



Vidsupra

Órgano de difusión científica y tecnológica del
Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional
Unidad Durango
IPN-CIIDIR DURANGO

visión científica
ISSN:2007-3127

Vol. 10 Núm. 1
enero - junio 2018





www.ciidirdurango.ipn.mx

Vidsupra

Órgano de difusión científica y tecnológica del
Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional
Unidad Durango
IPN- CIIDIR DURANGO

visión científica
ISSN: 2007-3127



Directorio

Instituto Politécnico Nacional

- **Mario Alberto Rodríguez Casas.** Director General
- **Héctor Leoncio Martínez Castuera.** Secretario General
- **Emmanuel Alejandro Merchán Cruz.** Secretario Académico
- **Juan Silvestre Aranda Barradas.** Secretario de Investigación y Posgrado
- **Luis Alfonso Villa Vargas.** Secretario de Extensión e Integración Social
- **María Guadalupe Vargas Jacobo.** Secretaria de Servicios Educativos
- **Reynold Ramón Farrera Rebollo.** Secretario de Gestión Estratégica
- **Jorge Quintana Reyna.** Secretario de Administración
- **Eleazar Lara Padilla.** Secretario Ejecutivo de la COFAA
- **José Cabello Becerril.** Secretario Ejecutivo del POI
- **José Juan Guzmán Camacho.** Abogado General
- **Modesto Cárdenas García.** Presidente del Decanato
- **Blanca Beatriz Martínez Becerra.** Coordinadora de Comunicación Social

CIIDIR Unidad Durango

- **Eduardo Sánchez Ortíz.** Director
- **Erika Cassio Madrazo.** Subdirectora Académica y de Investigación
- **Agustín Ángel Meré Rementería.** Subdirector Administrativo
- **Néstor Naranjo Jiménez.** Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social
- **Amelia Quezada Díaz.** Jefa del Departamento de Posgrado
- **Denise Martínez Espino.** Jefa de la Unidad Politécnica de Integración Social
- **Claudia Elia Soto Pedroza.** Jefa de la Unidad de Tecnología Educativa y Campus Virtual
- **César Israel Hernández Ramírez.** Jefe del Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico
- **Adán Villarreal Márquez.** Jefe de la Coordinación de Enlace y Gestión Técnica
- **Mayra Edith Burciaga Siqueiros.** Jefa del Departamento de Servicios Educativos
- **Víctor Daniel Ríos García.** Jefe de la Unidad de Informática
- **Diana Carolina Alanís Bañuelos.** Jefa del Dpto. de Recursos Financieros y Materiales
- **Sara Silva Haro.** Jefa del Departamento de Capital Humano

“Vidsupra, visión científica” Vol. 10, No. 1 ENERO - JUNIO de 2018. Es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR-IPN Unidad Durango. Calle Sigma Núm. 119, Fracc. 20 de Noviembre II. C.P. 34220. Teléfonos: (618) 814 2091 y (618) 814 4540. Editor responsable: Eduardo Sánchez Ortíz. Editores asociados: Rebeca Álvarez Zagoya y Norma Almaraz Abarca. Producción Editorial: Claudia Elia Soto Pedroza
Certificado de reserva de derechos: No. 04-2010-112211305700-102, ISSN: 2007-3127, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de licitud de título número 14715. Certificado de licitud de contenido número 12288, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por: Carlos Alberto González Cervantes. MGM impresos. Av. División Durango No. 217 Col. Benjamín Méndez C.P. 34020 Durango, Dgo.
Este número se terminó de imprimir el 30 de junio de 2018 con un tiraje de 500 ejemplares. Distribución: CIIDIR-IPN Unidad Durango. Distribución gratuita a Instituciones de Educación Superior.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

Fotografía: Autor: M.C. Jesús Lumar Reyes. Escarabajo del orden Coleoptera, familia Meloidae y género *Pyrota* spp. Colectado en La Minerva, Durango. México.

Índice

- 1 ENSAYOS COLORIMÉTRICOS PARA LA DETECCIÓN DE CITOTOXICIDAD
Génesis Francisca Gallegos-Hernández
- 5 GREMIOS ALIMENTARIOS DE LEPIDOPTERA (NYMPHALIDAE Y PIERIDAE) EN EL SUR DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO
David Ramírez Noya
- 11 RELACIONES GENÉTICAS EN COLECTAS DE CAMOTE DE CERRO (*Dioscorea* spp.) BASADAS EN CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y MOLECULARES
Ana Paulina Velasco-Ramírez, Fernando Santacruz-Ruvalcaba, José de Jesús Sánchez-González, Martha Isabel Torres-Morán
- 21 CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE PLANTAS DE LA FAMILIA Asphodelaceae CULTIVADAS EN AGRICULTURA DE TRASPATIO
José Gilberto Gómez-Vizcaíno y Martha Isabel Torres-Morán
- 28 CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA DE LOS SITIOS DONDE SE DISTRIBUYE EL ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK) EN EL ESTADO DE DURANGO
Eduardo Gámiz Romero
- 35 HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) URBANAS Y SUBURBANAS DE LA CIUDAD DE DURANGO, DURANGO, MÉXICO
Miguel Angel Soto-Cárdenas, Isaías Chairez-Hernández, Dania Melissa Vega-Hernández, José Israel Martínez-Rivera, Laura Anabel Páez-Olivan, Jaime Herrera-Gamboa.
- 41 PROPUESTA DE CAUDAL ECOLÓGICO DE UN TRAMO REPRESENTATIVO DEL RÍO EL TUNAL, DURANGO, MÉXICO
Jaciél Rubio Cardoza, Heriberto Ávila González
- 46 EL GÉNERO *Phaseolus* L., EN VICENTE GUERRERO, DURANGO, MÉXICO.
David Ramírez Noya, Macario García Ramírez.

ENSAYOS COLORIMÉTRICOS PARA LA DETECCIÓN DE CITOTOXICIDAD

Génesis Francisca Gallegos-Hernández

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220. Correo electrónico: genesisgallegos@hotmail.com

RESUMEN

La alteración de las funciones celulares básicas por una sustancia química que produce un daño que puede ser detectado se define como citotoxicidad. Se han desarrollado diferentes ensayos in vitro para predecir los efectos tóxicos de drogas y compuestos químicos utilizando como modelos líneas celulares. El objetivo de este trabajo es ofrecer una descripción de los métodos colorimétricos de ensayo más comúnmente utilizados para estimar la respuesta y la salud de las células en cultivo después del tratamiento con diversos estímulos. Se incluyeron los ensayos de bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolio (MTT), de 2,3-bis-(2-metoxi-4-nitro-5-sulfofenil)-2H-tetrazolio-5-carboxanilido (XTT), 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-5-(3-carboximetoxifenil)-2-(4-sulfofenil)-2H-tetrazolio (MTS), 2-(4-yodofenil)-3-(4-nitrofenil)-5-(2,4-disulfofenil)-2H-tetrazolio (WST), ensayo de captación de rojo neutro (RN), ensayo de la actividad de la enzima lactato deshidrogenasa (LDH), de azul de kenacid, y de azul de tripano.

ABSTRACT

Cytotoxicity is defined by the alteration of the basic cellular functions by a chemical substance that produces a damage, which can be detected. Different in vitro assays have been developed to predict the toxic effects of drugs and chemical compounds using cell lines as models. The aim of the current paper was to provide a description of the most commonly used colorimetric assay methods to estimate the response and health of cells in culture after treatment with different stimulus. The assays included were 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT), 2,3-bis-(2-methoxy-4-nitro-5-sulfophenyl)-2H-tetrazolium-5-carboxanilide (XTT), 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-5-(3-carboxymethoxyphenyl)-2-(4-sulfophenyl)-2H-tetrazolium (MTS), 2-(4-iodophenyl)-3-(4-nitrophenyl)-5-(2,4-disulfophenyl)-2H-tetrazolium (WST), neutral red caption (RN), lactate dehydrogenase activity (LDH), kenacid blue, and trypan blue exclusion.

INTRODUCCIÓN

Se define cultivo celular como el conjunto de técnicas que permiten el mantenimiento, la supervivencia y/o multiplicación in vitro de células provenientes de órganos específicos o de linajes celulares tratando de conservar al máximo sus propiedades fisiológicas, bioquímicas y genéticas (Freshney, 2005). El cultivo de tejidos de organismos vivos fuera del cuerpo es posible en un medio de cultivo apropiado, el cual debe contener una mezcla de nutrientes en forma líquida o sólida (Oyeleye *et al.*, 2016), tales como, azúcares, vitaminas, suero (que contiene factores de crecimiento y hormonas), aminoácidos esenciales, y por lo general, glutamina y cisteína (Passarge, 2009). Los diferentes tipos celulares que en la actualidad se pueden cultivar comprenden tejidos conectivos como fibroblastos, esqueléticos, cardíacos y músculo liso, tejidos epiteliales, células neuronales, células endocrinas, y muchos tipos diferentes de células tumorales (Merten, 2006).

PALABRAS CLAVE:

Cultivo celular, ensayos colorimétricos, citotoxicidad.

KEY WORDS:

Cell culture, colorimetric assays, cytotoxicity.

Una línea celular son células de origen animal o humano adaptadas a vivir en cultivo. Se pueden dividir en dos tipos: las células en monocapa y las células en suspensión, donde las primeras se adhieren a la placa o recipiente, creciendo y dividiéndose en una única capa celular. Y las segundas donde las células se multiplican en medio líquido sin adherirse a ninguna superficie del recipiente de cultivo (Acevedo *et al.*, 2013).

El cultivo celular es un sistema ampliamente utilizado en biotecnología, principalmente en la fabricación de vacunas, producción de proteínas recombinantes, producción de biofármacos (Tavira-Montalván *et al.*, 2009), selección y mejora de medicamentos, terapia génica, biología de células madre, y tecnología de fertilización in vitro (Oyeleye *et al.*, 2016).

En situaciones experimentales que implican tanto estudios in vitro como in vivo es un requisito importante la evaluación rápida y precisa del número de células viables y la proliferación celular (Acevedo *et al.*, 2013). El objetivo del presente trabajo fue exponer una revisión de las principales técnicas colorimétricas que permiten una sencilla detección y cuantificación de la citotoxicidad en cultivos celulares.spp.

CITOTOXICIDAD

La citotoxicidad es definida como la alteración de las funciones celulares básicas por una sustancia química que produce un daño que puede ser detectado. Generalmente, uno de los parámetros más usados para medir la salud de las células es la viabilidad celular o la proliferación celular (Acevedo *et al.*, 2013). En toxicología, el establecimiento de la relación dosis-respuesta es de gran importancia y define la relación entre la dosis y el porcentaje de individuos que presentan un efecto determinado en la población expuesta, al incrementarse la dosis se espera que aumente el número de individuos afectados. Existen diversos indicadores de toxicidad, siendo uno de los más usados la dosis letal 50 (DL50), este es un indicador estadístico de toxicidad aguda, el cual señala la cantidad del tóxico que causa la muerte del 50% de los animales intoxicados (Silbergeld, 1998). Análogamente, la forma más común de describir la citotoxicidad en el cultivo celular es la concentración letal 50 (CL50), es decir la concentración de un medicamento que mata a la mitad de las células analizadas en cultivo (Zhang *et al.*, 2007).

ENSAYOS COLORIMÉTRICOS IN VITRO PARA DETECTAR CITOTOXICIDAD

Se han desarrollado pruebas in vitro para predecir los efectos tóxicos de drogas y compuestos químicos utilizando como modelos líneas celulares. Los ensayos in vitro se han

desarrollado para evaluar el potencial citotóxico de una sustancia química, generalmente son fáciles de realizar, cuantificables y el análisis puede automatizarse (Silbergeld, 1998). La definición de citotoxicidad tiende a variar según el enfoque del estudio y si las células mueren o simplemente algo en su metabolismo se modifica (Freshney, 2005).

Existen varios ensayos colorimétricos in vitro para evaluar la viabilidad y proliferación celular y la citotoxicidad de compuestos ensayados, los cuales comprenden la medición de la actividad mitocondrial por medio del ensayo de bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolio (MTT) (Boncler *et al.*, 2014), de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-5-(3-carboximetoxifenil)-2-(4-sulfofenil)-2H-tetrazolio (MTS), de 2,3-bis-(2-metoxi-4-nitro-5-sulfofenil)-2H-tetrazolio-5-carboxanilido (XTT), 2-(4-yodofenil)-3-(4-nitrofenil)-5-(2,4-disulfofenil)-2H-tetrazolio (WST) (Riss *et al.*, 2013), el análisis de la lactato deshidrogenasa (LDH) y captación de rojo neutro (RN) para la evaluación de integridad de la membrana celular (Miret *et al.*, 2006; Gomez *et al.*, 2017), y la determinación del contenido de células como indicadores de apoptosis por el ensayo azul de tripano (ATCC, 2014). Una vez que se han recopilado datos mediante los diferentes ensayos, se puede evaluar la citotoxicidad de una sustancia química en términos de concentraciones letales (CL) (Freshney, 2005) o en el caso del ensayo de azul de tripano, por la cuantificación de células viables en términos de porcentaje (%) (Strober, 2001).

ENSAYO MTT

El monitoreo de alteraciones en la actividad mitocondrial se puede detectar con el uso de MTT (bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolio) (Boncler *et al.*, 2014) que es un colorante de tetrazolio de color amarillo que se reduce a color azul por la acción de la enzima mitocondrial succinato deshidrogenasa. Sólo las células con mitocondrias viables son capaces de reducir el MTT a formazán y esto constituye un indicador del grado de integridad de las mitocondrias, esto conlleva a obtener información para detectar la toxicidad del compuesto químico evaluado. El sustrato MTT se prepara en una solución fisiológicamente equilibrada, agregada a las células en cultivo, generalmente en una concentración final de 0,2 - 0,5 mg/mL. Los cristales de formazán se solubilizan agregando dimetilsulfóxido (DMSO). La cantidad de formazán, que es presumiblemente directamente proporcional al número de células viables, se mide registrando la densidad óptica (DO) a una absorbancia a 570 nm, usando un espectrofotómetro de lectura de placa (Riss *et al.*, 2016).

ENSAYOS MTS, XTT, Y WST

Estos ensayos incluyen otros reactivos de tetrazolio que se reducen por medio de las células viables para generar productos formazan, difieren del ensayo MTT en que generan un producto que es soluble en agua, esto elimina la necesidad de utilizar dimetilsulfóxido (DMSO) para solubilizar los cristales de formazán (Putnam *et al.*, 2002; Riss *et al.*, 2016). Estos reactivos se utilizan en combinación con reactivos aceptores de electrones intermedios, como metasulfato de fenazina que puede penetrar en células viables, se reducen en el citoplasma o en la superficie de la célula y salen de las células donde pueden convertir el tetrazolio en formazán soluble que puede ser cuantificado en un lector de placas, a una absorbancia de 490 nm (Riss *et al.*, 2016).

ENSAYO LDH

Es un ensayo colorimétrico basado en la detección de la actividad de la enzima lactato deshidrogenasa (LDH) que se libera del citosol de las células dañadas o lisadas. En consecuencia, la evaluación de la citotoxicidad se basa en la integridad de la membrana plasmática. También en este ensayo, está involucrada una reacción colorimétrica de una sal de tetrazolio, INT (2- [4-yodofenil] -3- [4-cloruro de nitrofenil] -5-feniltetrazolio). Junto a la oxidación de lactato a piruvato, INT se transforma en formazan, que puede ser detectado espectrofotométricamente (Bopp y Lettieri, 2008).

ENSAYO ROJO NEUTRO

El ensayo rojo neutro (RN) mide la viabilidad celular en términos de la capacidad de las células vivas para acumular el colorante en los lisosomas a través de difusión pasiva no iónica (Gomez *et al.*, 2017), por lo tanto, la cantidad de colorante retenido es proporcional al número de células viables. Asimismo, la adopción del RN puede ser modificado por alteraciones en la superficie celular o en las membranas lisosomales. Por lo que es posible distinguir entre células viables, dañadas o muertas de acuerdo con su especificidad y capacidad lisosomal para tomar el colorante (Repetto *et al.*, 2008). En la medida que la célula pierde viabilidad por la acción del compuesto que se evalúa se libera al medio el colorante que es cuantificado por espectrofotometría, el procedimiento por lo general se realiza utilizando un espectrofotómetro en lecturas de absorbancia a 540 nm (Giron *et al.*, 2005).

ENSAYO AZUL DE KENACID

Se basa en la determinación de la proteína celular total midiendo la absorción del colorante azul de kenacid. La cantidad de colorante incorporado por las células en el cultivo determina el grado de citotoxicidad causada por el agente de prueba (Putnam *et al.*, 2002). Generalmente se exponen las células al compuesto que se evalúa durante un tiempo de 24 a 72 horas y enseguida se retira el producto y se exponen las células al colorante, el cual se enlaza a las proteínas celulares. El nivel de toxicidad celular, se determina midiendo a una absorbancia de 577 nm, la cantidad del colorante azul de kenacid retenido por las células y se cuantifica el porcentaje de inhibición del crecimiento celular (Clothier, 1995).

AZUL DE TRIPANO

Otra prueba es el recuento de células vivas de acuerdo a la integridad de sus membranas celulares por la exclusión del colorante azul de tripano. Este método se basa en que las células vivas no captan el azul de tripano mientras que las células muertas si lo hacen (ATCC, 2014). Para la evaluación de la proliferación celular se mezclan volúmenes iguales de una suspensión celular y de la solución de azul de tripano (0.4%), se coloca la mezcla en un hemocitómetro y se observa al microscopio. La proliferación celular se mide en términos de porcentaje de células viables con la siguiente fórmula: Porcentaje de células viables (%) = número total de células viables por ml de alícuota/ número total de células por ml de alícuota (Strober, 2001).

