



Producción de Aceite Esencial en plantas de *Piper auritum* Kunth Abonadas Orgánicamente e Inoculadas con Hongos Micorrízicos Arbusculares

Production of essential oil from *Piper auritum* Kunth plants organically fertilized and inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi

Esmeralda Lozano-Sangabriel¹, Nora E. Aquino-Bolaños², Ricardo Tovar-Miranda³, José L. Ledea-Rodríguez⁴, Luis G. Hernández-Montiel⁴, Liliana Lara-Capistrán¹ y Ramón Zulueta-Rodríguez^{1*}

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

²Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos de la Universidad Veracruzana, Av. Doctor Luis Castelazo, Industrial Las Animas, C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

³Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana, Av. Doctor Luis Castelazo, Industrial Las Animas, C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

⁴Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Calle Instituto Politécnico Nacional No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, C.P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México.

*Autor de correspondencia: rzulueta36@hotmail.com

Recibido 17 de agosto 2021; recibido en forma revisada 20 de octubre de 2021; aceptado 07 de noviembre de 2021

RESUMEN

El interés de *Piper auritum* Kunth (acuyo) para la agroindustria farmacéutica y/o agropecuaria se derivan de la presencia de distintos componentes fitoquímicos y sustancias aromáticas en sus raíces y hojas. Por ello, en el presente estudio se valoró el efecto de sustancias orgánicas y la inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) sobre la producción de aceite esencial (AE) en esta Piperaceae propagada bajo condiciones de malla sombra en

Xalapa, Veracruz, México. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cinco tratamientos y 15 repeticiones: T1 Testigo absoluto (T), T2 Suelo nativo con HMA (SN+HMA), T3 Suelo sanitizado con HMA (SS+HMA), T4 SS+Biol (SS+B) y T5 SS+Fertilizante orgánico natural (SS+FON), con disposición total de 75 unidades experimentales. Se evaluó área foliar a los 74 y 113 días después del trasplante (DDT) y producción de aceite esencial a los 392 DDT. Tras comprobar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos obtenidos en este bioensayo y verificar su fiabilidad estadística, los resultados de estas dos variables se analizaron mediante un ANOVA y contraste de la diferencia significativa mínima (DSM) de Fisher, con un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$), mientras que el porcentaje de colonización micorrízica y número de esporas se utilizó la Prueba t para muestras independientes (distribución t de Student) con un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$). Aunque a los 74 DDT el área foliar de las plantas había incrementado más en SS+FON (192.79%), finalmente en SN+HMA y SS+HMA se extrajo más AE mediante hidrodestilación (0.986% y 0.579%) en comparación con SS+B (0.352%), SS+FON (0.244%) y T (0.171%, 392 DDT). Por otro lado, la presencia de esporas ni la colonización micorrizógena-arbuscular influyeron sobre el porcentaje de AE producido por esta Piperaceae en las condiciones de manejo prevalecientes durante el bioensayo. No obstante, la agregación de este tipo fertilizantes biológicos pudiere ser una alternativa elegible para fomentar la producción de AE en *P. auritum* bajo condiciones de umbría controlada.

Palabras clave: Piperaceae, hidrodestilación, fertilizante biológico y orgánico, colonización micorrízica total y fraccionada.

ABSTRACT

The interest of *Piper auritum* Kunth (acuyo) for the pharmaceutical and/or agricultural agroindustry derives from the presence of different phytochemical components and aromatic substances in its roots and leaves. Therefore, in the present study, the effect of organic substances and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the production of essential oil (EA) in this Piperaceae propagated under shade mesh conditions in Xalapa, Veracruz,

