente en la aplicación de fungicidas (SENASICA 2018, Capucho *et al.* 2013). Lo que incrementa los costos de producción (Avelino *et al.* 2015), y provoca daños en el ambiente y problemas de salud humana (Kanoun-Boulé *et al.* 2008). Una alternativa para el control de la roya, es el uso de extractos vegetales con propiedades preventivas y curativas en contra de diversos tipos de fitopatógenos (Gurjar *et al.* 2012). Los reportes de estudios *in vitro* de extractos vegetales contra hongos fitopatógenos, indican que inhiben el crecimiento radial de hongos, la formación y germinación de esporas, y la formación de biomasa (Olufolaji *et al.* 2015). También los aceites esenciales inhiben la germinación de *Hemileia vastatrix* (Pereira *et al.* 2012), principalmente por la presencia de metabolitos secundarios como alcaloides, flavonoides, terpenoides, taninos, entre otros (Yazdani *et al.* 2011, Castillo *et al.* 2012), por lo cual, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la incidencia y severidad de la roya del café, después de la aplicación de productos comerciales a base de Canela (*Cinnamomum verum*), Naranja (*Citrus sinensis*), Gobernadora (*Larrea tridentata*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Mostaza negra (*Brassica nigra*) y Pimienta (*Piper nigrum*) en dos variedades de café.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la zona cafetalera de la sierra de Atoyac de Álvarez, en la localidad El Paraíso, en el estado de Guerrero, México. Se encuentra a una altura promedio de 900 msnm con precipitación anual entre 1 500 y 2 000 mm, y temperatura media de 26.6 °C. Se establecieron dos sitios de experimentación con las variedades susceptibles a la roya del cafeto: Caturra y Típica. Se usó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos, la variedad Caturra se encuentra sembrada a 1.5 x 2.0 m entre plantas, con prácticas culturales, con cinco repeticiones por tratamiento. Mientras que la variedad Típica se encuentra sembrada a 2.0 x 2.5 m entre plantas, la cual

se encuentra sin labores culturales y con poco follaje, por lo que se tomaron 10 repeticiones por tratamiento.

Los tratamientos evaluados fueron los extractos comerciales de la empresa CULTA SA DE CV: Canela (*C. verum*, base aceite), Naranja (*C. sinensis*, base aceite), Gobernadora (*L. tridentata*, base alcohol), Eucalipto (*E. globulus*, base alcohol), y Mostaza/Pimienta (*Brassica nigra* - *Piper nigrum*, base aceite) a dosis de 2.25 L ha<sup>-1</sup> agregando Bionex<sup>®</sup> como dispersante; más un testigo sin aplicación. Se realizaron siete aplicaciones del 23 de junio al 06 de noviembre de 2017, los intervalos entre aplicaciones fueron de 21 días, con el fin de romper el ciclo patológico de la roya (Talhinhas *et al.* 2017). En cada parcela se determinó la incidencia de *H. vastatrix* mediante la razón de número de plantas con signos y síntomas de roya del café y el número total de plantas evaluadas. Para determinar la severidad de la enfermedad se empleó el método reportado por SENASICA (2016), que consiste en seleccionar una rama de café en los tres diferentes estratos (bajo, medio y alto), en la que se toman cinco hojas, que se etiquetan y se determina el porcentaje de daño en base a una clave pictórica. Se realizaron cuatro evaluaciones en las siguientes fechas: 23 de Junio, 23 de Julio, 25 de Septiembre y 18 de Diciembre de 2017. Los datos recabados se consignaron en una base de datos, a la que se le realizó un análisis de varianza no paramétrico empleando el método de Kruskal-Wallis y se compararon los tratamientos mediante la prueba post-hoc utilizando el criterio de la diferencia menos significativa de Fisher (Kruskal y Wallis 1952) con el programa R 3.4 y el paquete agricolae 1.2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La incidencia de la roya del cafeto en las dos variedades evaluadas fue del 100%, con susceptibilidad al ataque del hongo. Se observó primeramente en las ramas del estrato bajo, principalmente en las hojas viejas, posteriormente avanzó a las hojas superiores, lo que coincide con lo reportado por Avelino (2013). Para el caso de la severidad, el mayor porcentaje se registró en el testigo de