CONSIDERACIONES FINALES

Los ensayos colorimétricos in vitro para determinar toxicidad celular son utilizados para predecir la toxicidad de productos químicos. Son técnicas de gran importancia ya que nos proporcionan diferente información de manera clara, precisa, cuantitativa y rápida, acerca del estado de las células que fueron expuestas a un estímulo. Estos ensayos pueden dar resultados diferentes dependiendo del agente de prueba utilizado y el ensayo de citotoxicidad empleado, por lo que es recomendable utilizar más de un ensayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, F. J. J., J. S. A. Chimal, H. M. Rivera, V. L. P. López, N. Y. N. Quintana, D. Y. C. Magaña, J. S. O. Tapia. 2013. Modelos in vitro para la evaluación y caracterización de péptidos bioactivos. En: Bioactividad de péptidos derivados de proteínas alimentarias (Eds. Segura-Campos, M., G. L. Chel, A. D. Betancourt). Omnia Science. México, pp. 29-83.
- ATCC (American Type Culture Collection). 2014. ATCC Animal Culture Guide. Assay. https://www.atcc.org/~media/PDFs/Culture%20Guides/AnimCellCulture_Guide.ashx, Consulta: 17 de Abril de 2018.
- Boncler, M., M. Różalski, U. Krajewska, A. Podśędek C. Watala. 2014. Comparison of Presto Blue and MTT assays of cellular viability in the assessment of anti-proliferative effects of plant extracts on human endothelial cells. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods* 69: 9–16.
- Bopp, S. K., T. Lettieri. 2008. Comparison of four different colorimetric and fluorometric cytotoxicity assays in a zebrafish liver cell line. *BMC Pharmacology* 8: 1-11.
- Clothier, R. H. 1995. The FRAME cytotoxicity test. *Methods in Molecular Biology* 43: 109-118.
- Freshney, R. I. 2005. Culture of animal cells: a manual of basic techniques. Wiley, United States of America.
- Giron, M. E., I. Aguilar, L. Romero, E. E. Sanchez, J. C. Perez, A. Rodriguez. 2005. A low-cost method to test cytotoxic effects of *Crotalus vegrandis* (Serpentes: Viperidae) venom on kidney cell cultures. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 47: 147-152.
- Gomez Perez, M., L. Fourcade, M. A. Mateescu, J. Paquin. 2017. Neutral Red versus MTT assay of cell viability in the presence of copper compounds. *Analytical Biochemistry* 535: 43-46.
- Merten, O. W. 2006. Introduction to animal cell culture technology-past, present and future. *Cytotechnology* 50:1-7.
- Miret, S., E. M. De Groene, W. Klaffke. 2006. Comparison of in vitro assays of cellular toxicity in the human hepatic cell line HepG2. *Journal of Biomolecular Screening* 11: 84–193.
- Oyeleye, O. O., S. T. Ogundeji, S. I. Ola, O. G. Omitogun. 2016. Basics of animal cell culture: Foundation for modern science. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews* 11: 6-16.
- Passarge, E. 2009. Genética texto y atlas. Médica Panamericana, Madrid, España.
- Putnam, K. P., D.W. Bombick, D.J. Doolittle. 2002. Evaluation of eight in vitro assays for assessing the cytotoxicity of cigarette smoke condensate. *Toxicology in Vitro* 16: 599-607.
- Repetto, G., A. Del Peso, J. L. Zurita. 2008. Neutral red uptake assay for the estimation of cell viability/cytotoxicity. *Nature Protocols* 3: 1125.
- Riss, T. L., R. A. Moravec, A. L. Niles, S. Duellman, H. A. Benink, J. Worzella, L. Minor. 2016. Cell Viability Assays. En: *Assay Guidance Manual* (Eds. Sittampalam G. S., N. P. Coussens, Brimacombe K., et al.). Eli Lilly & Company and the National Center for Advancing Translational Sciences Bethesda, pp. 357-388.
- Silbergeld, E. 1998. Toxicología. En: *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo*. Madrid, España, pp. 33.2-33.73.
- Strober, W. 2001. Trypan blue exclusion test of cell viability. *Current Protocols in Immunology* 21: A.3B.1-A.3B.2
- Tavira-Montalván, C.A., A. Ortega-García, I. Dávila-González, S. Estrada-Mondaca, A. Meneses-Acosta. 2009. Alcances y perspectivas del cultivo de células animales en la biotecnología farmacéutica. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 40:35-46.
- Zhang, M., D. Aguilera, C. Das, H. Vasquez, P. Zage, V. Gapal Krishnan, J. Wolff. 2007. Measuring Cytotoxicity: A New Perspective on LC50. *Anticancer Research* 27: 35-38.

GREMIOS ALIMENTARIOS DE LEPIDOPTERA (NYMPHALIDAE Y PIERIDAE) EN EL SUR DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO

David Ramírez Noya

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional

Sigma 119, Fraccionamiento 20 de noviembre II, Durango, Durango, México, 34220

davidrnoya@yahoo.com.mx

RESUMEN

Por medio de registros fotográficos y avistamiento, se integró un listado de 16 especies de lepidópteros de diferentes comunidades vegetales del sur del estado de Durango, México y de 61 especies vegetales, como fuentes alimenticias para el estado adulto, y se constituyeron los gremios alimentarios a los que pertenecen dichas especies de insectos. Las comunidades analizadas se localizan en los municipios de Nombre de Dios, Poanas, Súchil, y Vicente Guerrero, las cuales se encuentran entre 1800 y 2150 msnm.

ABSTRACT

Through photographic and visual records, a list of 16 species of Lepidoptera from different plant communities of southern Durango, Mexico and 61 species of plants as food sources corresponding to the adult stage was elaborated; the feeding guilds to which the species of insects belong were also integrated. The analyzed plant communities were Nombre de Dios, Poanas, Suchil, and Vicente Guerrero, which are located between 1800 and 2150 meters above sea level.

PALABRAS CLAVE:

Mariposas, nectarívora, fanerógamas.

KEY WORDS:

Butterfly, nectarivores, phanerogamic plants.

INTRODUCCIÓN

De todos los insectos del planeta probablemente los más populares por su belleza sean las mariposas. En México existe una alta diversidad de ellas, y su biología, comportamiento y hábitats han sido tradicionalmente objeto de estudio de los entomólogos (Romeu, 2000).

El orden Lepidoptera contiene las mariposas y polillas y representa entre el 10 y 11% de todas las especies de insectos descritas. Éste grupo de insectos se distingue porque son bastante grandes (aunque también hay muchos miles de especies de tamaño diminuto), generalmente no son fuertes voladoras, vuelan con eficacia sólo en intervalos cortos. Sus etapas larvarias (orugas) son herbívoras, se alimentan de hojas de las plantas o de vez en cuando, de material leñoso o flores. Sin embargo, como adultos tienen formas particulares de allegarse su nutrición, todos son consumidores de fluidos, utilizando una probóscide larga, enrollada y elástica. Se alimentan principalmente de néctar lo que les da importancia ecológica como polinizadores (Willmer, 2011).

Respecto al tipo de nutrición, en zoología se han agrupado los organismos por el tipo de alimentación que presentan las diferentes poblaciones. En conjunto se les clasifican en gremios alimentarios. Un gremio alimentario es un grupo de especies que explotan la misma clase de recursos ambientales de una manera similar y que a su vez constituye una agrupación funcional de las poblaciones según sus necesidades y la forma de satisfacerlas (Root, 1967; Hernández, 2009).

Entre los primeros trabajos relacionados con comunidades de Lepidóptera en el estado de Durango se encuentran los llevados a cabo en el año 1881 por el Naturalista Alphonse Forrer (Godman y Salvin, 1879-1915), quien presentó un listado de Lepidoptera, de casi 200 especies, producto del muestreo en diferentes regiones del estado de Durango. Además, en este mismo trabajo se incluyeron las 144 especies de lepidopteros recolectadas por Becker, en el siglo XIX en las proximidades de la ciudad de Durango. Ambos, Forrer y Becker, permitieron encontrar y registrar nuevas especies para la ciencia.

Posteriormente, Díaz-Batres (1991) realizó un estudio ecológico de los Lepidopteros (Hesperioidea) en la Michilia, Durango, en el cual informa sobre 23 especies presentes en diferentes comunidades vegetales.

Entre los reportes sobre gremios alimentarios de Lepidoptera en México se pueden mencionar los siguientes: el de Luis y Llorente (1990), quienes informaron sobre Papilionoidea de Magdalena Contreras, del Valle de México. El de Vargas *et al.* (1992), quienes reportaron observaciones lepidópteros de la sierra de Atoyac en el estado de Guerrero. El de Vargas *et al.* (1999), quienes exploraron la distribución de Papilionoidea de la sierra de Manantlán en los estados de Colima y Jalisco. El de Hernández-Mejía *et al.* (2008), quienes rastrearon lepidópteros de Malinalco, Estado de México. El de Hernández (2009), quien reportó gremios alimentarios de mariposas diurnas del sur del estado de México; y el de Martínez-Noble *et al.* (2015), quienes investigaron las mariposas de la selva mediana subcaducifolia de Tzacab, Yucatán.

Sin embargo, para el norte del país no existen aún reportes relacionados con gremios alimenticios en las comunidades de Lepidoptera. Por lo cual se integró el presente trabajo.

METODOLOGÍA

La región geográfica del presente estudio fue El Valle de Poanas, el cual se ubica al sur de la ciudad capital del estado de Durango y se encuentra limitada al sureste por la Sierra de Sombrerete y una fracción de la Sierra de Órganos, al este y noreste por la Sierra Santa Lucía y la Sierra de Narcizo Mendoza, hacia el norte por la Sierra de Cieneguillas, al noroeste por los lomeríos cercanos a la cabecera municipal de Nombre de Dios, al este por la Sierra de La Parrilla, y al suroeste por el cerro del Rincón de las Mulas y los lomeríos cercanos al Cerro El Sabino de la Michilia (Wikipedia, 2010).

Para los propósitos del presente trabajo se consideró la clasificación de Luis y Llorente (1990) y Vargas *et al.* (1992), quienes agrupan a los lepidópteros, por el tipo de

alimentación, en tres gremios alimenticios, que son los que obtienen su fuente de alimentación de las flores (nectarívoras); aquellos que sus nutrientes están en arena húmeda y charcos (hidrófilas), y los que se alimentan de frutos en descomposición (fermentados) y/o excretas de algunas aves y mamíferos (acimófagos). Existen especies que pueden enmarcarse dentro de más de una categoría o grupo.

En cuanto a observación de las especies de mariposas y las fuentes alimenticias utilizadas por éstas, se recorrieron indistintamente áreas agrícolas de temporal o de riego, pastizal y matorral xerófilo (de *Prosopis laevigata*, *Acacia schaffneri*, y *Opuntia* spp.). Se efectuó el registro fotográfico con cámara réflex (SLR), cámara digital, o bien solo se registró el avistamiento en el cuaderno de campo.

En relación a los insectos, se tomó como base trabajar con seis especies miembros de las familias Nymphalidae y 10 especies de Pieridae. Las determinaciones específicas de los especímenes se realizaron por comparación con las muestras existentes en la colección entomológica del CIIDIR-IPN Unidad Durango.

En la determinación de especies botánicas se aplicó la técnica descrita por Germán, (1986).

RESULTADOS

Las especies pertenecientes al gremio de las nectarívoras se enlistan en las Tablas 1 y 2. En ellas se incluyen los nombres científicos de las plantas que son sus correspondientes fuentes de alimento.

Las mariposas que pertenecen al gremio de las hidrófilas y acimófagas se enlistan en las Tablas 3 y 4. Se encontraron 61 especies de fanerógamas que se reconocieron como fuentes de néctar a insectos del Orden Lepidoptera, de las cuales 32 pertenecen a la familia Asteraceae.

DISCUSIÓN

Trabajos similares al presente, en los que se reporten las especies vegetales que son fuente de néctar para lepidópteros, son muy escasos en México. Generalmente solo mencionan el género o nada más la familia, o bien solo se hace mención a si se trata de gramíneas o dicotiledóneas, inclusive limitándose a mencionar que visitan las inflorescencias de las plantas, en las que se han observado que los lepidópteros están haciendo uso del recurso (Hernández, 2009; Martínez-Noble *et al.*, 2015; San Miguel, 2015; Vargas *et al.*, 1999).

Aun cuando en el presente estudio no se aplicó ningún método cuantitativo, se pudo observar que la mayor proporción de los lepidópteros enlistados utilizan como fuente principal de alimento los productos directos de las

plantas, básicamente el néctar, tal como lo señalan Hernández-Mejía *et al.* (2008), Hernández (2009); Martínez-Noble *et al.* (2015), Murphy *et al.* (1983); Luis y Llorente (1990), y Vargas *et al.* (1999). Además, las especies de la familia Pieridae (Lepidoptera), con menor número de especies muestreadas, manifestaron un uso más eficiente de los recursos vegetales, al registrar el aprovechamiento del 72.1% del recurso, comparado con el 55.7% de especies de plantas utilizadas por los miembros de la familia Nymphallidae.

La mayor fuente de alimento para este grupo de insectos fueron especies de Asteráceas, las cuales constituyen los principales elementos de la flora de la región.

CONCLUSIONES

En la región donde se realizó el presente trabajo, como en toda la República Mexicana, la familia Compositae o Asteraceae es una de las más diversas y ampliamente distribuidas. Así, en el presente estudio se observó que los lepidópteros hacen uso proporcionalmente mayor de los miembros de ésta familia de fanerógamas, como fuente de alimento, en comparación con las especies de las otras familias de angiospermas de la región. El mayor aprovechamiento de los recursos florales de la región estudiada, manifestado por algunas de las especies de la familia Pieridae, se debe en parte a que se observa a éstas regionalmente, con una mayor dispersión de sus individuos, incluso en las áreas urbanas, a diferencia de los componentes de la familia Nymphallidae aquí enlistados, los cuales se encuentran principalmente en comunidades vegetales naturales.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio representa en parte, los resultados de los proyectos de investigación claves DEPI-980005, DEPI-990387, SIP-20090070, SIP-20140764, SIP-20151194, y SIP-20160729, financiados por el Instituto Politécnico Nacional. Así también se reconoce la valiosa colaboración, en la mayor parte del trabajo de campo, a los señores Ignacio Montelongo Pérez y María de Lourdes Juárez Argumedo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Díaz-Batres, M. E. 1991. Estudio ecológico de los Lepidoptera; Hesperoidea de la Reserva de la Biosfera de "La Michilia" Durango, México. *Folia Entomológica Mexicana* 81:325-333.

Germán, M. T. 1986. Estructura y organización del Herbario. En: Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Compiladores: Lot, A., F. Chiang. Instituto de Biología de la UNAM-Consejo Nacional de la Flora de México A.C. pp. 11-31.

Godman, F., O. Salvin. 1879-1915. *Biologia Centrali-Americana*. Insecta. Lepidoptera-Rhopalocera, Vols 1-3; Insecta Lepidoptera Heterocera, Vols. 1-4. Bernard Quaritch, Dulau, London. Revisada en: <http://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/730#/summary>. Entre el 6 de febrero al 17 de Abril del 2017.

Hernández-Mejía, C., J. Llorente-Bousquets, I. Vargas-Fernández, A. Luis-Martínez. 2008. Las mariposas (Hesperoidea y Papilionoidea) de Malinalco, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 117-130.

Hernández, M. B. C. 2009. Riqueza, distribución y gremios alimentarios de mariposas diurnas de la familia Hesperidae (Lepidoptera: Hesperoidea), en el sur del estado de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Luis, A. M., J. Llorente. 1990. Mariposas en el Valle de México: introducción e historia I. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Cañada de los Dínamos, Magdalena Contreras D.F. México. *Folia Entomológica Mexicana* 78: 95-198.

Martínez-Noble, J. I., V. Meléndez-Ramírez, H. Delfín-González, C. Pozo. 2015. Mariposas de la selva mediana subcaducifolia de Tzacab, con nuevos registros para Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 348-357.

Murphy, D., A. E. Launer, P. R. Ehrlich. 1983. The role of adult feeding in egg production and population dynamics of the Checkerspot butterfly, *Euphydryas editha*. *Oecologia* (Berlin) 56:257-263.

SanMiguel, R. M. 2015. Diversidad alfa y beta de la familia Pieridae (Papilionoidea; Lepidoptera) en el estado de Michoacán, México. Tesis. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Romeu, E. 2000. Mariposas mexicanas: los insectos más hermosos. *CONABIO* 28: 7-10.

Root, R. B. 1967. The niche exploitation pattern of the Blue-gray Gnatcatcher. *Ecological Monographs* 37: 317-350.

Vargas, I., J. Llorente, A. Luis-Martínez. 1992. Listado lepidopterofaunístico de la sierra de Atoyac de Álvarez en el estado de Guerrero: notas acerca de su distribución local y estacional (Rhopalocera: Papilionoidea). Folia Entomológica Mexicana 86: 41–178.

W i k i p e d i a .

2 0 1 0

https://es.wikipedia.org/wiki/Valle_de_Poanas_Abril_25_de_2017.