Mexico was assessed. An experimental design in randomized blocks with five treatments and 15 repetitions was used: T1: Absolute control (T), T2: Native soil with HMA (SN+HMA), T3: Soil sanitized with HMA (SS+HMA), T4: SS+Biol (SS+B) and T5: SS+Natural organic fertilizer (SS+FON), with a total disposal of 75 experimental units. Leaf area was evaluated at 74 and 113 days after transplantation (DDT) and AE production at 392 DDT. After verifying the assumptions of normality and homogeneity of variances of the data obtained in this bioassay and verifying their statistical reliability, the results of both variables were analyzed using an ANOVA and Fisher's least significant difference (DSM) contrast, with the significance level of 5% ($\alpha= 0.05$), while in the percentage of mycorrhizal colonization and number of spores the t-test was used for independent samples (Student's t distribution) with a level significance of 5% ($\alpha= 0.05$). Although at 74 DDT the leaf area of *P. auritum* plants had increased more in SS+FON (192.79 %), finally in SN+HMA and SS+HMA more essential oil was extracted by hydrodistillation (0.986 % and 0.579 %) compared to SS+B (0.352 %), SS+FON (0.244 %) and T (0.171 %, 392 DDT). On the other hand, the presence of spores and mycorrhizal-arbuscular colonization do not influence the percentage of AE produced by this Piperaceae under the prevailing management conditions during the bioassay. However, the addition of this type of biological fertilizers could be an eligible alternative to promote the production of AE in *P. auritum* under controlled shady conditions.

Key words: Piperaceae, hydrodistillation, biological and organic fertilizer, total and fractional mycorrhizal colonization

INTRODUCCIÓN

Piper auritum Kunth es una especie que de manera natural se distribuye desde México hasta Colombia y las Antillas, y es común a lo largo de bordes de ríos en bosques nubosos, bosques tropicales perennes, bosques tropicales subdeciduos y cañones húmedos en bosques tropicales deciduos, en elevaciones desde el nivel del mar hasta 2,260 m (Ramírez, 2016); aunque también crece junto a diversos cultivos agrícolas (Salazar, 2018) (donde se considera una “maleza” o “mala hierba”) (Villaseñor y Espinosa, 1998), se tolera y fomenta su propagación en huertos familiares (Caballero-Roque *et al.*, 2018; Ordóñez *et al.*, 2018; Pedraza, 2018), parques y áreas verdes urbanas o es apreciable como ornamental (Cruz-Bautista *et al.*, 2021) para embellecer casas-habitación y jardines privados o públicos debido a lo llamativo de su follaje (hojas grandes y brillantes) y su fragancia única (Ravindran, 2017).

Si bien a esta piperácea se le catalogó como una planta sub-utilizada debido al desconocimiento total o parcial de su valor utilitario (Zulueta, 1993) a través de investigaciones donde se ha podido constatar la multiplicidad de beneficios, entre los que además del

comestible como especia para preparar bebidas, dar sabor y condimentar/aromatizar guisos (Manzanero-Medina *et al.*, 2020), del medicinal mostrado sobre la salud humana (Fonseca *et al.*, 2020) o forrajero de bienestar animal (Caicedo *et al.*, 2019), destacan el entomotóxico (Sandoval-Reyes *et al.*, 2013), fungitóxico (Fernández *et al.*, 2021), insectistático (Jiménez *et al.*, 2016) y los de interés en la industria farmacéutica y/o agropecuaria derivados de la presencia de distintos componentes fitoquímicos y sustancias aromáticas en sus raíces y hojas (Granados-Echegoyen *et al.*, 2020). Y es precisamente en este contexto donde las investigaciones no solo se han centrado en conocer cuáles son los constituyentes principales del aceite esencial de *P. auritum*, sino también el tipo de manejo e insumos orgánicos y biológicos de creciente eficacia que pueden incrementar su producción. Entre ellos, en la literatura especializada destacan la inoculación con hongos micorrizógenos arbusculares y la aplicación de fitorreguladores y fertilizantes naturales (Fathi *et al.*, 2020). Por tanto, el objetivo del presente estudio fue valorar la producción de aceite esencial de plantas de *Piper auritum* Kunth abonadas orgánicamente e

inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares bajo condiciones de malla sombra.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó en el área de invernaderos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana (FCA-UV), *Campus* Xalapa, ubicada a 19°51'61.4" de latitud norte, 96°91'85.5" de longitud oeste y elevación de 1, 358 msnm.