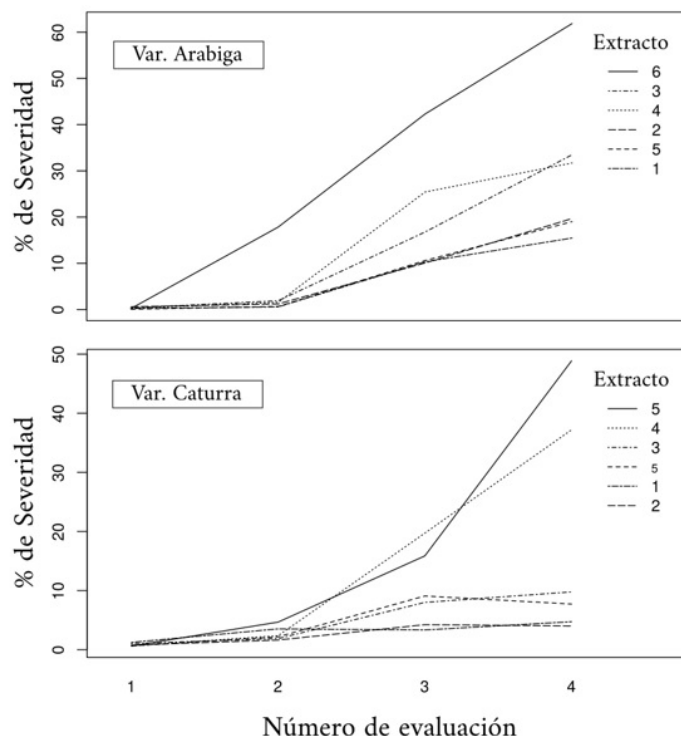
la variedad Típica en nivel 5 (61.87%) de acuerdo con la escala del SENASICA. Mientras que la variedad Caturra tuvo un nivel 4 con 48.87% (Figura 1).

Los tratamientos de *C. verum* y *C. sinensis* tuvieron los valores más bajos de severidad en la variedad Típica con 15.47 y 19.68%, respectivamente (Tabla 1). Lo que corresponde en términos relativos a un 74.99 y 68.18% de inhibición de la enfermedad de acuerdo con la severidad del testigo. La variedad Caturra, tuvo el menor porcentaje de daño con estos mismos extractos (Tabla 2), con severidad del 4.73 y 4.0% de inhibición de la enfermedad del 91.81 y 90.31%, respectivamente. En relación al extracto de canela, se reporta que tiene alta actividad antifúngica contra diferentes grupos de hongos fitopatógenos de importancia agrícola, entre los que se encuentran: *Colletotrichum musae* en plátano (Ranasinghe et al. 2002), *Alternaria solani* en tomate (Yeole et al. 2014), enfermedades de la soya por *Aspergillus flavus* (Lakshmeesha et al. 2014) y *Fusarium oxysporum* en tomate (Darmadi et al. 2015). La presencia de compuestos activos presentes en la canela como el trans-cinamaldehído, eugenol y la cumarina 2H-1-Benzopiran-2-ona, le proveen efecto fungicida y supresor de crecimiento de los agentes causales (Al-Askar y Rashad 2010, Sienkiewicz et al. 2014) mediante daños en la membrana por la inhibición de procesos enzimáticos (Pinto et al. 2009). Para el caso del extracto de naranja, se sugiere el uso de extractos de naranja para inhibir el crecimiento micelial de hongos de postcosecha como: *C. gloeosporioides*, *Penicillium indicum*, *F. solani*, *Rhizopus stolonifer* y *A. flavus* (Guédez et al. 2014), *A. alternata*, *Rhizoctonia solani*, *Helminthosporium oryzae* y *F. oxysporum* (Chutia et al. 2009). Al respecto Okwu et al. (2007) reportan resultados similares al utilizar un fungicida sintético como el Benomilo (Benzimidazol) en el control de *F. oxysporum*. Mientras que Costa et al. (2014) reportan que la combinación de extracto de cítrico con fosfitos de manganeso, potasio y cobre ejercen control en la germinación de las uredosporas de *Hemileia vastatrix* y conidias de *Cercospora coffeicola*. Su actividad fungicida se debe principalmente a la diversidad de compuestos activos en el extracto como: el limoneno, geraniol, nerol, acetato

de geraniol, cariofileno, acetato de nerol, inanol y cineol (Chutia et al. 2009, Guédez et al. 2014).