Willmer, P. 2011. Pollination and floral ecology. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

Tabla 1. Fuentes de néctar para Nymphalidae

| Especie de planta | Especies de Nymphalidae | | | | | | |
|--|-------------------------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <i>Ageratina brevipes</i> (DC.) R.M. King & H. Rob. | + | | + | + | | | |
| <i>Argemone ochrolenia</i> Sweet | + | | | | | | |
| <i>Asclepias linaria</i> Cav. | | + | | | | | |
| <i>Asclepias</i> sp. | | | | + | | | |
| <i>Aster tanacetifolius</i> Kunth | | + | | | | | |
| <i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. | | | | | | | + |
| <i>Bidens odorata</i> Cav. | | | | | + | + | |
| <i>Bouvardia tenuiflora</i> Schldt. | + | | + | | | | |
| <i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlecht. | | | | | | | |
| <i>Calyptocarpus vialis</i> Less. | | | | + | | | |
| <i>Chaetopappa bellioides</i> (A. Gray) Shinnars | | | | + | | | |
| <i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. | + | | + | | + | | |
| <i>Dahlia coccinea</i> Cav. | | | | | + | | |
| <i>Dyschoriste schiedeana</i> (Nees) Kuntze | | | | + | | | |
| <i>Dyssodia pinnata</i> (Cav.) B.L. Rob. | | | | + | | | |
| <i>Eruca sativa</i> Lam. | + | | | | | | |
| <i>Gymnosperma glutinosa</i> Less. | + | | | | | | |
| <i>Heliopsis annua</i> Hemsl. | | | + | | | | |
| <i>Lantana camara</i> L. | | | + | | | | |
| <i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br. | | | + | | | | |
| <i>Loeselia scariosa</i> (M. Martens & Galeotti) Walp. | | | | + | | | |
| <i>Mirabilis jalapa</i> L. | | | | + | | | |
| <i>Pinaropappus roseus</i> (Less.) Less. | + | | | | | | |
| <i>Portulaca oleracea</i> L. | + | | | | | | |
| <i>Salvia reflexa</i> Hornem. | | | + | | | + | |
| <i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav.) Pers. | + | | + | | | | |
| <i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G. Don | | | + | | | | |
| <i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg. | | | | + | | | |
| <i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass. | + | | + | + | + | | |
| <i>Tridax balbisoides</i> (Kunth) A. Gray | + | | | + | | | |
| <i>Trixis angustifolia</i> DC. | | | + | | | | |
| <i>Verbena carolina</i> L. | | | + | + | + | + | |
| <i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng. | | | | + | | | |
| <i>Zinnia angustifolia</i> var. <i>angustifolia</i> | | | | + | | | |
| <i>Zinnia peruviana</i> (L.) L. | + | | + | + | + | | |

Tabla 2. Fuentes de néctar para Pieridae.

| Especie de planta | Especies de Pieridae | | | | |
|---|----------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>Adenophyllum cancellatum</i> (Cass.) Villarreal | | | | | + |
| <i>Asclepias linaria</i> Cav. | | | + | | + |
| <i>Aster tanacetifolius</i> Kunth | + | | | + | |
| <i>Bacopa procumbens</i> (Mill.) Greenm. | | + | | | |
| <i>Bidens odorata</i> Cav. | | + | + | + | + |
| <i>Brassica rapa</i> L. | | | + | + | |
| <i>Dyssodia pentachaeta</i> var <i>hartwegii</i> | | + | | | |
| <i>Dyssodia pinnata</i> (Cav.) B.L. Rob. | | + | | | |
| <i>Erigeron delphinifolius</i> Willd. | | + | | | |
| <i>Eruca sativa</i> Lam. | | | + | | + |
| <i>Grindelia oxylepis</i> Greene | + | | | | |
| <i>Helianthus lacinatus</i> (L.) E.H.L. Krause | + | | | | + |
| <i>Heliopsis annua</i> Hemsl. | | + | | | + |
| <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth | | | | | + |
| <i>Lobelia fenestralis</i> Cav. | | | | | + |
| <i>Loeselia scariosa</i> (Martens & Galeotti) Walp. | | + | | | |
| <i>Malva parviflora</i> L. | | + | | | |
| <i>Mirabilis jalapa</i> L. | | | + | | + |
| <i>Oxalis corniculata</i> L. | | + | | | |
| <i>Phaseolus</i> spp | | + | | | |
| <i>Phyla nodiflora</i> (L.) Greene | | + | + | + | |
| <i>Pinaropappus roseus</i> (Less.) Less. | | + | | | |
| <i>Psilactis asteroides</i> A. Gray | + | | | | |
| <i>Pyrrhopappus pauciflorus</i> (D. Don) DC. | | | + | + | |
| <i>Ranunculus petiolaris</i> H. B. ex DC. | | | | | + |
| <i>Reseda luteola</i> L. | | | | + | |
| <i>Sanvitalia procumbens</i> Lam | | + | | + | + |
| <i>Sida procumbens</i> Sw | | + | | | + |
| <i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav.) Pers. | | | | + | |
| <i>Solanum cornutum</i> Lam. | | + | | | |
| <i>Solidago velutina</i> DC. | | | | + | |
| <i>Sonchus oleraceus</i> L. | | + | | | |
| <i>Tagetes lunulata</i> Ortega | + | + | | | |
| <i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg. | + | | + | + | |
| <i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth | | | | + | |
| <i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass. | + | | | | + |
| <i>Tridax balbisioides</i> (Kunth) A. Gray | | | | | + |
| <i>Trixis angustifolia</i> DC. | | | | | + |
| <i>Verbena carolina</i> L. | + | + | | | + |
| <i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth. | | | + | | |
| <i>Zinnia angustifolia</i> var. <i>angustifolia</i> | | + | | | |
| <i>Zinnia peruviana</i> (L.) L. | + | | | | |

Los números corresponden a especies de Pieridae: 1= *Colias eurytheme* Boisduval, 1852, 2 = *Nathalis iole* Boisduval 1836, 3 = *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758), 4 = *Pontia protodice* (Boisduval & Leconte, [1830]), 5 = *Zerene cesonia*, Stoll 1790.

Tabla 3. Lepidópteros (Nymphalidae) y fuentes de alimento aprovechadas.

| Especie de lepidóptero | Minerales | Materia fecal | Carroña |
|--|-----------|---------------|---------|
| <i>Agraulis vanillae</i> (Linnaeus, 1758) | sí | sí | |
| <i>Chlosyne lacinia</i> (Geyer, 1837) | | | |
| <i>Dione moneta</i> Hübner, (1825) | sí | | |
| <i>Euptoieta hegesia</i> (Cramer, 1779) | | | sí |
| <i>Helioconius charitonia</i> (Linnaeus, 1767) | sí | | |
| <i>Leptotes cassius</i> (Cramer, 1775) | | | |
| <i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758) | | | |

Tabla 4. Relación de lepidópteros (Pieridae) encontrados solo en fuentes minerales.

| |
|---|
| <i>Colias eurytheme</i> Boisduval, 1852 |
| <i>Zerene cesonia</i> , Stoll 1790 |
| <i>Nathalis iole</i> Boisduval 1836 |
| <i>Pontia protodice</i> (Boisduval & Leconte, [1830]) |
| <i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758) |

RELACIONES GENÉTICAS EN COLECTAS DE CAMOTE DE CERRO (*Dioscorea* spp.) BASADAS EN CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y MOLECULARES

Ana Paulina Velasco-Ramírez, Fernando Santacruz-Ruvalcaba, José de Jesús Sánchez-González, Martha Isabel Torres-Morán*

Instituto de Manejo y Aprovechamiento de los Recursos Fitogenéticos. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100 Nextipac, Zapopan, Jalisco. 45110. México.

*Correo electrónico: isabel.torres@academicos.udg.mx

RESUMEN

En México, el camote de cerro (*Dioscorea* spp.) es un recurso fitogenético con potencial industrializable que se comercializa de manera tradicional para su consumo local en las zonas en las que se encuentra en forma silvestre. En el estado de Jalisco es recolectado de manera indiscriminada y se encuentra cada vez con menos frecuencia, lo que ha puesto en peligro a sus poblaciones naturales. En el presente estudio se determinaron, a partir de caracteres morfológicos y moleculares, las relaciones y estructura genética de once colectas del estado de Jalisco. Los resultados indicaron que la estructura genética se basa en cuatro grupos principales que se confirmaron tanto a partir de los coeficientes de similitud entre los cien individuos analizados, como a partir de los análisis de características morfológicas. Los individuos colectados pertenecieron a *Dioscorea remotiflora* y *D. sparciflora*. La combinación de características morfológicas y moleculares utilizadas permitió diferenciar las poblaciones a nivel de genotipo, asociando las plantas individuales a su origen geográfico.

ABSTRACT

In Mexico, sweet potato (*Dioscorea* spp.) is a plant genetic resource with industrial potential that is commercialized in a traditional way for its local consumption in the areas where it naturally occurs. In the state of Jalisco, it is collected indiscriminately and is found less and less frequently, this has endangered its natural populations. In the present study, the genetic relationships and genetic structure, based on morphological and molecular data were determined for eleven accessions from the state of Jalisco. The results indicated that the genetic structure is based on four main groups that were confirmed by both the coefficients of similarity between the one hundred analyzed individuals and by the analysis of morphological characteristics. The collected individuals belonged to *Dioscorea remotiflora* and *D. sparciflora*. The combination of morphological and molecular characteristics analyzed allowed to differentiate the populations at a genotype level, associating individuals to their geographical origin.

INTRODUCCIÓN

La actividad tradicional de recolección, distribución, y consumo de especies y variedades locales en México, ha permitido el uso y aprovechamiento de recursos con alto potencial nutraceutico, medicinal, y alimenticio que ahora son reconocidos como recursos fitogenéticos (FAO, 2010). Éstos son principalmente especies silvestres como es el caso del camote de cerro (*Dioscorea* spp.). Este género tiene en México 74 especies Téllez (2009), muchas se recolectan de manera indiscriminada, lo que ha puesto en peligro a sus poblaciones naturales en las zonas de origen (Mostul y Cházaro, 1996).

PALABRAS CLAVE:

Nombre, caracterización genética, recursos fitogenéticos.

KEYWORDS:

Yam, genetic characterization, plant genetic resources.

Se trata de un género que tiene representación también en Asia y África y es muy utilizado ya que produce tubérculos con alto contenido de proteínas, carbohidratos, y diosgenina que es un compuesto apreciado por ser precursor de hormonas esteroideas (Contreras-Pacheco *et al.*, 2013; Shujun *et al.*, 2006). En Jalisco, se encuentra distribuido en diferentes localidades, donde es colectado y cocido para su venta como producto de consumo inmediato en los meses de septiembre y octubre (Mostul y Cházaro, 1996; Bernabé-Antonio *et al.*, 2012). En México, a pesar de que se han hecho esfuerzos por activar programas para la conservación y domesticación del camote de cerro, no se tiene información reportada sobre las características genéticas de poblaciones silvestres y de colectas del estado de Jalisco (Contreras-Pacheco *et al.*, 2013). En el presente estudio se determinó la variabilidad genética de 11 colectas silvestres de camote de cerro del estado de Jalisco, utilizando marcadores morfológicos, basados en descriptores del IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos), y moleculares ISTR (Inverse Sequence-Tagged Repeats). Tanto los marcadores morfológicos como los moleculares se han utilizado en muchos estudios de variabilidad genética y diversidad. Los ISTR detectan un alto nivel de polimorfismo, generado por la actividad de retrotransposones (Aga y Bryngelsson, 2006; Zou *et al.*, 2009; Jing *et al.*, 2010), que permite discriminar entre individuos de una población. La información de genética de poblaciones puede ser utilizada en la implementación de programas de colecta y conservación de poblaciones silvestres, así como de mejoramiento genético y domesticación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y caracterización morfológica

Se realizaron colectas de tubérculos en 11 localidades del estado de Jalisco. Los tubérculos se almacenaron en lugar fresco y seco hasta que generaron yemas vegetativas. Posteriormente fueron plantados en vivero con malla sombra al 50%, usando un sustrato compuesto de 30% de jal (piedra volcánica utilizada para dar porosidad) y 70% de tierra de hoja; a esta mezcla de agregaron 2 kg de vermicomposta). Los contenedores usados fueron cajas de plástico de 60 x 40 x 27 cm con un contenido aproximado de sustrato de 60 cm³. El experimento se realizó en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara (20°45'N, 103°31'O, altitud 1650 m). Se realizaron riegos auxiliares antes de la temporada de lluvias, así como una fertilización con fertilizante ultrasoluble (20-10-20) a dosis de 5 g/L cada 15 días. Los individuos y las localidades de colecta se detallan en la Tabla 1. Cuando las plantas estuvieron en floración, se

identificaron taxonómicamente en el Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG). Para la caracterización morfológica se midieron 32 características (Tabla 2) basadas en la guía de descriptores para *Dioscorea* spp. del IPGRI/ITTA (1997).

Caracterización molecular

El DNA se aisló a partir de hojas frescas y jóvenes usando el método reportado por Keb-Llanes *et al.* (2002). La concentración y calidad del DNA obtenido fue determinada por espectrofotometría y electroforesis según métodos estándar (Sambrook y Russell, 2001).

Se realizó la amplificación por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) en DNA genómico con el tres combinaciones de iniciadores ISTR (Rhode, 1996) (F10[5'-T A G C A A G C A T C T C G G A G - 3'] / R 1 [5' - A T C A G G A A G G T C T G T A A A G C - 3'] ; F 3 1 [5' - G T C G A C A T G C C A T C T T T C - 3'] / R 3 1 [5' - A T T C C C A T C T G C A C C A A T - 3'] y F 9 1 [5' - A T A T G C A C T T A A G C A A G C C A - 3'] / R 1 [5' - A T C A G G A A G G T C T G T A A A G C - 3']). Las reacciones se llevaron a cabo en un volumen final de 20 µL con la siguiente composición: PCR buffer 1X, 3 mM de MgCl₂, 0.25 mM de dNTPs, 0.025 U Taq pol. Los productos de amplificación fueron separados en electroforesis vertical en geles de poliacrilamida desnaturalizante al 6% y para su observación fueron teñidos con la tinción con sales de plata reportada por Sanguinetti (1994).

Análisis de componentes principales y de agrupamiento

Se realizó un análisis de componentes principales (CP) basado en la matriz de correlación de las características morfológicas. Posteriormente se calcularon las distancias euclidianas para producir un dendrograma con el método de agrupamiento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Se utilizó el software NTSYS® ver 2.21 (Rohlf, 2000).

A partir de los patrones de amplificación con ISTR, se generó una matriz binaria de presencia/ausencia con los resultados de las tres combinaciones de iniciadores. Con esa información se estimaron los siguientes parámetros de eficiencia del marcador molecular de acuerdo a Roldán-Ruiz *et al.* (2000): contenido de información polimórfica PIC = 2fi (1-fi) donde fi es la frecuencia del alelo amplificado y 1-fi es la frecuencia de los alelos nulos. Heterocigosidad por locus, de acuerdo con la fórmula: He = 1-p₂-q₂, donde p₂ = fi. La heterocigosidad promedio (Hav) por iniciador se calculó a partir de: Σ (He / L), donde L = el número total de bandas detectadas. La relación múltiple (MR) se calculó como L/T, donde T es el número de combinaciones de iniciadores.

El índice de marcador (MI) se obtuvo multiplicando Hav por la relación múltiple: $MI = Hav \times MR$. Posteriormente se determinó el coeficiente de similitud de Jaccard y se realizó un análisis de agrupamiento por UPGMA, los resultados se presentan en un dendrograma.

Estructura genética

Se estimó la estructura genética de las colectas utilizando el software STRUCTURE (v. 2) (Pritchard et al., 2000). Se utilizó el modelo admixture, considerando 5000 repeticiones X 5000 iteraciones y simulaciones desde $K = 2$ hasta $K = 12$, donde K fue el número de grupos simulados. En una primera aproximación se tomó el valor probabilístico menor de $\ln P(K)$ para determinar la simulación más adecuada propuesta por el software y para estimar el valor más probable de K ; se realizó una prueba de Evanno en línea, utilizando el sitio web de Structure Harvester (<https://github.com/dentearl/structureHarvester/>), según Earl y vonHoldt (2012). Para determinar la diferenciación genética en término de frecuencias alélicas entre grupos, se estimó el coeficiente de diferenciación (F_{st}). La correlación entre las dos matrices (datos morfológicos y moleculares) se evaluó con una prueba de Mantel, utilizando la herramienta MXCOMP de NTSYS®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación taxonómica

De acuerdo a la identificación taxonómica, 95 individuos colectados pertenecieron a *Dioscorea sparsiflora* Helms y cinco a *Dioscorea remotiflora* Kunth. Estas dos especies fueron previamente reportadas para la zona de estudio (García-Ruiz et al., 2008; Velasco-Ramírez et al. (2014). Los cinco individuos de *D. Remotiflora*, fueron colectados en la localidad 1 (Acatic).

Caracterización morfológica

Los dos primeros componentes (CP1 y CP2) explicaron el 89.39% de la variabilidad observada entre los individuos (Tabla 3). El componente CP1 estuvo asociado ($r > 0.5$) principalmente a las características de las hojas y del fruto e incluyó las primeras 22 características que explicaron el 60.62% de la variación. El CP2 estuvo asociado a las variables pilosidad en el haz de la hoja, pilosidad en el envés de la hoja, color de la flor, forma del fruto, pilosidad del fruto y número de inflorescencias por planta.

En la Figura 1 se muestra la clara separación de los individuos provenientes de Autlán (Au), lo cual indica un fenotipo diferente.

Otro grupo que se separa por sus particulares caracteres morfológicos, principalmente el color de las flores y forma

del fruto, es el formado por los individuos provenientes de San Martín Hidalgo (SH). Entre las colectas restantes no se encontraron diferencias morfológicas significativas. Esta misma discriminación se hizo evidente en el dendrograma resultante de un análisis de agrupamiento comparando las mismas características morfológicas (Figura 2), en el que además se puede apreciar la asociación de los materiales a cuatro grupos principales, el grupo III incluyendo a la mayoría de los individuos Au y SH.

Caracterización molecular

Los marcadores ISTR generaron 79 loci, de los cuales 64 fueron polimórficos, lo que representa un valor de polimorfismo de 81%. Los indicadores de eficiencia para estos marcadores se presentan en la Tabla 4, los cuales en conjunto indican un nivel adecuado de eficiencia en la detección de diferencias genéticas, de acuerdo a lo reportado previamente por Velasco-Ramírez et al. (2014) quienes reportan un porcentaje de polimorfismo de 85.86% en un total de 92 loci. Wu et al. (2014), en un trabajo en el que se estudiaron cinco especies de *Dioscorea* encontraron un índice de eficiencia de 8.56 y 11.8 con marcadores ISSR (inter-simple sequence repeats), esos valores fueron similares a lo encontrado en el presente estudio.

El agrupamiento obtenido usando los datos moleculares (Figura 3) mostró que los individuos se agruparon de acuerdo a la localidad de procedencia. Sin embargo, dentro de los grupos hubo asociaciones que probablemente correspondieron a genotipo similar (SH asociado con Au en el grupo IV, y A asociado con Ch en el grupo I). La mayor variabilidad genética se presentó en el grupo II, que incluyó a las poblaciones IR, M, y SA que provienen de localidades cercanas geográficamente. Estos marcadores moleculares no separaron a los individuos de *D. remotiflora* (5 individuos de Acatic), esto puede ser atribuible a la similitud entre las especies, las cuales han sido reportadas como la misma (McVaugh, 1989).