El tipo de clima predominante en la zona es templado C(fm)w"b(i)g cuya temperatura media anual está comprendida entre 12 y 18°C y la del mes más frío es inferior a 18°C, con porcentaje de lluvia invernal menor de 18, régimen de lluvias de verano y sequía intraestival (canícula); con verano fresco y largo, poca oscilación térmica (entre 5 y 7°C) y marcha anual de la temperatura tipo Ganges (Soto y Gómez, 1993).

Recolección del material vegetativo

El material vegetativo (esquejes) utilizado en este bioensayo se recolectó el 26 de agosto de 2019 en los alrededores de la zona universitaria aledaña a la FCA-UV, donde esta Piperaceae se propaga de manera abundante: A un costado del Centro Acuático Eulalio Ríos y en las jardineras que bordean al Paseo

de Los Lagos, entre las coordenadas 19.516673,-96.919671 y 19.515032,-96.918719.

Preparación y desinfección del sustrato

El sustrato (SS) destinado para el presente estudio se preparó mediante la combinación de suelo, tepezil y arena en proporción 3:2:1 (v/v), y su esterilización se realizó con un desinfectante y germicida de amplio espectro fabricado por AgroScience® (FULL-GRO®) en dosis de 180 mL·20 L⁻¹ agua. Además, se utilizó un tratamiento con suelo sin esterilizar (SN) proveniente del sitio donde las plantas de *P. auritum* vegetan bien y abundantemente en campo.

Aplicación del inóculo micorrízico y los abonos orgánicos

Las dosis de inóculo micorrízico y de abonos orgánicos se aplicaron en cada unidad experimental (esqueje) al momento de la siembra de la siguiente manera: a) MicorrizaFer® 10 g·planta⁻¹, b) Biol 240 mL·planta⁻¹ y c) OrganoDel® 1 kg·unidad experimental⁻¹.

En la bolsa comercial del primero se matiza que la actividad biológica se basa en la simbiosis mutualista de *Rhizoglofus intraradices*·g⁻¹ sustrato (mínimo 100

propágulos [esporas, hifas y raíces colonizadas]¹ en tierra desinfectada y turba). Del segundo que se trata de una fuente de fitoreguladores elaborado a partir de estiércol de cabra (50 %) diluido en 200 L de agua y dejado fermentar por 15 a 20 días, y del tercero que es un fertilizante orgánico natural que contiene materia orgánica (85 %), humus (60 %), ácidos húmicos (10 %), nitrógeno, fósforo, potasio, elementos secundarios y microelementos como resultado de la inoculación del estiércol con bacterias aeróbicas termofílicas.

Diseño experimental y descripción de los tratamientos

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cinco tratamientos y 15 repeticiones: T1= Testigo absoluto (T), T2= HMA (SN+HMA), T3= HMA (SS+HMA), T4= Biol (SS+B) y T5= OrganoDel® (SS+FON).

Manejo de las plantas bajo malla sombra

En este bioensayo se utilizó malla sombra de uso agrícola con 44 x 14 hilos·in², monofilamento de polietileno de alta densidad (PEAD) con pigmentación y aditivos UV que brinda sombra

uniforme, regulada y temperatura ideal para controlar la radiación solar y humedad de los cultivos protegidos, así como la entrada de aves y algunos insectos (Hydro Environment, 2021).

Variables evaluadas

A los 74 y 113 días después de la siembra (DDS) se evaluó el área foliar. A los 392 DDS se determinó producción de aceite esencial, número de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares y porcentaje de colonización micorrízica.

Para la obtención del aceite esencial de *P. auritum* se utilizó un equipo Clevenger (Günther, 1948). Las muestras foliares de esta Piperaceae se procesaron en el Laboratorio del Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana.

La separación y concentración de esporas de los micobiontes se efectuó de acuerdo con la técnica de tamizado húmedo y decantación propuesta por Gerdemann y Nicolson (1963).

A continuación, se prepararon 15 laminillas permanentes con raicillas de acuyo (*P. auritum*) debidamente clareadas y teñidas para identificar la presencia/ausencia de estructuras micorrizógenas (Phillips y Hayman, 1970) y determinar el porcentaje

¹ Mencionado como *Glomus intraradices*.

de colonización micorrízica (McGonigle *et al.*, 1990). Las observaciones se efectuaron en un microscopio compuesto Nikon, modelo PFX Optiphot-2, con ampliación de 200X.