El extracto de *Brassica nigra* - *Piper nigrum*, tuvo inhibición del 69.26 y 84.20% en la variedad Típica y Caturra, respectivamente, con valores intermedios con respecto a los otros tratamientos. Al respecto se sabe que la mostaza tiene en mayor proporción isotiocianato de alilo, compuesto orgánico al que se le atribuye su acción antimicrobiana (Aguilar et al. 2015) y efecto fungicida contra de *A. niger*, *A. flavus* y *A. ochraceus* en evaluaciones *in vitro* (Aguilar et al. 2017, Khan et al. 2016, Mejía et al. 2015). Por otra parte, los extractos de la pimienta se componen principalmente del alcaloide *piperina* (Kapoor et al. 2009), monoterpenos como el  $\delta$ -3-careno,  $\beta$ -pineno, limoneno, sabineno y sesquiterpenos como el  $\beta$ -Cariofileno,  $\alpha$ -selineno y  $\beta$ -selineno, *germecreno* (Tchoumboungang et al. 2009). Estos diferentes componentes se relacionan con actividad fungicida en contra de la roya del frijol causado por *Uromyces appendiculatus* (Arslan et al. 2009).

Los extractos de *E. globulus* y *L. tridentata*, fueron los tratamientos con mayor porcentaje de severidad, en ambas variedades. Al respecto, varios estudios reportan efectos antifúngicos, al evaluar polifenoles de gobernadora *in vitro* con efectividad antimicótica contra *A. alternata*, *Pythium* sp, *C. truncatum*, *C. coccodes*, *F. solani*, *F. sambucinum*, *F. verticillioides* y *R. solani* (Osorio et al. 2010), por lo que pueden incluirse en tratamientos postcosecha de granos de almacén contra hongos productores de aflatoxinas como *A. flavus* y *A. parasiticus* (Vargas-Arispuro et al. 2005). Los extractos de eucalipto tienen efectividad fúngica en campo e invernadero contra *Puccinia triticina* f. sp *tritici* (Tohamey y El-Sharkawy 2014), y en condiciones *in vitro* tienen inhibición contra *Botrytis cinerea*, *Phytophthora cactorum*, *Cryphonectria parasitica* y *F. circinatum* (Tripathi et al. 2008, Lee et al. 2008); mediante componentes bioactivos como 1,8-cineol, citronelo, P-cimeno,  $\alpha$ -pineno, limoneno, linalol,  $\gamma$ -terpineno y  $\alpha$ -terpineol (Cimanga et al. 2002, Batish et al. 2008, Liu et al. 2008). Pero en la presente investigación, el extracto de eucalipto no redujo de forma significativa la germinación de uredosporas *H. vastatrix* (Silva et al. 2014).



**Figura 1.** Evolución temporal del porcentaje de severidad de los diferentes tratamientos. Extractos: 1 = *Cinnamomum verum*, 2 = *Citrus sinensis*, 3 = *Larrea tridentata*, 4 = *Eucalyptus globulus*, 5 = *Brassica nigra - Piper nigrum* y 6 = Testigo.

**Tabla 1.** Medias de severidad de *Hemileia vastatrix* en *Coffea arabica* variedad Típica en la cuarta evaluación, tratada con diferentes extractos vegetales.