Al analizar de manera conjunta los datos proporcionados por el análisis morfológico y por el molecular, los individuos asociados en cada grupo coincidieron en características, formando asociación de la siguiente manera: para el grupo I, Acatic (A), Ixtlahuacán de los Membrillos (IM) y Chapala; para el grupo II, San Antonio (SA), San Gabriel (SG) e Ixtlahuacán del Río; para el grupo III San Gabriel (SG), y en el grupo IV no se identificaron coincidencias. Esto puede representar la asociación genotipo fenotipo en esos individuos.

El presente trabajo documenta la efectividad de los marcadores ISTR para detectar altos niveles de polimorfismo, lo cual es una ventaja que también se ha

reportado en estudios de variabilidad genética en otras especies, como algunas del género *Agave* (Demey *et al.*, 2004; Osorio *et al.*, 2012; Torres-Morán *et al.*, 2013) y aguacate (Ramírez *et al.*, 2002). Para especies de *Dioscorea* se compararon los marcadores utilizados en el presente estudio (ISTR) con otros del mismo tipo codominante y se obtuvieron efectividades similares (Velasco-Ramírez *et al.*, 2014). Abraha *et al.* (2016) consideraron un valor PIC de 0.64 como un indicador de eficiencia discriminatoria de los marcadores microsatélites (SSR) en *Eragrostis tef*, mientras que Siqueira *et al.* (2014) en *Dioscorea alata* obtuvieron un valor de 0.86. Con base en estos valores, se puede considerar a los marcadores ISTR analizados en el presente estudio como una herramienta adecuada para el análisis de la variabilidad en este género.

Estructura genética

El programa STRUCTURE confirmó la existencia de cuatro grupos genéticos, lo cual también fue comprobado mediante la prueba de Evanno. La estructura genética de las colectas se muestra en la Figura 4. La diferenciación en términos de frecuencia génica en cada grupo asocia las plantas de la siguiente manera: IR, M y SA con un coeficiente de diferenciación $F_{st} = 0.7174$ (muy grande); A, Ch, C, e IM, con un valor $F_{st} = 0.5074$ (grande); y Z, AU, y SH con valores F_{st} negativos; e individuos dispersos en un cuarto grupo (en azul en la Figura 4). Por la posición geográfica de las poblaciones, los resultados sugieren panmixia en las poblaciones de Autlán (Au) y San Martín Hidalgo (SH), las cuales posiblemente no compartan genotipo con el resto de las poblaciones.

Los resultados de la prueba de Mantel mostraron un nivel de correlación muy bajo ($r = 0.00634$) entre la matriz de datos morfológicos y la matriz de datos moleculares, lo cual es debido probablemente a que el fenotipo mostrado por las

plantas fue altamente influenciado por el medio ambiente en el que se produjeron las plantas.

Determinar diferencias entre especies del género, utilizando sólo características morfológicas (Arnau *et al.*, 2009; González, 2006; Sartie *et al.*, 2012) o utilizando sólo marcadores moleculares en especies cercanas (Wu *et al.*, 2014; Mignouna *et al.*, 2002; Siqueira *et al.*, 2014) ha sido reportado como un hecho que representa dificultad. Por separado, las características morfológicas no son capaces de diferenciar a nivel específico, tal es el caso de lo encontrado en el presente estudio y es concordante con reportes hechos por otros autores para este mismo género (Bressan *et al.*, 2014; Dansi *et al.*, 2000; Oujii *et al.*, 2016; Viruel *et al.*, 2010). Las especies reportadas son muy similares a nivel morfológico, diferenciándose solo por segmentos del sobresalgan de la corola, lo que no ocurre en *D. remotiflora* (McVaugh, 1989).

CONCLUSIONES

La combinación de características morfológicas y moleculares utilizadas permitió documentar a nivel de genotipo las accesiones, asociando las plantas individuales al origen de las colectas. Esta información puede significar un punto de partida para la elaboración de programas de colecta y conservación, así como de domesticación de este recurso que hoy en día representa una fuente importante de ingresos para pobladores de los municipios incluidos en el presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYTJAL) y al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) por el financiamiento otorgado.

Tabla 1. Poblaciones de *Dioscorea* spp. analizadas.

| Localidad | Localidad e identificación del grupo | Número de individuos | Región de Jalisco |
|-----------|--------------------------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | Acatic (A) | 5 | Altos |
| 2 | Chapala (Ch) | 5 | Ciénega |
| 3 | Cocula (C) | 5 | Valles |
| 4 | Ixtlahuacán de los Membrillos (IM) | 5 | Centro |
| 5 | Ixtlahuacán del Río (IR) | 12 | Centro |
| 6 | Manzanilla de la Paz (M) | 10 | Sureste |
| 7 | San Antonio (Chapala) (SA) | 12 | Ciénega |
| 8 | San Gabriel (SG) | 12 | Sur |
| 9 | Zapotlanejo (Z) | 12 | Centro |
| 10 | Ahuacapán (Autlán) (Au) | 12 | Costa Sur |
| 11 | San Martín Hidalgo (SH) | 10 | Valles |
| | | Total 100 | |

Tabla 2. Variables morfológicas analizadas para 11 poblaciones silvestres de *Dioscorea* spp.

| Código de las variables | Variables |
|-------------------------|--|
| X20 | Posición de las hojas maduras |
| X24 | Color de las hojas maduras |
| X25 | Color de la nervadura de la hoja |
| X27 | Color del borde de la hoja |
| X28 | Pilosidad en el haz de la hoja madura |
| X29 | Pilosidad en el envés de la hoja |
| X31 | Forma de la hoja |
| X32 | Forma del ápice de la hoja madura |
| X34 | Distancia entre lóbulos de la hoja |
| X39 | Posición más ancha de la hoja madura |
| X40 | Color de la punta de la hoja |
| X41 | Pilosidad del peciolo de la hoja |
| X45 | Floración |
| X47 | Posición de la inflorescencia |
| X49 | Tipo de inflorescencia |
| X50 | Color de la flor |
| X51 | Formación del fruto |
| X52 | Desarrollo del fruto |
| X53 | Posición del fruto |
| X54 | Forma del fruto |
| X55 | Pilosidad del fruto |
| X56 | Ausencia/Presencia de semillas en el fruto |
| X57 | Forma de la semilla |
| X58 | Estructura del ala de la semilla |
| X62 | Altura de tallos maduro |
| X66 | Diámetro del tallo maduro |
| X76 | Días hasta la floración después del brote |
| X77 | Número de inflorescencia p/planta |
| X78 | Longitud media de la inflorescencia |
| X79 | Sexo de la planta |
| X80 | Peso del tubérculo |
| X81 | Largo del Tubérculo |

Tabla 3. Valores propios y contribución a la varianza de los seis componentes más discriminativos del análisis de los componentes principales, basado en característica morfológicas, de 11 poblaciones de *Dioscorea* spp.

| Componentes Principales | Valores Propios | Absoluta (%) | Acumulada (%) |
|-------------------------|-----------------|--------------|---------------|
| CP1 | 19.400 | 60.625 | 60.62 |
| CP2 | 9.207 | 28.773 | 89.39 |
| CP3 | 1.080 | 3.375 | 92.77 |
| CP4 | 0.908 | 2.839 | 95.61 |
| CP5 | 0.692 | 2.162 | 97.77 |
| CP6 | 0.201 | 0.629 | 98.40 |

Tabla 4. Eficiencia relativa total de tres pares de iniciadores ISTR en *Dioscorea* spp.

| Parámetros para medir eficiencia del marcador | Valores para ISTR |
|--|-------------------|
| Número de individuos | 100 |
| Total número de bandas (<i>n</i>) | 79 |
| Bandas Polimórficas (<i>p</i>) | 64 |
| Número total de combinación de iniciadores (<i>T</i>) | 3 |
| Multiplex ratio MR (<i>n/T</i>) | 26.33 |
| Porcentaje de Polimorfismo (% <i>p</i>) | 81.01 |
| Contenido de Información Polimórfica (<i>PIC</i>) | 0.4508 |
| Promedio de Heterocigosidad (<i>Hav</i>) | 0.45 |
| Índice del Marcador (<i>MI</i>) = <i>Hav</i> x <i>MR</i> | 11.84 |

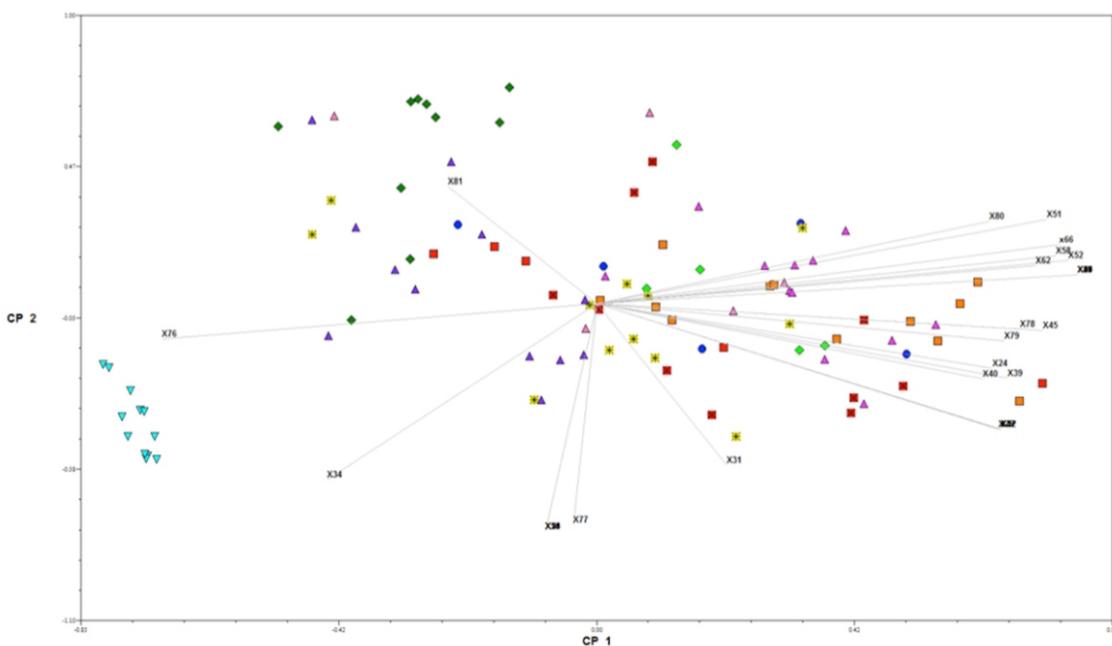


Figura 1. Resultados de un análisis de componentes principales, comparando 32 características morfológicas, de 100 individuos representando 11 poblaciones naturales de camote de cerro (*Dioscorea* spp.). Acatic (●), Chapala (■), Cocula (◆), Ixtlahuacán de los Membrillos (▲), Ixtlahuacán del Río (▲), Manzanilla de la Paz (◻), San Antonio (■), San Gabriel (✱), Zapotlanejo (▲), Autlán (▼), San Martín Hidalgo (◆). Los caracteres morfológicos (X seguida de un número) corresponden a los descritos en la Tabla 1.

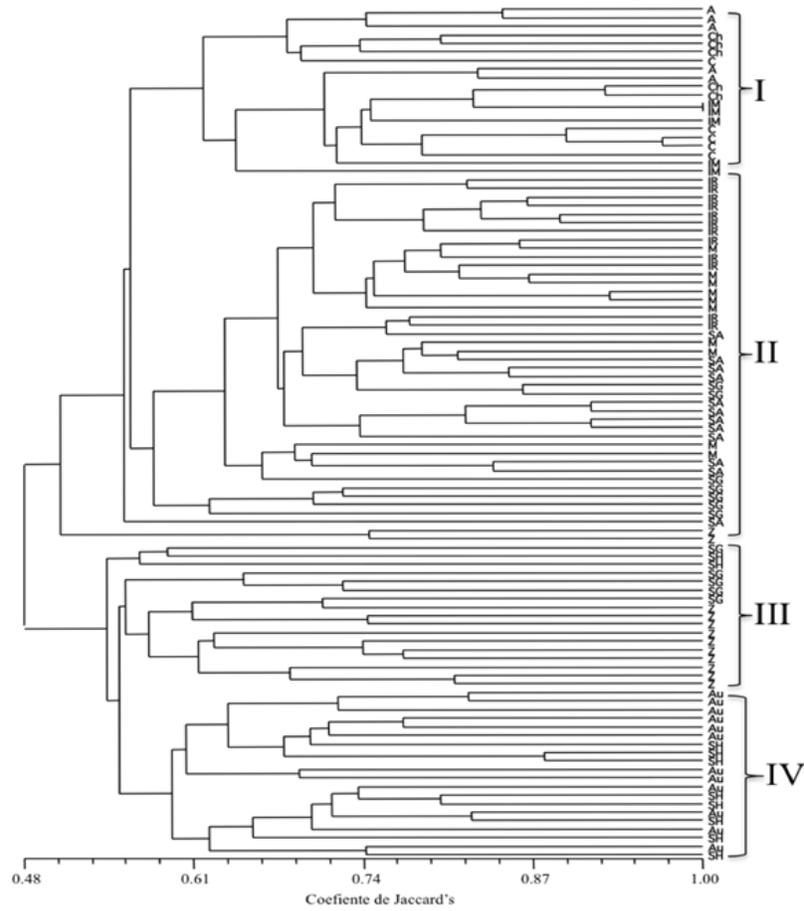


Figura 3. Dendrograma donde se muestra el agrupamiento de 100 individuos de camote de cerro, provenientes de diferentes localidades del estado de Jalisco, analizados con tres combinaciones de ISTR.

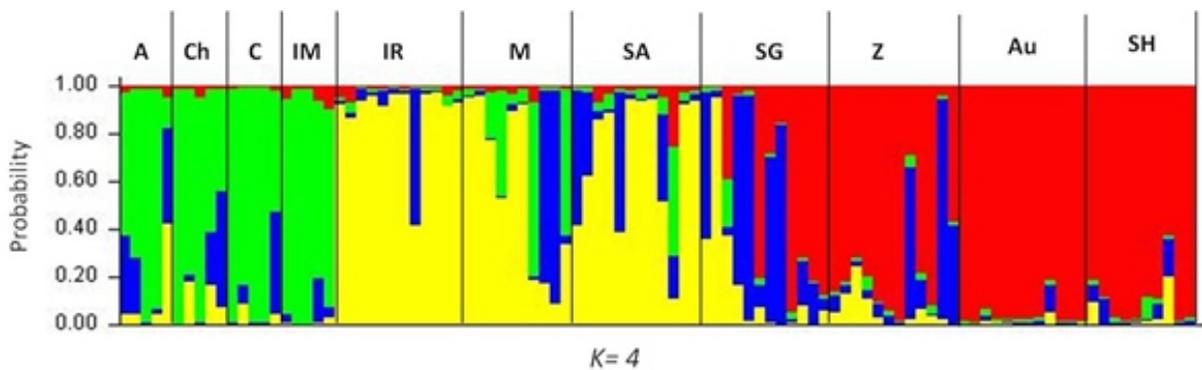


Figura 4. Representación gráfica del análisis en el programa STRUCTURE donde se muestra la simulación K=4

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraha, M. T., H. Shimelis, M. Laing, K. Assefa, B. Amelework. 2016. Assessment of the genetic relationship of tef (*Eragrostis tef*) genotypes using SSR markers. South African Journal of Botany 105: 106-110.
- Aga, E., T. Bryngelsson. 2006. Inverse sequence-tagged repeat (ISTR) analysis of genetic variability in forest coffee (*Coffea arabica* L.) from Ethiopia. Genetic Resources and Crop Evolution 53: 721-728.
- Arnau, G., A. Nemorin, E. Maledon, K. Abraham. 2009. Revision of ploidy status of *Dioscorea alata* L. (Dioscoreaceae) by cytogenetic and microsatellite segregation analysis. Theoretical and Applied Genetics 18: 1239-49.
- Bernabé-Antonio, A., F. Santacruz-Ruvalcaba, F. Cruz-Sosa. 2012. Effect of plant growth regulators on plants regeneration of *Dioscorea remotiflora* (Kunth) through nodal explants. Plant Growth Regulation 68: 293-301.
- Bressan, E. A., T. B. Neto, M. I. Zucchi, R. J. Rabello, E. A. Veasey. 2014. Genetic structure and diversity in the *Dioscorea cayenensis*/*D. rotundata* complex revealed by morphological and isozyme markers. Genetic and Molecular Research 13: 425-437.
- Contreras-Pacheco, M. L., F. Santacruz-Ruvalcaba, J. A. García-Fajardo, J. J. Sánchez, M. A. Ruíz, M. Estarrón-Espinosa, A. Castro-Castro. 2013. Diosgenin quantification, characterization and chemical composition in a tuber collection of *Dioscorea* spp. in the state of Jalisco, Mexico. International Journal of Food Science and Technology 48: 2111-2118.
- Dansi, A., D. Mignouna, J. Zoundjih'ekpon, A. Sangare, N. Ahoussou, R. Asiedu. 2000. Identification of some Benin Republic's Guinea yam (*Dioscorea cayenensis*/*Dioscorea rotundata* complex) cultivars using randomly amplified polymorphic DNA. Genetic Resource and Crop Evolution 47: 619-25.
- Demey, J. R., E. Gámez, S. Molina, D. Infante. 2004. Comparative study of the discriminating capacity of AFLP and ISTR markers for genetic analysis of *Agave fourcroydes*. Plant Molecular Biology Report 22: 29-35.
- Earl, D. A., B. M. vonHoldt. 2012. Structure Harvester: a website and program for visualizing structure output and implementing the Evanno method. Conservation Genetic Resources 4: 359-361.
- FAO. 2010. The second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Synthetic account. www.fao.org/docrep/013/j1500e_brief.pdf.
- Wu, Z. G., X. X. Li, X. C. Lin, W. Jiang, Z. M. Tao, N. Mantri, C. Y. Fan, X. Q. Bao. 2014. Genetic diversity analysis of yams (*Dioscorea* spp.) cultivated in China using ISSR and SRAP markers. Genetic Resources and Crop Evolution 6: 639-650.
- García-Ruiz, I., H. Cortés-Madrigal, J. Montañez-Soto. 2008. Estudios básicos para el aprovechamiento del "camote del cerro" (*Dioscorea* spp.) en la región Ciénega de Chapala, México. sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20080701_6220.pdf
- González, M. C. 2006. Morphological and molecular characterization of genotypes of *Dioscorea alata* and *Dioscorea trifida*. The Institute of Agricultural Research of Panamá, IDAP and CATIE, Costa Rica.
- IPGRI/IITA. 1997. Descriptors for Yam (*Dioscorea* spp.) International Institute of Tropical Agriculture, Ibadán, Nigeria - International Plant Genetic Resources Institute. Rome.
- Jing, R., A. Vershinin, P. Grzebyta, P. Shaw, P. Smykal, M. Marshall, J. Ambrose, T.H. Ellis, J. A. Flavell. 2010. The genetic diversity and evolution of field pea (*Pisum*) studied by high throughput retrotransposon based insertion polymorphism (RBIP) marker analysis. BMC Evolutionary Biology 44: 1-20.
- Keb-Llanes, M., G. González, B. Chi-Manzanero, D. Infante. 2002. A rapid and simple method for small scale DNA extraction in Agavaceae and other tropical plants. Plant Molecular Biology Report 20: 6-18.
- McVaugh, R. 1989. Bromeliaceae to Dioscoreaceae. Flora Novo-Galiciana, a descriptive account of the vascular plants of Western México. The University of Michigan Herbarium 15: 355-388.
- Mignouna, D., R. Mank, T. Ellis, N. Van den Bosch, R. Asiedu, S. Ng. 2002. A genetic linkage map of Guinea yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) based on AFLP markers. Theoretical and Applied Genetics 105: 716-25.
- Mostul, B., B. M. Cházaro. 1996. Camote de cerro: an edible caudiciform *Dioscorea* from Mexico. Cactus and Succulent Journal 68: 6-8.
- Osorio, M., E. Gámez, S. Molina, D. Infante. 2012. Evaluation of cassava plants generated by somatic embryogenesis in different stages of development using molecular markers. Electronic Journal of Biotechnology 15: doi: 10.2225/vol15-issue4-fulltext-3