Análisis estadístico

Tras comprobar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos obtenidos en este experimento (considerando a Shapiro-Wilk [1965] y Hartley [1950]) y verificar su fiabilidad estadística, los resultados de área foliar y producción de aceite esencial se analizaron mediante un ANOVA y contraste de mínima diferencia significativa (LSD) de Fisher, con un nivel de significancia del 5% ($\alpha= 0.05$) del software STATISTICA versión 10.0 (StatSoft, Inc. 2011) para Windows, mientras que en los porcentajes de colonización micorrízica y número de esporas se utilizó la comparación de medias a través de la Prueba t para muestras independientes (distribución t de Student) con un nivel de significancia del 5 % ($\alpha= 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadístico para la variable área foliar a los 74 y 113 DDS

El análisis estadístico para área foliar solamente reveló diferencias significativas entre los tratamientos a los 74 DDS (DMS de Fisher, $P\leq 0.05$), mostrando a SS+FON, SN+HMA y SS+HMA como los mejores tratamientos con incrementos de 192.79 %, 177.66 % y 176.31 % con relación a las plantas-testigo (T) (Fig. 1). No existió diferencias estadísticas a los 113 DDT en el área foliar.

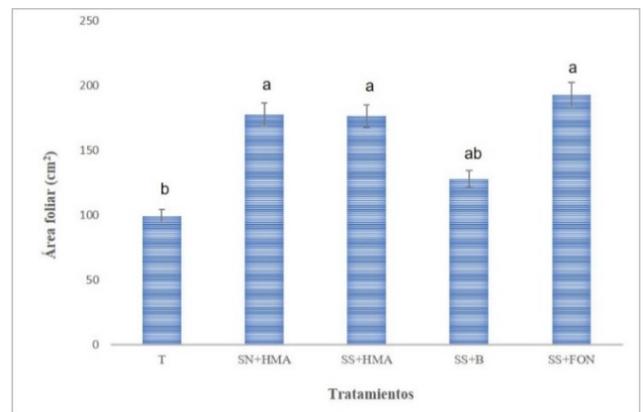


Figura 1. Área foliar en plantas de *Piper auritum* Kunth a los 74 DDS (DMS de Fisher, $P\leq 0.05$)

La respuesta hasta entonces observada pudiere haberse relacionado con lo denotado por Zayed (2012) al considerar que el fertilizante orgánico natural y los microorganismos son componentes imprescindibles para mejorar la habilidad metabólica de las plantas y aprovechamiento de los nutrimentos

disponibles para su crecimiento, mismo que sin duda se relaciona con el desarrollo del tejido foliar.

Análisis estadístico para la variable producción de aceite esencial a los 392 DDT

El ANOVA mostró diferencias significativas entre los tratamientos (DMS de Fisher, $P \leq 0.05$) para porcentaje de aceite esencial extraído en las muestras de follaje de *P. auritum*, marcando a SS+HMA como el mejor tratamiento con incrementos del 0.986 %, seguido de los tratamientos SN+HMA (0.579 %), SS+B (0.352 %) y SS+FON (0.244 %) con respecto a las plantas-testigo (T, 0.171 %). Por otra parte, Ordaz *et al.* (2011) reportan rendimientos de 0.032 % de aceite esencial obtenido mediante hidrodestilación de 250 g de hojas de *Piper tuberculatum* (en los que despuntan sesquiterpenos, derivados oxigenados y alta proporción de cetonas no terpenoides).