No	Extracto	N	% Severidad	SD	Sum. Ran.	Ag.*
1	<i>Cinnamomum verum</i>	300	15.47	10.092	565.218	e
2	<i>Citrus sinensis</i>	300	19.68	20.265	590.653	e
3	<i>Larrea tridentata</i>	300	33.48	23.78	996.931	b
4	<i>Eucalyptus globulus</i>	300	31.7	23.181	918.146	c
5	<i>Brassica nigra - Piper nigrum</i>	300	19.02	8.185	749.675	d
6	Testigo	150	61.87	16.684	1439.25	a

No: número de extracto, n: número de muestras evaluadas, SD desviación estándar, Sum Ran: suma de rangos, Ag: agrupación estadística, \*grupos con diferente letra son estadísticamente significativos ( $\alpha = 0.05$ ).

**Tabla 2.** Medias de severidad de *Hemileia vastatrix* en *Coffea arabica* variedad Caturra en la cuarta evaluación tratada con diferentes extractos vegetales.

No	Extracto	N	% Severidad	SD	Sum. Ran.	Ag.*
1	<i>Cinnamomum verum</i>	75	4.73	7.627	140.273	d
2	<i>Citrus sinensis</i>	75	4.0	4.716	141.086	d
3	<i>Larrea tridentata</i>	75	9.77	10.446	192.44	c
4	<i>Eucalyptus globulus</i>	75	37.2	21.201	342.86	b
5	<i>Brassica nigra - Piper nigrum</i>	75	7.72	11.917	151.46	d
6	Testigo	75	48.87	7.286	384.88	a

No: número de extracto, n: número de muestras evaluadas, SD desviación estándar, Sum Ran: suma de rangos, Ag: agrupación estadística, \*grupos con diferente letra son estadísticamente significativos ( $\alpha = 0.05$ ).

Los extractos de *C. verum*, *C. sinensis* y *B. nigra* - *P. nigrum*, disminuyen de forma significativa la severidad de la roya del caféto (*H. vastatrix*) por lo

que son una alternativa viable para reducir la presencia de la enfermedad en las plantas de café.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-González AE, Palou E, López-Malo A (2015) Antifungal activity of essential oils of clove (*Syzygium aromaticum*) and/or mustard (*Brassica nigra*) in vapor phase against gray mold (*Botrytis cinerea*) in strawberries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 32: 181-185.
- Aguilar-González AE, Palou E, López-Malo A (2017) Response of *Aspergillus niger* Inoculated on tomatoes exposed to vapor phase mustard essential oil for short or long periods and sensory evaluation of treated tomatoes. *Journal of Food Quality* Article ID 4067856. Doi 10.1155/2017/4067856.
- Al-Askar AA, Rashad YM (2010) efficacy of some plant extracts against *Rhizoctonia solani* on pea. *Journal of Plant Protection Research* 50: 239-243.
- Arslan U, İlhan K, Karabulut OA (2009) Antifungal activity of aqueous extracts of spices against bean rust (*Uromyces appendiculatus*). *Allelopathy Journal* 24: 207-213.
- Avelino J, Rivas G (2013) La roya anaranjada del caféto. HAL Archiver Overs. Francia. 47p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036/> . Fecha de consulta: 23 de Agosto de 2018.
- Avelino J, Cristancho M, Georgiou S, Imbach P, Aguilar L, Bornemann G, Morales C (2015) The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008-2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security* 7: 303-321.
- Batish DR, Singh HP, Kohli RK, Kaur S (2008) Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management* 256: 2166-2174.
- Capucho AS, Zambolim L, Lopes UN, Milagres NS (2013) Chemical control of coffee leaf rust in *Coffea canephora* cv. conilon. *Australasian Plant Pathology* 42: 667-673.
- Castillo F, Hernández D, Gallegos G, Rodríguez R, Aguilar CN (2012) Antifungal properties of bioactive compounds from plants. In: Dhanasekaran D, Thajuddin N, Annamalai PS (eds). *Fungicides for plant and animal diseases*. IntechOpen. Rijeka, Croatia. pp: 81-106
- Chutia M, Bhuyan P D, Pathak M G, Sarma T C, Boruah P (2009) Antifungal activity and chemical composition of *Citrus reticulata* Blanco essential oil against phytopathogens from North East India. *LWT-Food Science and Technology* 43: 777-780.
- Cimanga K, Kambu K, Tona L, Apers S, De Bruyne T, Hermans N, Vlietinck AJ (2002) Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *Journal of ethnopharmacology* 79: 213-220.
- Costa BHG, De Resende MLV, Ribeiro-Júnior PM, Mathioni SM, Pádua MA, Da Silva-Júnior MB (2014) Suppression of rust and brown eye spot diseases on coffee by phosphites and by products of coffee and citrus industries. *Journal of Phytopathology* 62: 635-642.
- Darmadi AAK, Suprpta DN, Temaja IGRM, Swantara IMD, Sudirman JP, Indonesia DB (2015) Leaf Extract of *Cinnamomum burmanni* Blume Effectively suppress the growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* the cause of *Fusarium* wilt disease on tomato. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 5: 131-137.