- Ouji, A., S. El-Bo, N. H. Syed, A. J. Flavell, M. Rouaissi, M. B. Younes, M. E. Gazzah, M. Kharrat. 2016. A comparative study between molecular and agromorphological methods for describing genetic relationships in Tunisia faba bean population. *New Journal*
- Pritchard, J. K., M. Stehens, P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155: 945-959.
- Ramírez, I. M., J. L. Fuentes, N. N. Rodríguez, J. Cueto, W. Rohde. 2002. DNA polymorphisms in Cuban varieties of avocado (*Persea americana* Mill.) as detected by Inverse Sequence Tagged Repeat (ISTR) analysis. *Cultivos Tropicales* 23: 85-88.
- Rhode, W. 1996. Inverse sequence-tagged repeat (ISTR) analysis. A novel and universal PCR (polymerase chain reaction)-based technique for genome analysis in plant and animal kingdom. *Journal of Plant Breeding and Genetics* 50: 249-61.
- Rohlf, F. J. 2000. NTSYSpc: Numeral Taxonomy System. Ver. 2.21. Exeter Software. Stauket. New York.
- Roldán-Ruiz, I., J. Dendauw, B. E. Van, A. Depicker, M. De Loose. 2000. AFLP markers reveal high polymorphic rates in ryegrass (*Lolium* spp.). *Molecular Breeding* 6: 125-134.
- Sambrook, J., D.W. Russell. 2001. *Molecular cloning: A laboratory manual*. Cold Spring Harbor. Laboratory Press. New York.
- Sanguinetti, C. J., E. Díaz-Neto, A. J. Simpson. 1994. Rapid silver staining and recovery of PCR products separated in polyacrylamide gels. *Biotechniques* 17: 914-921.
- Sartie, A., R. Asiedu, J. Franco. 2012. Genetic and phenotypic diversity in a germplasm working collection of cultivated yams (*Dioscorea* spp). *Genetic Resources and Crop Evolution* 59: 1753-1765.
- Shujun, W., G. Wenyuan, L. Hongyan, C. Haixia, Y. Jiugao, X. Peigen. 2006. Studies on the physicochemical, morphological, thermal and crystalline properties of starches separated from different *Dioscorea opposita* cultivars. *Food Chemistry* 99: 38-44.
- Siqueira, M., M. Bonatelli, T. Günther, I. Gawenda, K. Schmid, V. Pavinato, E. Veasey. 2014. Water yam (*Dioscorea alata* L.) diversity pattern in Brazil: an analysis with SSR and morphological markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 61: 611-624.
- Téllez, V. O. 2009. Base de datos de las Fabaceae y Caesalpiniaceae (Sensu Cronquist) y Dioscoreaceae de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto DS001. México.
- Torres-Morán, M. I., A. P. Velasco-Ramírez, S. A. Hurtado-de la Peña, A. Rodríguez-García, S. Mena-Munguía. 2013. Variability and genetic structure in a commercial field of tequila plants *Agave tequilana* Weber (Agavaceae). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 8: 44-53
- Velasco-Ramírez, A. P., M. I. Torres-Morán, S. Molina-Moret, J. J. Sánchez-González, F. Santacruz-Ruvalcaba. 2014. Efficiency of RAPD, ISSR, AFLP and ISTR markers for the detection of polymorphisms and genetic relationships in Camote de Cerro (*Dioscorea* spp.). *Electronic Journal of Biotechnology* 17: 65-71.
- Viruel, J., J. Segarra-Morague, E. Pérez-Collazos, L. Villar, P. Catalán. 2010. Systematic Revision of the Epipetrum Group of *Dioscorea* (Dioscoreaceae) Endemic to Chile. *Systematic Botany* 35: 40-63.
- Zou, J., H. Gong, T. Yang, J. Meng. 2009. Retrotransposon - a major driving force in plant genome evolution and a useful tool for genome analysis. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 12: 1-8. *of Science* 27: 1513-1518.

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE PLANTAS DE LA FAMILIA Asphodelaceae CULTIVADAS EN AGRICULTURA DE TRASPATIO

José Gilberto Gómez-Vizcaíno y Martha Isabel Torres-Morán

Laboratorio de Marcadores Moleculares, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Km. 15.5 Carretera Guadalajara-Nogales, Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México

RESUMEN

La importancia de la familia Asphodelaceae surge por la difusión de plantas pertenecientes a especies del género *Aloe*, que popularmente se les conoce como sábila, muchas de las cuales tienen propiedades terapéuticas. Las especies de esta familia se pueden encontrar cultivadas en un sistema de producción denominado agricultura de traspatio, formando un componente principal en las colecciones de plantas medicinales de los hogares del estado de Jalisco, México. En el presente estudio se muestran los resultados de la caracterización molecular realizada a 37 individuos de la familia Asphodelaceae, pertenecientes a los géneros *Aloe*, *Gasteria*, *Haworthia* y *Bulbine*. Se evaluaron utilizando 10 iniciadores del marcador molecular ISSR, el cual fue capaz de producir patrones de bandeo diferenciales para cada individuo y un polimorfismo total de 81.28%. Un análisis de agrupamiento generó ocho grupos con similitudes genéticas que van de 0.16 a 0.97. Los agrupamientos destacan relación entre datos moleculares y caracteres morfológicos evidentes para cada especie, zonas geográficas de crecimiento de algunas plantas y en muestras obtenidas de una planta madre y sus hijuelos de rizoma. Los resultados obtenidos revelaron similitud genética de las especies estudiadas, sugiriendo que podrían tener características terapéuticas similares a las de *Aloe barbadensis*.

ABSTRACT

The importance of the family Asphodelaceae arises due to the therapeutic properties of several species of the genus *Aloe*, known as "sabila". The species of this family can be grown in the agricultural production system named backyard farming, being a major component in the medicinal plant collection of homes from Jalisco, Mexico. In the current study, the results of the molecular characterization of 37 individuals of Asphodelaceae, belonging to *Aloe*, *Gasteria*, *Haworthia*, and *Bulbine* were discussed. Ten primers of the ISSR marker gave individual banding profiles and revealed 81.28% of total polymorphism. A cluster analysis revealed eight groups with genetic similarities between 0.16 and 0.97. Relations between molecular data and morphological attributes for each species, geographical distribution for some species and between mother plant and its rhizome shoots were revealed. The results unveiled genetic similarity between the analyzed species, suggesting that they could have similar therapeutic properties than those of *Aloe barbadensis*.

PALABRAS CLAVE:

Caracterización molecular, ISSR, Asphodelaceae, *Aloe*, Agricultura de traspatio

KEYWORDS:

Molecular characterization, ISSR, Asphodelaceae, *Aloe*, Backyard farming

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las plantas medicinales persiste por la necesidad de tratar las enfermedades que son del dominio común y reconocidas por casi la totalidad de la población, las cuales se denominan síndromes de filiación cultural (Pérez-Nicolás *et al.*, 2017; Chinchilla *et al.*, 2013). Como es el caso de *A. barbadensis* (*A. vera*) perteneciente a la familia Asphodelaceae, cuyo valor medicinal es reconocido por todo el mundo y se encuentra en muchos hogares de nuestro estado.

La familia Asphodelaceae se compone por tres subfamilias Xanthorrhoeoideae, Hemerocallidoideae, y Asphodeloideae, siendo la última la de mayor importancia porque en ésta se incluye el género *Aloe*, cuyo 25% de las especies que lo forman poseen propiedades curativas; esto debido a la amplia gama de compuestos fitoquímicos que contienen, como son derivados de antraquinonas, azúcares, polisacáridos, esteroides, proteínas, y algunos otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Según datos del Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV) el género *Aloe* cuenta con alrededor de 400 especies y se encuentra relacionado con los géneros *Haworthia*, *Gasteria*, y *Bulbine*, a los cuales se les ha popularizado por su valor ornamental (Stevens, 2017; Grace *et al.*, 2015; Grace *et al.*, 2009; Mascolo *et al.*, 2004).

El uso de técnicas moleculares ha demostrado ser útil en la investigación del origen y la domesticación de las especies (Kumar *et al.*, 2015). Para la familia Asphodelaceae (subfamilia Asphodeloideae) existen reportes en donde se emplearon los marcadores moleculares para realizar estudios de variabilidad y diversidad genética, así como para resolver problemas taxonómicos (Rana y Kanwar, 2017; Das *et al.*, 2016; Ezzat *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2015; Bhaludra *et al.*, 2014; Treutlein *et al.*, 2003a).

Para el caso de la familia Asphodelaceae y los géneros que la componen, principalmente *Aloe*, que es el más ampliamente distribuido en México y se le puede encontrar de manera asilvestrada o cultivada (Hanan y Mondragón, 2009) en producciones agrícolas de carácter industrial o de traspatio, es necesario realizar un caracterización molecular a nivel genética para poder tener precedentes de las similitudes entre las plantas de la familia y posteriormente aplicar técnicas analíticas para realizar la búsqueda de compuestos con carácter terapéutico.

El objetivo del presente estudio fue caracterizar a nivel molecular plantas relacionadas con *A. barbadensis* pertenecientes a la familia Asphodelaceae que se cultivan en agricultura de traspatio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado consistió en muestras de tejido foliar de 37 individuos pertenecientes a la familia Asphodelaceae, cultivadas en agricultura de traspatio (Huaxtla, Municipio de El Arenal, y Zapopan en el estado de Jalisco, México) y de dos colecciones (Jardín Botánico Interactivo IBUG y Vivero Escuela CUCBA) del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) (Tabla 1). Cada individuo se desarrolló de manera independiente a excepción de las muestras AG10-AG15, de las cuales la muestra AG10 es la planta madre y las demás son hijuelos de rizoma.

La extracción de DNA genómico se realizó de acuerdo con el protocolo reportado por Keb Llanes *et al.* (2002). La calidad y concentración del DNA genómico extraído se evaluó mediante espectrofotometría y electroforesis en geles de agarosa al 1% (Sambrook y Russell, 2001).

Para la amplificación mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) se utilizaron 10 iniciadores para el marcador Inter Simple Sequence Repeats (ISSR) (Tabla 2). La mezcla de reacción se llevó a cabo en un volumen final de 20 μ L (amortiguador de PCR 1X, MgCl₂ 2.5 mM, iniciador 0.8 μ M, dNTPs 0.25 mM, Taq polimerasa 0.05 U, y DNA 10 ng/ μ L). El programa de amplificación consistió en una desnaturalización inicial a 95°C durante 5 min, seguido de 40 ciclos de desnaturalización a 94°C durante 30 s, alineación a 53°C durante 1 min, extensión a 72°C durante 2 min y una extensión final a 72°C durante 7 min. Temperatura final 4°C. Los fragmentos amplificados se separaron en geles de agarosa de alta resolución al 1.2% en TBE 1X durante 1 h a 100 V y se tiñeron con bromuro de etidio.

El análisis de datos moleculares se realizó a partir de los loci amplificados visualizados en los geles obtenidos. Se elaboraron matrices binarias de presencia y ausencia, se calculó el porcentaje de loci polimórficos y el análisis de similitud entre individuos por medio del coeficiente de Jaccard. El análisis de agrupamiento se realizó por el método Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages (UPGMA) (Reif *et al.*, 2005), contenido en el programa NTSYSpc versión 2.21h (Rohlf, 2009) reportando los resultados de manera gráfica en un dendrograma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los iniciadores para el marcador ISSR utilizados, produjeron patrones de amplificación diferenciales, se generó un total de 358 bandas, de las cuales 291 fueron polimórficas, y un polimorfismo total de 81.28% (Tabla 3).

El valor de polimorfismo obtenido fue comparable al reportado para *A. barbadensis* con el mismo tipo de marcador (ISSR), que fue superior al 80%, y estuvo en el intervalo reportado para esa misma especie con el marcador molecular Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), que fue entre 71.8% y 90.11% (Bhaludra et al., 2014; Das et al., 2016; Rana y Kanwar, 2017). Esto indicó que el marcador molecular ISSR es adecuado para detectar similitud genética entre individuos de especies de la familia Asphodelaceae.

Con base al análisis de similitud genética fue posible construir un dendrograma (Figura 1), el cual generó ocho grupos, con un coeficiente de similitud entre 0.16 y 0.97 para las 37 muestras empleadas. El grupo I se subdividió en dos subgrupos. En el subgrupo 1.1 se agruparon las muestras de *A. barbadensis*, detectando variación en la similitud genética entre 0.56 y 0.97. Dentro del mismo subgrupo, se encuentra asociada la planta madre (AG10) con sus hijuelos (AG11-AG15), con una de similitud entre 0.880 y 0.935. A pesar de ser plantas que se propagaron vegetativamente, el marcador detectó diferencias genéticas entre ellas, consideradas clones. En el subgrupo 1.2 se agruparon las muestras de *A. eru*. La conformación del grupo I por *A. barbadensis* y *A. eru* es similar a la agrupación obtenida por Ezzat et al. (2016), quienes usando marcadores RAPD detectaron un coeficiente de similitud de 0.72 entre estas especies, mientras que en el presente trabajo fue de 0.387. El subgrupo 1.2 incluyó una muestra de *A. barbadensis* (AJ1), la cual mostró un patrón de bandedo diferencial a las distintas muestras de esta misma especie, por lo cual se agrupó con los genotipos de *A. eru*, generando una similitud entre 0.443 y 0.530 entre *A. barbadensis* y *A. eru*.

En los grupos que van del II al VII se encuentran distribuidas el resto de las especies del género *Aloe*, con excepción del grupo V, en el cual se encuentra la muestra de *B. frutescens* (AC9). El grupo VIII incluyó muestras de *Haworthia* y *Gasteria*, las cuales son monofiléticas a algunas especies de *Aloe* (Daru et al., 2013). Esto demuestra las similitudes genéticas entre los individuos estudiados mediante el marcador molecular ISSR, el cual permitió relacionar los datos moleculares y los caracteres morfológicos evidentes. Además, permitieron discriminar las especies por la condición geográfica de desarrollo, como previamente los reportó Rana y Kanwar (2017), ya que los resultados del presente estudio separaron los genotipos de *A. arborescens* de acuerdo a su lugar de crecimiento, apartando la muestra obtenida en CUCBA (AC4) con las muestras obtenidas en Huaxtla (AH8, AH9, AG1 y AG2).

La agrupación de la muestra de *B. frutescens* (AC9) con *A. juvenna* (AC8) fue de carácter inusual (Figura 1). Existen reportes que, utilizando técnicas de secuenciación de regiones específicas del cloroplasto e ITS, informan que las plantas pertenecientes al género *Bulbine* se desagrupan por completo de las de *Aloe*, *Haworthia* y *Gasteria* (Manning et al., 2014; Daru et al., 2013; Treutlein et al., 2003a; Treutlein et al., 2003b; Chase et al., 2000), pero aun así se siguen considerando dentro de la familia Asphodelaceae. Los resultados del presente estudio se pueden explicar a que el marcador molecular ISSR amplifica regiones al azar dentro del genoma del individuo (Zietkiewicz et al., 1994), las cuales pueden ser muy conservadas entre integrantes de la familia Asphodelaceae, mientras que las técnicas de secuenciación de regiones específicas se basan en una secuencia muy conservada de DNA para cada especie (Savolainen et al., 2005).

El uso de marcadores moleculares es una herramienta útil para el análisis entre taxones, caracterización, y autenticación de plantas medicinales como lo es *A. barbadensis* (Das et al., 2016; Sarwat et al., 2012; Tharachand et al., 2012), por esta razón el marcador molecular ISSR logro un enfoque útil para detectar las diferencias significativas entre las plantas pertenecientes a la familia Asphodelaceae (*Aloe*, *Haworthia*, *Gasteria* y *Bulbine*) evaluadas en el presente estudio.