Análisis para muestras pareadas (t de Student) en porcentaje de colonización micorrízica y número de esporas

El resultado del test t de Student para porcentaje de colonización micorrízica total se muestra en la figura 2 y la presencia de estructuras micorrízicas (porcentaje de colonización micorrízica fraccionada) en la figura 3

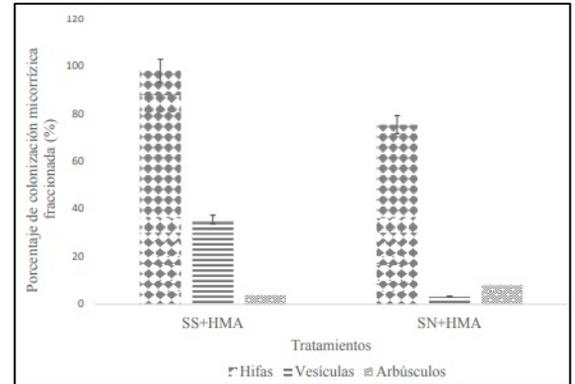


Figura 2. Análisis comparativo-evaluativo de las muestras pareadas para porcentaje de colonización micorrízica total en raíces de *Piper auritum* Kunth

Tal y como se aprecia en la figura 2, la colonización radicular de *P. auritum* fue mayor en el tratamiento SS+HMA (98.33 %) en comparación con SN+HMA (75.66 %), lo cual demuestra el estatus micorrizógeno de esta Piperaceae.

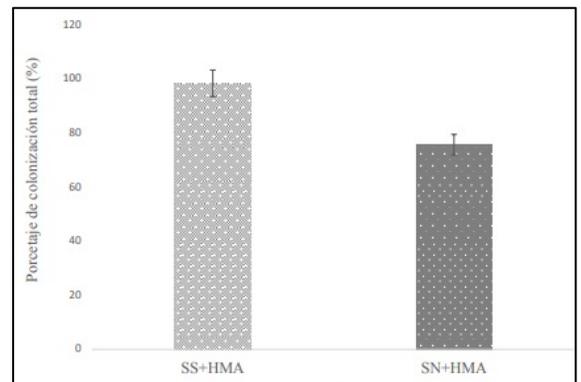


Figura 3. Porcentaje de colonización micorrízica fraccionada en raíces de *Piper auritum* Kunth

Por otro lado, y en relación con este contexto, Bracamontes *et al.* (2018) han expresado que, a la par de la abundancia y diversidad de HMA, la medición del grado de colonización micorrízica puede representar un valioso indicador biológico de la calidad del suelo.

Aunque en la literatura especializada se ha reconocido que los arbusculos se consideran el mejor indicador de función mutualística en una simbiosis micorrízica arbuscular (Piliarová *et al.*, 2019), se ha inferido que no son las únicas estructuras² que coadyuvan a la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas al optimizar la absorción de nutrimentos en entornos estresantes (Begum *et al.*, 2019) pues a través de los avances en la investigación contemporánea han permitido demostrar que la formación de una red hifal no solo facilita el acceso de las raíces a una superficie más amplia de suelo donde la disponibilidad y absorción de agua y minerales fomentan la progresión de las especies vegetales hospedantes (Bowles *et al.*, 2016) sin desestimar que tanto las hifas como las vesículas son indicadoras de una colonización actual y pasada.

Por otra parte, Bracamontes *et al.* (2018) revelan algunas propuestas de interpretación relacionadas con los porcentajes de mayor colonización y sus posibles efectos en el huésped: 1) Aunque pudiere haber limitaciones de fósforo en el suelo (sustrato), existe cantidad suficiente para establecer la asociación, de modo que la actividad fotosintética y el crecimiento del cultivo (en este caso plantas de *P. auritum*) aumentan (Fig. 3), 2) Existe compatibilidad simbiótica entre el micobionte y el cultivo (*ibidem*), de tal suerte que la asociación incrementa la absorción de fósforo (y seguramente de otros nutrimentos)

en favor del vigor y protección de la planta cultivada contra ciertos fitopatógenos, y 3) La humedad presente en el medio es adecuada para el mantenimiento de los HMA, de tal manera que el estrés hídrico en el cultivo establecido disminuye. No obstante, estudios adicionales son (y seguramente siguen siendo) necesarios para confirmar si la introducción y estrategias de colonización de cepas alóctonas desplaza a las cepas nativas (Pérez-Luna *et al.*, 2012), de tal manera que cuando las primeras fuesen introducidas en una comunidad de hongos MA establecida en el tiempo y en el espacio, pudiesen

² Estructuras arbóreas transitorias (Roth *et al.*, 2019).

alterar y reducir potencial y significativamente la riqueza de especies micorrizógenas naturales (Thomsen *et al.*, 2021).