- Escamilla E (2016) Las variedades de café en México ante el desafío de la roya. México. Breves de Políticas Públicas. Programa Mexicano del Carbono (PMC) (i.e. (4): 2-10). <http://pmcarbono.org/pmc/proyectos/REDDparaSalvarlaSombraSierraMadreChiapas.php>. Fecha de consulta: 01 de octubre de 2018.
- Figueroa-Hernández E, Pérez-Soto F, Godínez-Montoya L, Pérez-Figueroa RA (2019) Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época* 14: 41-56.
- Flores FV (2015) La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo* 4: 174-194.
- Guédez C, Cañizalez L, Avendaño L, Scorza J, Castillo C, Olivar R, et al. (2014) Actividad antifúngica del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) sobre hongos postcosecha en frutos de lechosa (*Carica papaya* L.). *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 34: 81-87.
- Gurjar MS, Ali S, Akhtar M, Singh KS (2012) Efficacy of plant extracts in plant disease management. *Agricultural Sciences* 3: 425-433.
- Kanoun-Boulé M, De Albuquerque MB, Nabais C, Freitas H (2008) Copper as an environmental contaminant: phytotoxicity and human health implications. In: Prasad MNV (ed) Trace elements as contaminants and nutrients: consequences in ecosystems and human health. John Wiley & Sons, Inc. USA. pp. 653-678.
- Kapoor IPS, Singh B, Singh G, De Heluani CS, De Lampasona MP, Catalan CA (2009) Chemistry and *in vitro* antioxidant activity of volatile oil and oleoresins of black pepper (*Piper nigrum*). *Journal of agricultural and food chemistry* 12: 5358-5364.
- Khan SA, Shahid S, Jameel M, Ahmad A (2016) *In vitro* antibacterial, antifungal and GC-MS analysis of seeds of Mustard Brown. *International Journal Pharmaceutical Chemistry* 4: 107-115.
- Kruskal WH, Wallis WA (1952) Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47: 583-621.
- Lakshmeesha TR, Sateesh MK, Vedashree S, Sofi MS (2014) Antifungal activity of *Cinnamomum verum* on Soybean seed-borne *Aspergillus flavus*. *International Journal of Advanced Research* 5: 1167-1172.
- Lee YS, Kim J, Shin SC, Lee SG, Park IK (2008) Antifungal activity of Myrtaceae essential oils and their components against three phytopathogenic fungi. *Flavour and Fragrance Journal* 23: 23-28.
- Liu X, Chen Q, Wang Z, Xie L, Xu Z (2008) Allelopathic effects of essential oil from *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* on pathogenic fungi and pest insects. *Frontiers of Forestry in China* 3: 232-236.
- Mejia-Garibay B, Palou E, Lopez-Malo A (2015) Composition, diffusion, and antifungal activity of black mustard (*Brassica nigra*) essential oil when applied by direct addition or vapor phase contact. *Journal of Food Protection* 4: 843-848.
- Okwu DE, Awurum AN, Okoronkwo JI (2007) Phytochemical composition and *in vitro* antifungal activity screening of extracts from citrus plants against *Fusarium oxysporum* of okra plant (*Hibiscus esculentus*). *Summa Phytopathol* 30: 145-148.
- Olufolaji DB, Adeosun BO, Onasanya RO (2015) *In vitro* investigation on antifungal activity of some plant extracts against *Pyricularia oryzae*. *Nigerian Journal of Biotechnology* 29: 38-43.
- Osorio E, Flores M, Hernández D, Ventura J, Rodríguez R, Aguilar CN (2010) Biological efficiency of polyphenolic extracts from pecan nuts shell (*Carya Illinoensis*), pomegranate husk (*Punica granatum*) and creosote bush leaves (*Larrea tridentata* Cov.) against plant pathogenic fungi. *Industrial Crops and Products* 31: 153-157.