CONCLUSIONES

La información generada revela la similitud genética entre las especies estudiadas de la familia Asphodelaceae y su relación genética con *A. barbadensis*, siendo un precedente en la búsqueda de metabolitos con actividades terapéuticas a los reportados en *A. barbadensis*. Por lo que la amplia distribución de plantas de la familia Asphodelaceae en producciones de traspatio, en donde se les puede usar de forma terapéutica hace indispensable aplicar estrategias para discriminar que plantas poseen los metabolitos de interés. Una de las técnicas es el uso de marcadores moleculares. El marcador ISSR es adecuado para el análisis genético de plantas de la familia Asphodelaceae, permitiendo discriminar entre especies, géneros, y estado de desarrollo. Los altos niveles de polimorfismo encontrados podrían estar relacionados a las zonas geográficas o ambientes en los cuales las plantas crecen, influyendo directamente en la producción de metabolitos de interés terapéutico.

Tabla 1. Números de identificación, especie y lugar de origen de los individuos de la familia Asphodelaceae utilizados en el presente estudio.

| Individuos | Especie | Origen |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| AH7 y AG3-AG7 AC1 | <i>Aloe barbadensis</i> | Huaxtla, Mpio. de El Arenal CUCBA |
| AJ1 y AG10-AG15 | | Zapopan |
| AH1 y AH2 AC7 | <i>A. eru</i> | Huaxtla, Mpio. de El Arenal CUCBA |
| AH4 | <i>A. saponaria</i> | Huaxtla, Mpio. de El Arenal |
| AH8, AH9, AG1 y AG2 AC4 | <i>A. arborescens</i> | Huaxtla, Mpio. de El Arenal CUCBA |
| AC2R | <i>A. ferox</i> | CUCBA |
| AC8 | <i>A. juvenna</i> | CUCBA |
| AH5 y AH6 AC6 | <i>A. sp.</i> | Huaxtla, Mpio. de El Arenal CUCBA |
| AC10 y AH3 AC5 | | Huaxtla, Mpio. de El Arenal CUCBA |
| AH10 AC3R | | Huaxtla, Mpio. de El Arenal CUCBA |
| AG9 | <i>Gasteria sp.</i> | CUCBA |
| AH11 | <i>Haworthia fasciata</i> | Huaxtla, Mpio. de El Arenal |
| AG8 | <i>H. magnifica</i> | CUCBA |
| AG9 | <i>Bulbine frutescens</i> | CUCBA |

Tabla 2. Secuencias de los iniciadores utilizados para el marcador ISSR.

| Identificación | Secuencia |
|----------------|---------------------------------|
| 6 | 5'- GAC AGA CAG ACA GAC ARY-3' |
| 814 | 5'- CTC TCT CTC TCT CTC TTG -3' |
| 898 | 5'- CAC ACA CAC ACA RY -3' |
| 899 | 5'- CAC ACA CAC ACA RG -3' |
| 901 | 5'- GTG TGT GTG TGT YR -3' |
| Becky | 5'- CAC ACA CAC ACA CAY C -3' |
| Chris | 5'- CAC ACA CAC ACA CAY G -3' |
| Goofy | 5'- GTG TGT GTG TGT GTY G -3' |
| John | 5'- AGA GAG AGA GAG AGY C -3' |
| Manny | 5'- CAC CAC CAC CAC CAC RC -3' |

R= A o G Y= C o T

Tabla 3. Polimorfismo detectado por cada iniciador del marcador ISSR en 37 individuos de la familia Asphodelaceae.

| Iniciador | Bandas totales | Bandas polimórficas | Polimorfismo (%) |
|--------------|----------------|---------------------|------------------|
| 6 | 32 | 24 | 75 |
| 814 | 40 | 34 | 85 |
| 898 | 33 | 26 | 78.78 |
| 899 | 45 | 35 | 77.77 |
| 901 | 38 | 27 | 71.05 |
| Becky | 22 | 19 | 86.36 |
| Chris | 35 | 30 | 85.71 |
| Goofy | 30 | 25 | 83.33 |
| John | 47 | 39 | 82.97 |
| Manny | 36 | 32 | 88.88 |
| TOTAL | 358 | 291 | 81.28 |

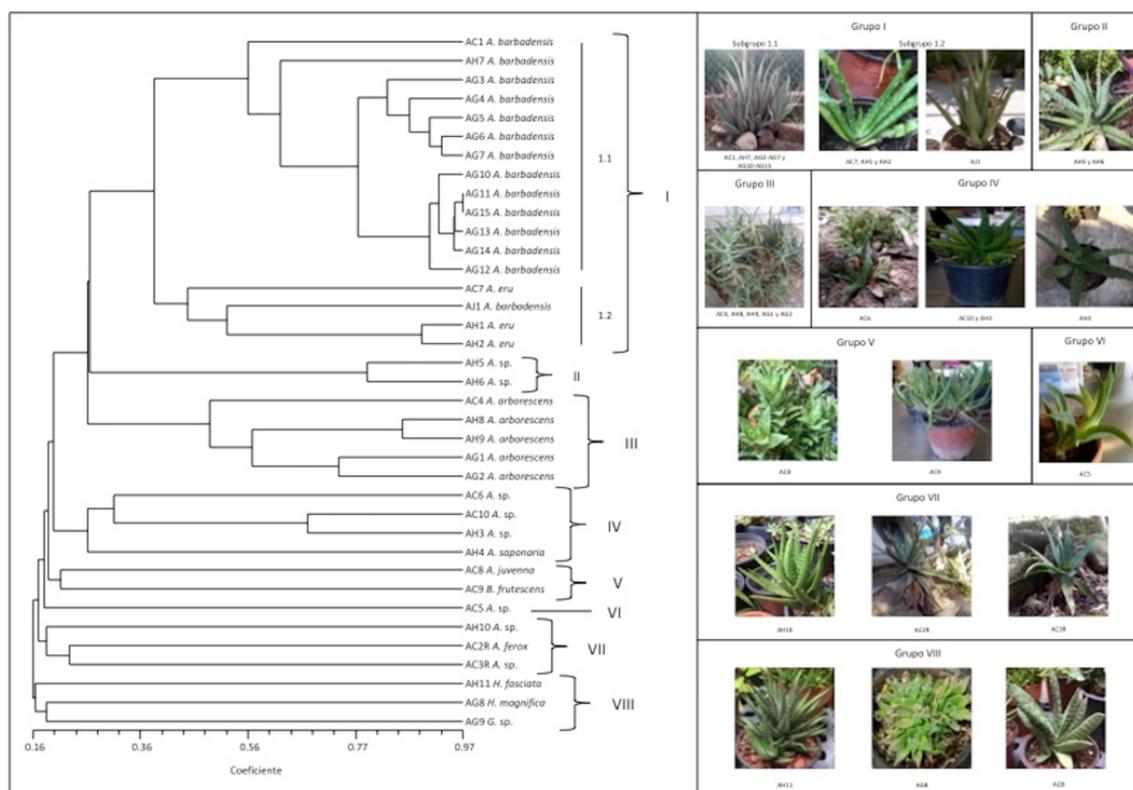


Figura 1. Dendrograma que muestra la relación genética entre 37 muestras de la familia Asphodelaceae, basada en 10 iniciadores para el marcador molecular ISSR.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bhaludra, C. S. S., H. Yadla., F. S. Cyprian, R. R. Bethapudi, S. D. Basha, R. Anupalli. 2014. Genetic diversity analysis in the genus *Aloe vera* (L.) using RAPD and ISSR markers. *International Journal of Pharmacology* 10: 479-486.
- Chase, M. W., A. Y. de Bruijn, A. V. Cox, G. Reeves, P. J. Rudall, M. A. T. Johnson, L. E. Eguarte. 2000. Phylogenetics of Asphodelaceae (Asparagales): an analysis of plastid *rbcL* and *trnL-F* DNA sequences. *Annals of Botany* 86: 935-951.
- Chinchilla, N., C. Carrera, A. G. Durán, M. Macías, A. Torres, F. A. Macías. 2013. *Aloe barbadensis*: how a miraculous plant becomes reality. *Phytochemistry Reviews* 12: 591-602.
- Daru, B. H., J. C. Manning, J. S. Boatwright, O. Maurin, N. Maclean, H. Schaefer, M. Kuzmina, M. van der Bank. 2013. Molecular and morphological analysis of subfamily Alooideae (Aphodelaceae) and the inclusion of *Chortolirion* in *Aloe*. *Taxon* 62: 62-76.
- Das, A., K. Nandagopal, T. B. Jha. 2016. Molecular characterization of some Indian *Aloe vera* populations through RAPD and ITS markers. *Plant Biosystems* 151: 695-703.
- Ezzat, S. M., A. M. El Sayed, M. M. Salama. 2016. Use of Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) technique to study the genetic diversity of eight *Aloe* species. *Planta Medica* 82: 1381-1386.
- Grace, O. M., M. S. J. Simmond, G. F. Smith, E. van Wik. 2009. Documented utility and biocultural value of *Aloe L.* (Asphodelaceae): a review. *Economic Botany* 63: 167-178.
- Grace, O. M., S. Buerki, M. R. E. Symonds, F. Forest, A. E. van Wyk, G. F. Smith, R. R. Klopper, C. S. Bjora, S. Neale, S. Demissew, M. S. J. Simmonds, N. Ronsted. 2015. Evolutionary history and leaf succulence as explanations for medicinal use in aloes and the global popularity of *Aloe vera*. *BMC Evolutionary Biology* 15: 15-29.
- Hanan, A. A. M., J. Mondragón, P. 2009. *Aloe vera* (L.) Burm. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asphodelaceae/aloevera/fichas/ficha.htm>, Consulta: 15 de agosto de 2017.
- Keb-Llanes, M., G. González, B. Chi-Manzanero, D. Infante. 2002. A rapid and simple method for small-scale DNA extraction in Agavaceae and other tropical plants. *Plant Molecular Biology Reporter* 20: 299a-299e.
- Kumar, S., M. Yadav, A. Yadav, J. P. Yadav. 2015. Molecular assessment of genetic diversity in Indian accessions of *Aloe vera* using SSR marker. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 7: 194-154.
- Manning, J., J. S. Boatwright, B. H. Daru, O. Maurin, M. van der Bank. 2014. A molecular phylogeny and generic classification of Asphodelaceae subfamily Alooideae: A final resolution of the prickly issue of polyphyly in the Aloooids? *Systematic Botany* 39: 55-74.
- Mascolo, N., A. A. Izzo, F. Borrelli, R. Capasso, G. Di Carlo, L. Sautebin, F. Capasso. 2004. Healing powers of aloes. In: *Aloes: the genus Aloe* (Ed: Reynolds T.). CRC PRESS. Boca Raton, Florida, pp. 205-234.
- Pérez-Nicolás, M., H. Vibrans, A. Romero-Manzanares, A. Saynes-Vázquez, M. Luna-Cavazos, M. Flores-Cruz, R. Lira-Saade. 2017. Patterns of knowledge and use of medicinal plants in Santiago Camotlán, Oaxaca, Mexico. *Economic Botany* 1: 209-223.
- Rana, S., K. Kanwar. 2017. Assessment of genetic diversity in *Aloe vera L.* among different provinces of H. P. *Journal of Medical Plants Studies* 5: 348-354.
- Reif, J. C., A. E. Melchinger, M. Frisch. 2005. Genetical and mathematical properties of similarity and dissimilarity coefficients applied in plant breeding and seed bank management. *Crop Science* 45: 1-7.
- Rohlf, F. J. 2009. NTSYSpc numerical taxonomy and multivariate analysis system version 2.2. Exeter Software. Setauket, New York.
- Sambrook, J., D. W. Russell. 2001. *Molecular cloning*. Cold Spring Harbor Laboratory Press. Cold Spring Harbor, New York.
- Sarwat, M., G. Nabi, S. Das, P. S. Srivastava. 2012. Molecular markers in medicinal biotechnology: past and present. *Critical Reviews in Biotechnology* 32: 71-92.
- Savolainen, V., R. S. Cowan, A.P. Vogler, G. K. Roderick, R. Lane. 2005. Towards writing the encyclopedia of life: an introduction to DNA barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360: 1805-1811.
- Stevens, P. F. 2017. Angiosperm Phylogeny Website, version 14. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>, Consulta: 24 de abril de 2018.

- Tharachand, C., C. Immanuel Selvaraj, M. N. Mythili. 2012. Molecular markers in characterization of medicinal plants: an overview. *Research in Plant Biology* 2: 01-12.
- Treutlein, J., G. F. Smith, B.-E. van Wyk, M. Wink. 2003a. Evidence for the polyphyly of *Haworthia* (Asphodelaceae Subfamily Alooideae; Asparagales) inferred from nucleotide sequences of *rbcL*, *matK*, ITS1 and genomic fingerprinting with ISSR-PCR. *Plant Biology* 5: 513-521.
- Treutlein, J., G. F. Smith, B.-E. van Wyk, M. Wink. 2003b. Phylogenetic relationships in Asphodelaceae (subfamily Alooideae) inferred from chloroplast DNA sequences (*rbcL*, *matK*) and from genomic fingerprinting (ISSR). *Taxon* 52: 193-207.
- Zietkiewicz, E., A. Rafalski, D. Labuda. 1994. Genome fingerprinting by Simple Sequence Repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics* 20: 176-183.

CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA DE LOS SITIOS DONDE SE DISTRIBUYE EL ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK) EN EL ESTADO DE DURANGO

Eduardo Gámiz Romero

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, Sigma Núm. 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220.
Correo electrónico: eduardogamizromero@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se caracterizó la topografía de los sitios donde se distribuye el orégano (*Lippia graveolens*) dentro del estado de Durango. Se analizaron variables topográficas: altitud, pendiente, orientación, curvatura y topoformas por medio de sistemas de información geográfica y coordenadas de colecta del orégano obtenidas del Herbario CIIDIR. Los resultados indican que el orégano se encuentra entre altitudes de 617 – 2416 m, pendientes desde 0 – 32°, preferencia por orientaciones de ladera al sureste. En la clasificación de las topoformas se observó que esta especie se localiza en llanuras o planos, cañones con arroyos profundos y cimas de las montañas, crestas altas. En conclusión el orégano es una planta con adaptaciones a diferentes condiciones climáticas y de terreno, lo que la hace una especie con distribución cosmopolita en México.

ABSTRACT

In this work, the topography of the sites where oregano (*Lippia graveolens*) is distributed within the state of Durango was characterized. Topographical variables were analyzed: altitude, slope, orientation, curvature and topoforms by means of geographic information systems and collection coordinates of the oregano obtained from the CIIDIR Herbarium. The results indicate that the oregano is found between altitudes of 617 - 2416 m, slopes from 0 - 32°, preference for hillside orientations to the southeast. In the classification of the topoforms it was observed that this species is located in plains or planes, canyons with deep streams and mountain tops, high crests. In conclusion, oregano is a plant with adaptations to different climatic conditions and terrain, which makes it a species with cosmopolitan distribution in Mexico.

INTRODUCCIÓN

El orégano ha sido utilizado por las poblaciones humanas desde hace muchos años, debido a las propiedades que posee, por ejemplo el aroma, que es el que da el sabor a los platillos de las familias mexicanas, así como la gran variedad de usos que se reportan en la literatura como: perfumería, medicina, obtención de aceites (López-Enríquez, *et al.*, 2011). Las especies de orégano de mayor relevancia comercial son de la género *Poliomintha* (Labiatae) y de *Lippia* (Verbenaceae) (González-Elizondo, *et al.*, 2011). La mayor producción de orégano para fines comerciales es la del género *Lippia*, dentro de este género las especies más abundantes son *Lippia graveolens* y *Lippia berlandieri*. Los principales estados productores son Durango, Guanajuato, Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas. México ha participado durante una década con 35 o 40% de la producción mundial en el mercado internacional, lo que lo ubica como el principal productor de orégano. Se calcula que la producción anual de orégano en México es de 4,000 toneladas (Huerta, 1997). El orégano constituye parte de la economía de las familias que habitan en las zonas áridas y semiáridas, porque es uno de los recursos

PALABRAS CLAVE:

Variables topográficas, Modelo de topoformas, Sistemas de información geográfica.

KEY WORDS:

Topomorphic variables, topoforms model, Geographic information systems.

forestales no maderables que se explotan para obtener recursos (López-Enríquez, *et al.*, 2011). Considerando que esta planta es abundante e importante en el estado de Durango, se pretenden conocer las características topográficas en las que se desarrolla mediante coordenadas geográficas de colecta de *Lippia graveolens* obtenidas del Herbario CIIDIR DGO y Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Carmona y Monsalve, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Con la base de datos del Herbario CIIDIR Durango, de los 103 ejemplares de *Lippia graveolens* colectados en el estado de Durango, se tomaron las coordenadas geográficas de colecta. También mediante un modelo digital de elevación que se obtuvo del estado de Durango, con resolución de 30 metros. El modelo de topofomas se analizó con las metodologías propuestas por Tagil y Jenness (2008). Con las funciones de análisis de superficie se calcularon las siguientes variables: elevación, pendiente, orientación, curvatura en el software ArcGIS, E. S. R. I. (2012) (Figura 1).

Descripción de la función de los procesos:

Elevación: Con base al modelo digital de elevación (MDE) del INEGI, que es el principal insumo y las coordenadas de colecta de *L. graveolens*, se obtuvo la elevación en metros en la que se encuentra cada punto (Figura 2).

Pendiente: Para cada celda, la herramienta pendiente, calcula el cambio máximo en la elevación sobre la distancia entre la celda y sus ocho celdas vecinas; identifica el descenso entre altitudes y se mide en grados o porcentaje (Figura 3).