Ahora bien, en la figura 4 se muestran los datos obtenidos tras el conteo de esporas en las muestras de suelo de los tratamientos SN+HMA (100 g) y SS+HMA (100 g), donde se advierte que la densidad visual y recuento de diseminulos esporales de los micobiontes es mayor en el primer tratamiento citado (>41.65 %).

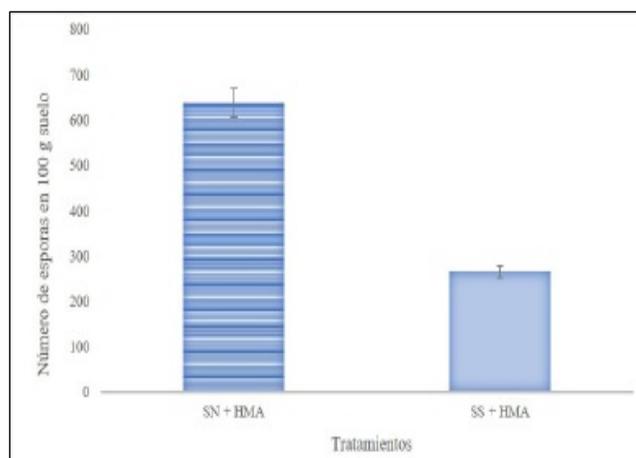


Figura. 4. Análisis comparativo-evaluativo de las muestras pareadas para número de esporas presentes en el sustrato tomado de los tratamientos SN+HMA y SS+HMA evaluados en este bioensayo

En consideración a ello, Lovera y Cuenca (2007) opinan que debido a la capacidad divergente de esporulación de las especies de HMA presentes en un espacio determinado, esta variable cuantitativa no

necesariamente refleja su abundancia real. Finalmente, se precia pertinente subrayar que, de acuerdo con Ruiz y Davey (2005), los altos porcentajes de colonización micorrízica en especies del género *Piper* han sido relacionados con la adaptación de algunas de ellas a diferentes tipos de suelo y rápida colonización de espacios abiertos, lo cual Vázquez-Yanes (1976) no solo apreció en *P. auritum*, sino también en *P. sanctum*, *P. hispidum*, *P. aduncum*, *P. marginatum*, *P. umbellatum* y *P. aff. yzabalanum*.

CONCLUSIONES

Los hongos micorrizogenos arbusculares influyeron sobre el área foliar y el porcentaje de AE producido por esta Piperaceae. Por lo tanto, la agregación de este tipo de *insumos biológicos* puede ser una alternativa elegible para fomentar la producción de AE en *P. auritum* bajo condiciones de umbría controlada.

BIBLIOGRAFÍA

Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Ahmed, N. y Zhang, L. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: Implications in abiotic

- stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 10: Article ID 1068. Accesado 24 sep 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>.
- Bowles, T. M., Barrios-Masias, F. H., Carlisle, E. A., Cavagnaro, T. R. y Jackson, L. E. (2016). Effects of arbuscular mycorrhizae on tomato yield, nutrient uptake, water relations, and soil carbon dynamics under deficit irrigation in field conditions. *Science of The Total Environment*, 566-567, 1223-1234.
- Bracamontes N., L., Fuentes P., M., Rodríguez S., L. M. y Macedas J., J. (2018). *Manual de indicadores biológicos de la salud del suelo*. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Caballero-Roque, A., Orantes-García, C., Moreno-Moreno, R. A. y Ferrera-Sarmiento, O. (2018). Huertos familiares en Chiapas. In: Ordóñez, M. J. *Atlas Biocultural de Huertos Familiares México: Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Veracruz y Península de Yucatán* (pp. 121-165). Universidad Autónoma de México, Cuernavaca, Morelos, México.
- Caicedo, W., Pérez, M., Sanchez, J., Flores, A. y Duchitanga, E. (2019). Contenido de fenoles totales y actividad antioxidante del follaje de anís silvestre (*Piper auritum* Kunth) y su efecto nutracéutico para cerdos en posdestete. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1470-1480.
- Cruz-Bautista, P., Martínez-Dávila, J. P., Gómez-Hernández, T. y Casanova-Pérez, L. (2021). Riqueza vegetal en patios familiares del trópico mexicano: Hallazgos desde la teoría de polos de desarrollo. *Ciencia UAT*, 15(2), 6-20.
- Fathi, A., Oveysi, M., Nasri, M., Tohidi, H. y Kasraei, P. (2020). Physiological responses of peppermint (*Mentha piperita* L.) to plant growth regulators and salinity stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 11(1), 3499-3508.
- Fernández, M. S., Hernández-Ochoa, F., Carmona-Hernández, O., Luna-Rodríguez, M., Barrientos-Salcedo, C., Asselin, H. y Lozada-García, J. A. (2021). Chitosan-induced production of secondary metabolites in plant extracts of *Piper auritum*, and the *in vitro* fungicidal activity against *Fusarium*

- oxysporum* f. sp. *vanillae*. *Mexican Journal of Phytopathology*, 39(1), 198-206.
- Fonseca C., R. E., Rivera L., L. A. y Vázquez G., L. (2020). *Guía ilustrada de plantas medicinales en el Valle de México*. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas, México.
- Gerdemann, J. W. y Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46, 235-244.
- Granados-Echegoyen, C., Juárez-Pelcastre, J. Alonso-Hernández, N. y Góngora-Chin, R. E. (2020). Efecto del aceite esencial de *Piper auritum* KUNTH, 1816 (Piperaceae) sobre *Diaphania hyalinata* Linnaeus, 1767 (Lepidoptera: Crambidae) plaga de *Cucurbita argyrosperma* Hüber (Cucurbitaceae) en Campeche, México. *Entomología mexicana*, 7, 152-157.
- Günther, E. (1948). *The Essential Oils. Vol. 1: History and origin in Plants Production Analysis*. Krieger Publishing, USA.
- Hartley, H. (1950). The maximum F-Ratio as a short-cut test for heterogeneity of variance. *Biometrika*, 37, 308-312.
- Hydro Environment (2021). Mallas agrícolas. Accesado el 24 sep 2021. Disponible en: https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&cPath=69&products_id=410https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&cPath=69&products_id=410
- Jiménez Á., L., Arias V., Á., Valdés H., R. y Cárdenas M., M. (2016). *Tithonia diversifolia*, *Moringa oleifera* y *Piper auritum*: Alternativas para el control de *Sitophilus oryzae*. *Centro Agrícola*, 43(3), 56-62.
- Lovera, M. y Cuenca, G. (2007). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia*, 32(2), 108-114.
- Manzanero-Medina, G. I., Vásquez-Dávila, M. A., Lustre-Sánchez, H. y Pérez-Herrera, A. (2020). Ethnobotany of food plants (quelites) sold in

- two traditional markets of Oaxaca, Mexico. *South African Journal of Botany*, 130, 215-223.
- McGonigle, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L. y Swan, J. A. (1990). A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 115(3), 495-501.
- Ordaz, G., D'Armas, H., Yáñez, D. y Moreno, S. (2011). Composición química de los aceites esenciales de las hojas de *Helicteres guazumifolia* (Sterculiaceae), *Piper tuberculatum* (Piperaceae), *Scoparia dulcis* (Arecaceae) y *Solanum subinerme* (Solanaceae), recolectadas en Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 585-595.
- Ordóñez D., M. J., López-Alzina, D. G. y Pulido-Salas, M. T. (2018). Estado actual de los huertos familiares en siete estados del sur y sureste de México. In: Ordóñez, M. J. *Atlas Biocultural de Huertos Familiares México: Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Veracruz y Península de Yucatán* (pp. 391-417). Universidad Autónoma de México, Cuernavaca, Morelos, México.
- Pedraza P., R. A. (2018). Huertos familiares en el estado de Veracruz. In: Ordóñez, M. J. *Atlas Biocultural de Huertos Familiares México: Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Veracruz y Península de Yucatán* (pp. 275-329). Universidad Autónoma de México, Cuernavaca, Morelos, México.
- Pérez-Luna, Y., Álvarez-Solís, J. D., Mendoza-Vega, J., Pat-Fernández, J. M., Gómez-Álvarez, R. y Cuevas, L. (2012). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana Botánica*, 69(1), 46-56.
- Phillips, J. M. y Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transaction of The British Mycological Society*, 55, 158-160.
- Piliarová, M., Ondreičková, K., Hudcovicová, M., Mihálik, D. y Kraic, J. (2019). Arbuscular