- Pereira RB, Lucas GC, Perina FJ, Alves E (2012) Essential oils for rust control on coffee plants. *Ciência e Agrotecnologia* 36: 16-24.
- Pinto E, Vale-Silva L, Cavaleiro C, Salgueiro L (2009) Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species. *Journal of Medical Microbiology* 58: 1454-1462.
- Ranasinghe L, Jayawardena B, Abeywickrama K (2002) Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr et LM Perry against crown rot and anthracnose pathogens isolated from banana. *Letters in Applied Microbiology* 35: 208-211.
- SENASICA (2016) *Roya del Cafeto Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome. Ficha Técnica No. 40. Dirección General de Sanidad Vegetal. México. 23p.
- SENASICA (2018) Estrategia operativa del programa fitosanitario contra la roya del cafeto 2018. SENASICA, SAGARPA. México. 6p.
- SIAP (2019) Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta 10 de Julio de 2019.
- Sienkiewicz M, Głowacka A, Kowalczyk E, Wiktorowska-Owczarek A, Józwiak-Bębenista M, Łysakowska M (2014) The biological activities of cinnamon, geranium and lavender essential oils. *Molecules* 19: 20929-20940.
- Silva JL, Souza PE, Monteiro FP, Freitas MLO, Júnior S, Belan LL (2014) Antifungal activity using medicinal plant extracts against pathogens of coffee tree. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 16: 539-544.
- Talhinhas P, Batista D, Diniz I, Vieira A, Silva DN, Loureiro A, Várzea V (2017) The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics. *Molecular Plant Pathology* 18: 1039-1051.
- Tchoumboungang FO, Jazet DPM, Sameza ML, Fombotioh N, Vyry WNA, Henri A. ZP, Menut C (2009) Comparative essential oils composition and insecticidal effect of different tissues of *Piper capense* L., *Piper guineense* Schum. et Thonn., *Piper nigrum* L. and *Piper umbellatum* L. grown in Cameroon. *African Journal of Biotechnology* 8: 424-431.
- Tohamey S, El-Sharkawy HHA (2014) Effect of some Plant Essential Oils against Wheat Leaf Rust Caused by *Puccinia triticina* f. sp *tritici*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 24: 211-216.
- Tripathi P, Dubey NK, Shukla AK (2008) Use of some essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of grey mould of grapes caused by *Botrytis cinerea*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 24: 39-46.
- Valencia-Sandoval K (2016) Competitividad de las exportaciones de café de Colombia, Guatemala y México hacia el mercado estadounidense (2001-2014). *CIENCIA Ergo-Sum* 23: 239-246.
- Vargas-Arispuro I, Reyes-Báez R, Rivera-Castañeda G, Martínez-Téllez MA, Rivero-Espejel I (2005) Antifungal lignans from the creosotebush (*Larrea tridentata*). *Industrial Crops and Products* 22: 101-107.
- Yazdani D, Tan YH, Zainal-Abidin MA, Jaganath IB (2011) A review on bioactive compounds isolated from plants against plant pathogenic fungi. *Journal of Medicinal Plants Research* 5: 6584-6589.
- Yeole GJ, Teli NP, Kotkar HM, Mendki PS (2014) *Cinnamomum zeylanicum* extracts and their formulations control early blight of tomato. *Journal of Biopesticides* 7: 110-123.