Orientación: Identifica la dirección de la pendiente descendente de la tasa de cambio máxima, en un valor desde cada celda hacia sus celdas vecinas. Se mide en el sentido de las agujas del reloj en grados de 0 (hacia el norte) a 360 (hacia el norte, nuevamente), formando un círculo completo. Las áreas planas que no tienen dirección de pendiente descendente, tienen un valor de -1. Con base a esta capa y los puntos de colecta del orégano (*L. graveolens*) y un proceso de extracción por valores de puntos, se obtuvo la orientación en grados de cada uno de los puntos (Figura 4).

Curvatura: Esta función de curvatura visualiza la forma o la curvatura de la pendiente. Una parte de la superficie puede ser cóncava o convexa. Con este insumo y los puntos de colecta de *L. graveolens*, se realizó un proceso de extracción por valores de puntos para obtener los datos de cóncavo, convexo y plano (Figura 5).

Topofomas: Con el insumo de MDE y el proceso para la caracterización de topofomas ya implementado por Tagil

y Jenness (2008), las cuales son: *Canyons, deeply incised streams; Midslope drainages headwaters; U-shaped valleys; Plains; Open slopes; Upper slopes, mesas; Local ridges, hills in valleys; Midslope ridges, small hills in plains; Mountain tops, high ridges*, se calcularon con base a una extracción por valores de puntos de las coordenadas de colecta del orégano (*L. graveolens*), las topofomas pertenecientes a cada punto (Figura 6).

Mediante cada uno de los procesos se obtuvieron los resultados correspondientes a cada punto, plasmados en una tabla donde se muestran los 103 ejemplares con sus respectivas coordenadas y sus atributos correspondientes a cada uno de los procesos antes mencionados (Tabla 1).

Se calculó el índice de Moran's, que mide la autocorrelación espacial utilizando las ubicaciones de los puntos de colecta y los valores que se obtuvieron en cada uno de ellos sobre la altitud, pendiente, orientación y curvatura. El índice de Moran's mide si los datos están agrupados o dispersos, con base en dos parámetros: i) el valor de Z que representa las desviaciones estándar de los datos y ii) P que indica el nivel de probabilidad. Cuando el valor de Z es cercano a 0 indica una distribución de datos al azar, y si el valor es mayor de 0 se sugiere que los datos se agrupan por la variable que se está analizando (Bajjali, 2018) (Figura 7).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El orégano en el estado de Durango se encuentra entre altitudes de 617 – 2416 metros sobre el nivel del mar, con pendientes desde 0 – 32° con una tendencia de orientación hacia el sureste, con mayor número de individuos en sitios con curvatura convexa y en la clasificación de las topofomas de Jenness se encuentra principalmente *plains* (llanuras o planos), *canyons* (cañones), *deeply incised streams* (cañones con arroyos profundos) y *mountain tops* (cimas de montaña), *high ridges* (crestas altas).

La autocorrelación espacial (Índice de Moran Global), nos muestra resultados de la alta autocorrelación espacial de cada una de las variables medidas (Tabla 2).

Huerta (1997) reportó que esta especie se presenta en elevaciones desde 400 - 2000 m, principalmente en hábitats de suelos pedregosos, en cerros, laderas y cañadas. En cuanto a las topofomas Granados-Sánchez *et al.* (2013), lo reportan en cimas de sierras y cerros, bajadas de sierras, lomeríos, valles intermontanos y pie de monte, pero los resultados analizados muestran que en el estado de Durango, además de los hábitats mencionados se halla también en llanuras o planos, con un gran número de individuos y supera el rango de altitud llegando hasta los 2416 m.

CONCLUSIONES

El orégano es una planta muy plástica en su rango de altitud y pendiente, pero dentro de la orientación, los resultados nos dicen que muestra una tendencia hacia el sureste, que puede ser por otros factores como la radiación solar o la dirección de los vientos y como se encuentra en una curvatura convexa quiere decir que también es resistente a la falta de humedad, ya que se encuentra principalmente en las zonas áridas y semiáridas del estado de Durango (Granados-Sánchez *et al.*, 2013).

Los sistemas de información geográfica nos pueden proveer de mucha información importante, que puede servir para conocer no solo las características topográficas, sino

también su distribución y la técnica de teledetección utilizada para monitorear los cambios en la cobertura terrestre entre dos o más períodos de tiempo (Rogan *et al.*, 2002), siempre y cuando se tenga información. La gama de aplicaciones de estos modelos en el estudio de las formas de la tierra es muy variada (García, 1996).

AGRADECIMIENTOS

Al Herbario CIIDIR y a sus integrantes por haber brindado información importante para este trabajo y al Dr. Jonathan G. Escobar Flores, por transmitir su conocimiento sobre SIGs.