- mycorrhizal fungi-Their life and function in ecosystem. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, 65(1), 3-15.
- Ramírez A., J. M. (2016). *Piper commutatum* (Piperaceae), the correct name for a widespread species in Mexico and Mesoamerica. *Acta Botánica Mexicana*, 116, 9-19.
- Ravindran, P. N. (2017). *The encyclopedia of herbs & spices. Vols. 1 and 2*. Ravindran, P. N. (Ed.). CAB International, Wallingford, UK.
- Roth, R., Hillmer, S., Funaya, C., Chiapello, M., Schumacher, K., Presti, L. L., Kahmann, R. y Paszkowski, U. (2019). Arbuscular cell invasion coincides with extracellular vesicles and membrane tubules. *Nature Plants*, 5, 204-2011.
- Ruiz, P. y Davey, C. (2005). Micorrizas arbusculares en ultisoles de la Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 14(2), 57-74.
- Salazar O., Y. (2018). Huertos familiares en el estado de Hidalgo. In: Ordóñez, M. J. *Atlas Biocultural de Huertos Familiares México: Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Veracruz y Península de Yucatán* (pp. 167-219). Universidad Autónoma de México, Cuernavaca, Morelos, México.
- Sandoval-Reyes, F., Ariaga-Gaona, M. L., Hernández-Limón, L., Hernández-Romero, I. y Guzmán-González, F. I. (2013). Actividad biológica en campo del extracto etanólico de *Melia azedarach*, *Psidium guajava*, *Datura stramonium*, *Piper auritum* y *Azadirachta indica* A. Juss. sobre la *Diaphorina citri*. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9(1), 22-29.
- Shapiro, S.S. y Wilk, M.B. (1965). An analysis of variance test for normality: Complete samples. *Biometrika*, 52, 591-611.
- Soto E., M. y Gómez C., M. (1993). Consideraciones climáticas de la ciudad de Xalapa. In: López-Moreno, I. R. (Ed.). *Ecología Urbana aplicada a la ciudad de Xalapa* (pp. 81-98). Instituto de Ecología, México.
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10.0. USA: SAS Institute Inc.

- Thomsen, C., Loverock, L., Kokkoris, V., Holland, T., Bowen, P. A. y Hart, M. (2021). Commercial arbuscular mycorrhizal fungal inoculant failed to establish in a vineyard despite priority advantage. *PeerJ*, 9: Article ID e11119. Accesado 24 sep 2021. Disponible en: <http://doi.org/10.7717/peerj.11119>.
- Vázquez-Yanes, C. (1976). Estudios sobre ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México. *In*: Gómez-Pompa, A., Silvia del Amo, R., Vázquez-Yanes, C. y Butanda C., A. (Eds.). *Regeneración de selvas* (pp. 279-387). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos/Compañía Editorial Continental S. A., México.
- Villaseñor R., J. L. y Espinosa G., F. J. (1998). *Catálogo de malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México/Fondo de Cultura Económica, México.
- Zayed, M. S. (2012). Improvement of growth and nutritional quality of *Moringa oleifera* using different biofertilizers. *Annals of Agricultural Sciences*, 57(1), 53-62.
- Zulueta R., R. (1993). El acuyo (*Piper auritum* HBK [Piperaceae]) una planta subutilizada. *La Ciencia y el Hombre*, (15), 151-152.