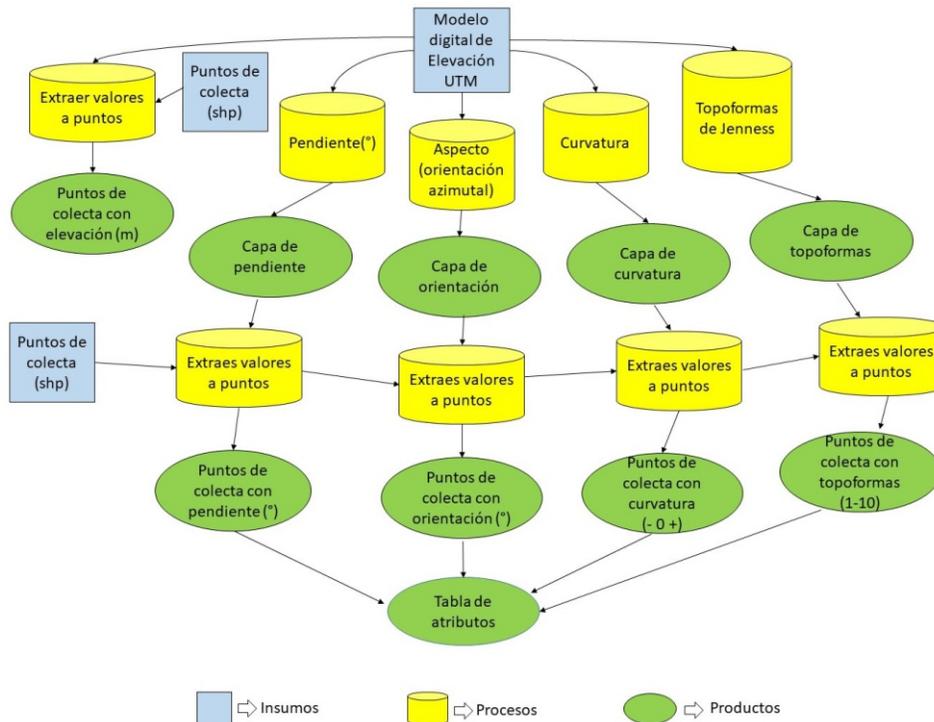


Figura 1. Diagrama de procesos

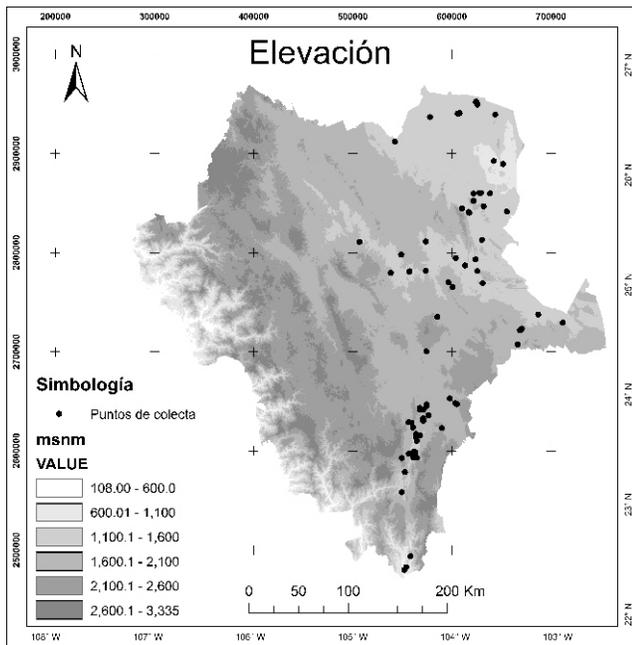


Figura 2. Mapa de elevación

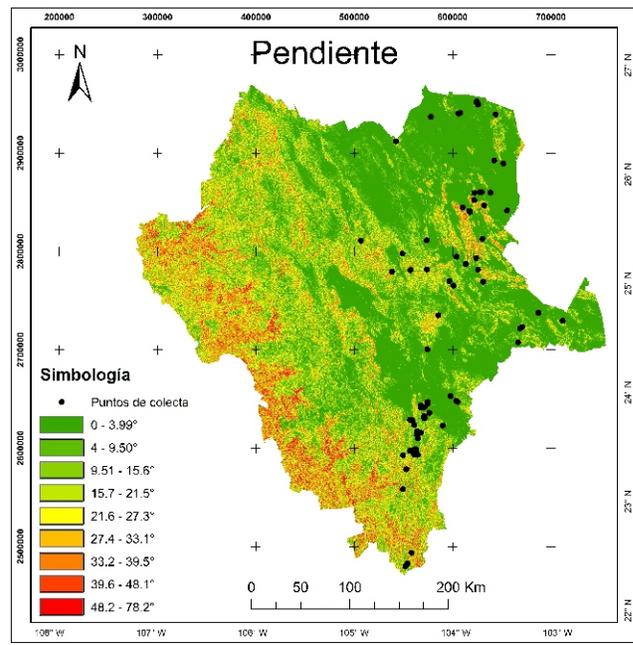


Figura 3. Mapa de pendiente

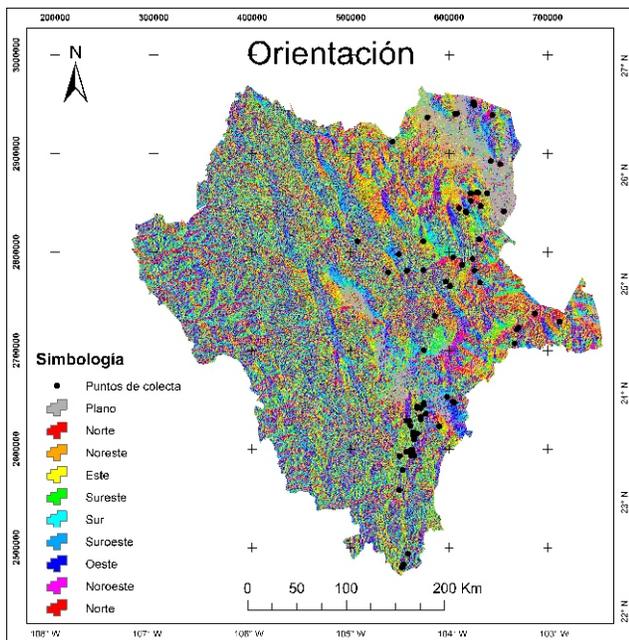


Figura 4. Mapa de orientación

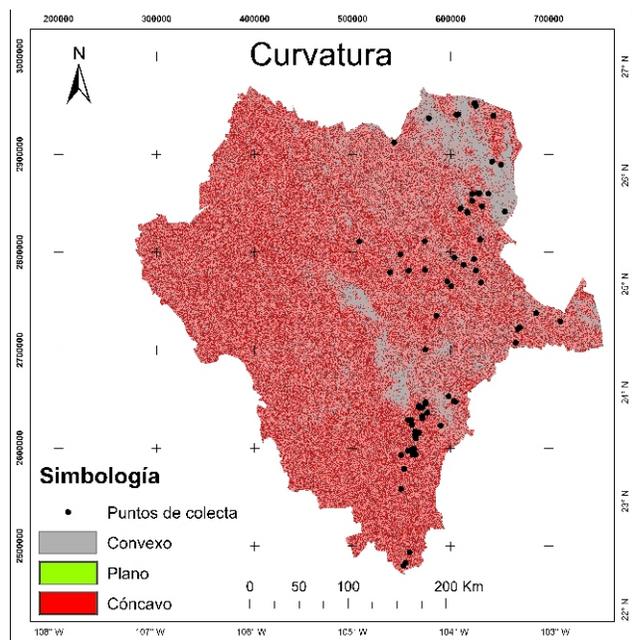


Figura 5. Mapa de curvatura

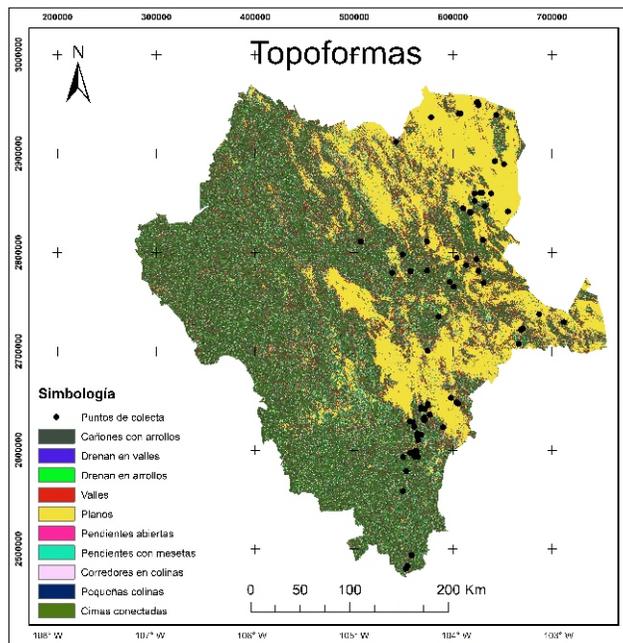


Figura 6. Mapa de topoformas

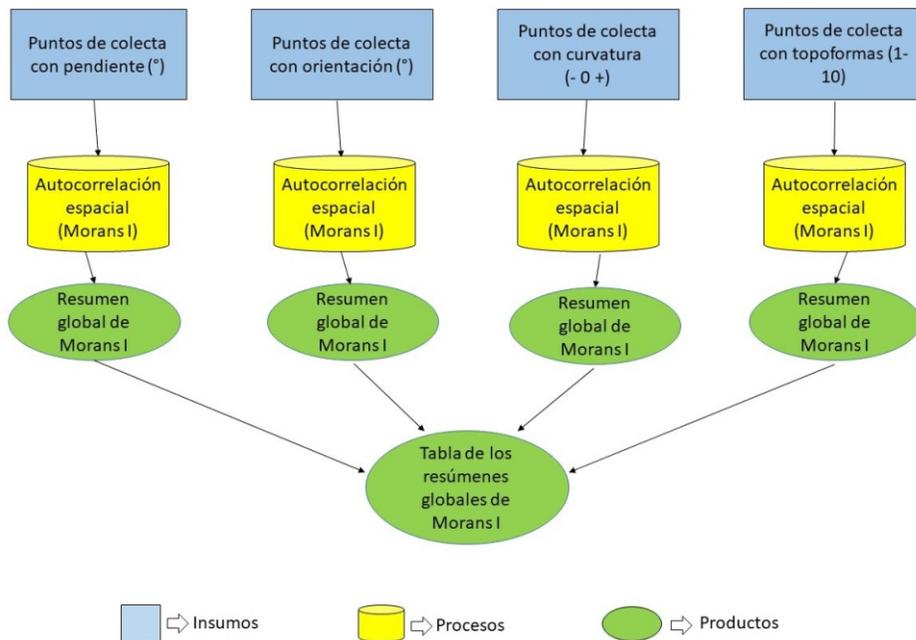


Figura 7. Diagrama de procesos

Tabla 1 (Tabla de atributos de los puntos de colecta

| id | longitud | latitud | ALTITUD (m) | PENDIENTE (°) | ORIENTACION | CURVATURA | TOPOFORMAS |
|-----|-------------|-----------|-------------|---------------|-------------|-----------|--|
| 1 | -103.747500 | 26.686667 | 1157 | 0.3 | Noroeste | Plana | Planos |
| 2 | -103.747778 | 26.686667 | 1157 | 1.0 | Oeste | Cóncavo | Planos |
| 3 | -103.747778 | 26.681111 | 1160 | 1.4 | Noroeste | Cóncavo | Planos |
| 4 | -103.555833 | 26.566944 | 1324 | 11.0 | Oeste | Convexo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 5 | -103.935556 | 26.579722 | 1143 | 7.3 | Noroeste | Convexo | Pendientes abiertas con mayor radiación solar |
| 6 | -103.735833 | 26.658889 | 1186 | 2.3 | Sur | Convexo | Planos |
| 7 | -103.738611 | 26.670278 | 1229 | 2.5 | Noreste | Cóncavo | Puentes, colinas y valles |
| 8 | -104.383333 | 23.466667 | 1471 | 13.5 | Noroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 9 | -104.383333 | 23.466667 | 1471 | 13.5 | Noroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 10 | -104.366667 | 23.600000 | 1452 | 2.1 | Sureste | Convexo | Planos |
| 11 | -104.366667 | 23.600000 | 1452 | 2.1 | Sureste | Convexo | Planos |
| 12 | -103.700000 | 25.033333 | 1419 | 5.5 | Sur | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 13 | -104.931944 | 25.415556 | 1611 | 8.5 | Este | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 14 | -104.475278 | 22.450556 | 979 | 20.5 | Suroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 15 | -103.750778 | 26.681389 | 1156 | 1.0 | Oeste | Convexo | Planos |
| 16 | -104.366667 | 23.600000 | 1452 | 2.1 | Sureste | Convexo | Planos |
| 17 | -104.383333 | 23.466667 | 1471 | 13.5 | Noroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 18 | -104.366667 | 23.600000 | 1452 | 2.1 | Sureste | Convexo | Planos |
| 19 | -104.619167 | 25.131667 | 1773 | 25.2 | Sureste | Cóncavo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 20 | -103.682222 | 25.738889 | 1280 | 10.8 | Noreste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 21 | -104.444722 | 23.770556 | 1896 | 4.6 | Este | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 22 | -104.513333 | 25.297222 | 1654 | 10.8 | Suroeste | Cóncavo | Pendientes medias con pequeñas colinas en planos |
| 23 | -104.116667 | 23.716667 | 2416 | 12.2 | Suroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 24 | -104.373056 | 23.662778 | 1640 | 3.9 | Sur | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 25 | -104.154722 | 24.728889 | 2138 | 8.3 | Oeste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 26 | -103.702778 | 25.427222 | 1211 | 2.8 | Noreste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 27 | -104.250000 | 23.833333 | 1721 | 1.1 | Noroeste | Cóncavo | Planos |
| 28 | -104.041667 | 25.043056 | 1919 | 9.2 | Noroeste | Convexo | Pendientes abiertas con mayor radiación solar |
| 29 | -104.514722 | 23.446111 | 2156 | 16.7 | Este | Cóncavo | Pendientes medias con pequeñas colinas en planos |
| 30 | -104.483333 | 23.316667 | 1736 | 12.8 | Norte | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 31 | -104.516667 | 23.133333 | 1714 | 21.1 | Oeste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 32 | -103.148889 | 24.742222 | 1458 | 0.3 | Noroeste | Plana | Planos |
| 33 | -102.904167 | 24.665556 | 1632 | 5.1 | Noreste | Plana | Pendientes abiertas con mayor radiación solar |
| 34 | -104.493889 | 22.425833 | 617 | 9.7 | Sur | Plana | Cimas conectadas en las partes altas |
| 35 | -104.300000 | 23.883333 | 1860 | 12.1 | Noreste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 36 | -104.250000 | 23.833333 | 1721 | 1.1 | Noroeste | Cóncavo | Planos |
| 37 | -104.266667 | 23.916667 | 1783 | 1.1 | Sureste | Cóncavo | Planos |
| 38 | -104.433333 | 23.483333 | 1609 | 18.1 | Sureste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 39 | -104.416667 | 23.766667 | 2082 | 12.5 | Suroeste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 40 | -104.416667 | 23.766667 | 2082 | 12.5 | Suroeste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 41 | -104.300000 | 23.783333 | 1741 | 7.5 | Sureste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 42 | -104.300000 | 23.783333 | 1741 | 7.5 | Sureste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 43 | -104.300000 | 23.783333 | 1741 | 7.5 | Sureste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 44 | -103.483333 | 26.116667 | 1094 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 45 | -103.783333 | 25.850000 | 1210 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 46 | -103.783333 | 25.783333 | 1732 | 28.5 | Noreste | Convexo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 47 | -103.833333 | 25.683333 | 1343 | 1.0 | Noreste | Convexo | Planos |
| 48 | -104.266667 | 25.416667 | 1469 | 1.0 | Este | Convexo | Planos |
| 49 | -104.000000 | 25.000000 | 1841 | 13.8 | Este | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 50 | -104.266667 | 25.150000 | 1402 | 32.0 | Suroeste | Plana | Pendientes abiertas donde hay mesetas |
| 51 | -103.333333 | 24.600000 | 1711 | 8.0 | Noroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 52 | -104.301389 | 23.804167 | 1814 | 7.1 | Sur | Cóncavo | Valles |
| 53 | -104.300000 | 23.783333 | 1741 | 7.5 | Sureste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 54 | -104.266667 | 23.933333 | 1795 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 55 | -103.982222 | 23.943056 | 2015 | 15.8 | Suroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 56 | -103.707222 | 25.856389 | 1154 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 57 | -103.576111 | 26.145278 | 1094 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 58 | -104.374167 | 23.663333 | 1651 | 8.4 | Sur | Cóncavo | Pendientes abiertas donde hay mesetas |
| 59 | -104.370000 | 23.625556 | 1515 | 9.5 | Suroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 60 | -104.400000 | 23.500000 | 1459 | 21.1 | Norte | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 61 | -104.433333 | 23.483333 | 1609 | 18.1 | Sureste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 62 | -103.356000 | 24.472583 | 1812 | 1.1 | Noroeste | Cóncavo | Planos |
| 63 | -103.827778 | 25.675000 | 1341 | 1.2 | Norte | Cóncavo | Planos |
| 64 | -104.216667 | 26.550000 | 1197 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 65 | -103.873972 | 25.196556 | 1334 | 6.2 | Norte | Convexo | Pendientes abiertas con mayor radiación solar |
| 66 | -104.266667 | 24.416667 | 2054 | 9.1 | Noreste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 67 | -104.036111 | 23.985833 | 1908 | 1.1 | Suroeste | Convexo | Valles |
| 68 | -104.400000 | 23.450000 | 1472 | 3.4 | Noroeste | Cóncavo | Pendientes abiertas donde hay mesetas |
| 69 | -104.368333 | 23.632222 | 1561 | 1.1 | Sureste | Plana | Pendientes abiertas donde hay mesetas |
| 70 | -103.616667 | 25.850000 | 1120 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 71 | -104.334722 | 23.899722 | 1941 | 1.9 | Este | Convexo | Valles |
| 72 | -104.445833 | 23.484333 | 1835 | 12.3 | Sureste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 73 | -104.369722 | 23.631944 | 1539 | 4.1 | Oeste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 74 | -104.403889 | 23.724444 | 1980 | 0.8 | Este | Cóncavo | Planos |
| 75 | -104.402222 | 23.727778 | 1959 | 2.3 | Sur | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 76 | -103.721944 | 25.856111 | 1165 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 77 | -103.900556 | 25.716889 | 1442 | 2.9 | Noreste | Convexo | Planos |
| 78 | -103.967222 | 25.265000 | 1230 | 7.1 | Noreste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 79 | -103.313333 | 24.615000 | 1656 | 13.9 | Este | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 80 | -104.304167 | 23.785556 | 1745 | 10.6 | Suroeste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 81 | -103.982222 | 23.943056 | 2015 | 15.8 | Suroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 82 | -104.333333 | 23.883333 | 1992 | 9.1 | Noreste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 83 | -103.966667 | 23.933333 | 2021 | 3.5 | Oeste | Convexo | Valles |
| 84 | -104.433333 | 23.483333 | 1609 | 18.1 | Sureste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 85 | -104.300000 | 23.783333 | 1741 | 7.5 | Sureste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 86 | -104.375000 | 23.634444 | 1552 | 9.8 | Sur | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 87 | -103.707222 | 25.856389 | 1154 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 88 | -103.450000 | 25.683333 | 1117 | 0.0 | Plana | Plana | Planos |
| 89 | -104.333611 | 23.651389 | 1527 | 9.5 | Noroeste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 90 | -104.383333 | 23.500000 | 1386 | 8.6 | Oeste | Convexo | Valles |
| 91 | -103.916667 | 26.583333 | 1125 | 1.0 | Noroeste | Convexo | Planos |
| 92 | -104.250000 | 23.833333 | 1721 | 1.1 | Noroeste | Cóncavo | Planos |
| 93 | -104.355833 | 23.649722 | 1694 | 14.1 | Noreste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 94 | -103.751944 | 25.144167 | 1373 | 6.4 | Oeste | Convexo | Valles |
| 95 | -103.747778 | 26.686667 | 1157 | 1.0 | Oeste | Cóncavo | Planos |
| 96 | -103.747778 | 26.686667 | 1157 | 1.0 | Oeste | Cóncavo | Planos |
| 97 | -104.367500 | 23.448333 | 1738 | 27.6 | Noroeste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 98 | -104.433056 | 25.143333 | 1317 | 8.2 | Sur | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 99 | -103.770000 | 25.250000 | 1206 | 5.8 | Oeste | Convexo | Pendientes abiertas con mayor radiación solar |
| 100 | -104.430278 | 25.146389 | 1321 | 9.5 | Sureste | Convexo | Cañones con arroyos que tienen profundidad |
| 101 | -104.403333 | 23.728889 | 1977 | 4.1 | Sureste | Cóncavo | Cimas conectadas en las partes altas |
| 102 | -104.574444 | 26.327778 | 1448 | 2.7 | Este | Cóncavo | Valles |
| 103 | -104.433333 | 22.550000 | 1453 | 18.1 | Sureste | Cóncavo | Pendientes abiertas con mayor radiación solar |

Tabla 2. Resumen global de Moran's I

| Resumen global de Moran's I | | | | |
|-----------------------------|-------------------|----------|--------------|------------------------|
| Análisis | Índice de Moran's | Varianza | Puntaje de Z | Nivel de significancia |
| Altitud | 0.531781 | 0.030252 | 3.113773 | 0.001847 |
| Pendiente | 0.657913 | 0.029857 | 3.864315 | 0.000111 |
| Orientación | 0.629764 | 0.030520 | 3.660969 | 0.000251 |
| Curvatura | 0.867016 | 0.029031 | 5.146095 | 0.000000 |
| Topoformas | 1.022965 | 0.030482 | 5.915369 | 0.000000 |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ArcGIS, E. S. R. I. (2012). 10.1. Redlands, California: ESRI.
- Bajjali, W. (2018). Geostatistical Analysis. In: ArcGIS for Environmental and Water Issues Springer. pp. 247-26.
- Carmona, A., y Monsalve, J. (2004). Sistemas de información geográficos. En: Congreso de Ingeniería de Sistemas en la Universidad San Buenaventura de Medellín Colombia.
- García, C. C. (1996). Áreas de aplicación medioambiental de los 'SIG'. Modelización y avances recientes. Papeles de Geografía, (23-24), 101-115.
- González-Elizondo, M.S., González-Elizondo, M., López-Enríquez, I.L., Tena-Flores, J.A., Retana-Rentería, F.A. Ruacho-González, L. y González-Güereca, M.C. (2011). *Lippia graveolens* ¿Especie o complejo de especies? Memorias V Reunión Nacional de orégano y otras aromáticas. CIIDIR-IPN Unidad Durango y Asociación Científica del Orégano. Durango, Dgo. pp. 11-22.
- Granados-Sánchez, D., Martínez-Salvador, M., López-Ríos, G. F., y Rodríguez-Yam, G. A. (2013). Ecología, aprovechamiento y comercialización del orégano (*Lippia graveolens* HBK) en Mapimí, Durango. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, 19(2), 305-322.
- Huerta, C. 1997. Orégano mexicano: oro vegetal. CONABIO. Biodiversitas 15:8-13
- López-Enríquez, I. L., González-Elizondo, M.S, González-Elizondo, M., Ruacho-González, L., Retana-Rentería, F.I. y Tena-Flores, J. A. (2011). Distribución Geográfica de las Especies de Oréganos en Durango. Memorias V Reunión Nacional de orégano y otras aromáticas. CIIDIR IPN y Asociación Científica del Orégano. Durango, Dgo. pp. 23-32.
- Rogan, J., Franklin, J. and Roberts, D. A. (2002). A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper imagery. Remote Sensing of Environment, 80(1), 143-156.
- Tagil, S. and Jenness, J. (2008). GIS-based automated landform classification and topographic, landcover and geologic attributes of landforms around the Yazoren Polje, Turkey. Journal of Applied Sciences, 8(6), 910-921.

HORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) URBANAS Y SUBURBANAS DE LA CIUDAD DE DURANGO, DURANGO, MÉXICO

Miguel Angel Soto-Cárdenas¹, Isaías Chairez-Hernández^{2*}, Dania Melissa Vega-Hernández¹, José Israel Martínez-Rivera¹, Laura Anabel Páez-Olivan¹, Jaime Herrera-Gamboa¹

1 Estudiantes de Doctorado en Biotecnología, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, del Instituto Politécnico Nacional. Sigma 119, Fraccionamiento 20 de noviembre II, Durango, Dgo., 34220. Tel/Fax: 618 814 2091

2 Profesor-Investigador, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, del Instituto Politécnico Nacional. Sigma 119, Fraccionamiento 20 de noviembre II, Durango, Dgo., 34220. Tel/Fax: 618 814 2091
Correo electrónico: miguelsoto06@hotmail.com

RESUMEN

La urbanización es una de las actividades que mayor impacto tiene en los ecosistemas, dando lugar a cambios en el hábitat; además, esta ayuda a que especies exóticas se establezcan desplazando a las especies nativas. Entre el 19-22 de abril de 2017, se realizaron colectas de manera directa de hormigas, en dos zonas (urbana y suburbana) de la Ciudad Victoria de Durango obteniendo un total 844 individuos, pertenecientes a 17 especies y morfoespecies de diversos hábitos alimenticios. La morfoespecie con una mayor abundancia relativa fue *Pheidole* sp.1 (25%). Se encontró que algunas especies se encuentran presentes solamente en zonas urbanas o suburbanas, mientras que, algunas otras se presentaron en ambas zonas.

ABSTRACT

Urbanization is one of the activities that has the greatest impact on ecosystems, leading to changes in the habitat, in addition, this helps exotic species to be established by displacing native species, resulting in a homogenization of biodiversity. Between 19th of April 2017 through 22th, ants were directly collected in two areas (urban and suburban) of Victoria de Durango City obtaining a total of 17 species and morphospecies of different eating habits. The morphospecies with a greater relative abundance was *Pheidole* sp.1 (25%). It was found that some species are present only in urban or suburban areas, while some others were present in both areas.

INTRODUCCIÓN

Entre las actividades antropogénicas, la urbanización es una de las cuales impacta de manera directa los ecosistemas, ya que esta da a lugar cambios en el hábitat, debido a la construcción de edificaciones y cambios en la cobertura vegetal, principalmente por el recubrimiento con concreto de caminos y carreteras (McKinney, 2002). De acuerdo con Blair (2001), la urbanización ayuda a que especies exóticas se establezcan en estas áreas, y como resultado de esto, se homogeneiza la biodiversidad y la reducción de especies nativas.

Dentro de la naturaleza las hormigas son uno de los insectos más abundantes contando con 16,028 especies, distribuidas alrededor del mundo (AntWeb, 2018).

PALABRAS CLAVE:

Urbanización,
morfoespecie,
abundancia.

KEY WORDS:

Urbanization,
morphospecies,
abundance.

Además, dentro de los ecosistemas naturales, éstas, constituyen un componente de gran importancia ya que participan en varios roles, actuando como depredadoras, carroñeras, presas y detritívoras (Fernández 2003; Hölldobler y Wilson, 1990; Vásquez-Bolaños 2015). Por otro lado, en ambientes urbanos, juegan diversos roles tales como, limpieza, detritívoras y barrido de material orgánico (Frankie y Ehler, 1978). Según González y Janda (2016), se ha observado que en sitios que no presentan una composición de hormigas en ambientes urbanos, estos presentan una mayor acumulación de carroña, además que, su descomposición es más lenta. Por otra parte, estudios como el de Holway *et al.* (2002) y Carpintero *et al.* (2004), han demostrado que varias especies de hormigas invasoras prosperan en ambientes urbanos y perturbados.

El objetivo de este trabajo fue conocer la composición de especies de hormigas de dos áreas (urbana y suburbana) de la Ciudad Victoria de Durango, Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El presente trabajo se realizó en la Ciudad Victoria de Durango, la cual se encuentra entre las coordenadas geográficas, 26°26' al norte y 23°29' al sur, de latitud norte y entre los meridianos al este 104°06' y al oeste 105°34' latitud oeste con relación al Meridiano de Greenwich (INEGI, 2010) (Figura 1).

Colecta de ejemplares. Los ejemplares fueron colectados de manera directa utilizando pinzas entomológicas, hisopos de algodón y pinceles, evitando el maltrato de los mismos, del 19-22 de abril de 2017, de las 9am-12pm y entre las 14pm-17pm, con ello evitando los momentos de baja actividad de las hormigas. Los sitios de muestreo fueron tomados de Soto-Cárdenas *et al.*, 2018, dirigido a ocho sitios de muestreo. Se buscaron los nidos y los individuos que se encontraban forrajeando, además se buscó bajo piedras, hojarasca y arboles hasta una altura de 1.70 m., los ejemplares fueron depositados en frascos que contenían 5 mL de etanol al 96% (Moreira 2012).

Identificación taxonómica. Para determinar las especies encontradas mediante el muestreo se utilizó literatura especializada (AntWiki, 2018; Del Toro *et al.* 2009; Mackay y Mackay 1989; Mackay y Mackay 2002; Mackay y Mackay 2017). Los ejemplares se encuentran depositados en la Colección Entomológica del Centro de Estudios en Zoología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Además, se cuantificaron los ejemplares y se obtuvo la abundancia relativa de las especies y morfoespecies encontradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se colectaron 844 individuos dentro de un total de 17 especies y morfoespecies, los individuos colectados pertenecen a la casta obrera y soldados, entre las especies colectadas, se encontró que algunas están presentes tanto en la zona urbana, como en, la zona suburbana, esto debido a que géneros como *Camponotus* y *Dorymyrmex* son forrajeros generalistas y se adaptan mejor a ambas condiciones (Ríos-Casanova *et al.*, 2004; González y Janda, 2016), así como también algunas se encuentran solamente en la periferia o en la zona urbana, debido a sus diferentes hábitos de forrajeo (Hölldobler y Wilson, 1990), también se observó que *Pogonomyrmex rugosus* Emery, 1895 se encuentra presente tanto en el ambiente urbano y suburbano, lo que indica que esta especie tiene afinidad por ambos y se ha adaptado a estos ecosistemas (Cuadro 1).

De las 17 especies y morfoespecies encontradas la más abundante fue *Pheidole* sp.1, según Ward (2000) y Ward (2010), este género está ampliamente distribuido alrededor del mundo por lo que su presencia dentro de la zona urbana así como fuera de esta cumple los patrones mundiales reportados por el autor antes mencionado. Otra de las especies que posee una abundancia relativa alta, es *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804), la cual fue encontrada en la zona urbana, esto se debe a que esta especie prefiere anidar en campos abiertos o claros soleados (Antwiki, 2018). Además, se ha observado a *S. geminata* como un depredador y granívoro con alta abundancia en ecosistemas urbanos (Vásquez *et al.*, 2009; Simonetti *et al.*, 2010). También se encuentran las especies *Forelius mackooki* (McCook, 1880) y *P. rugosus* Emery, 1895 con mayor abundancia relativa (Figura 2).

Una de las especies encontrada *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802), se encuentra catalogada como especie invasora (iucngisd,2018), la cual es afín a ecosistemas altamente degradados y por ende, tienen una mayor tasa de prosperidad en los ecosistemas urbanos, además que, se ha demostrado que las especies invasoras desplazan a las especies nativas que no son capaces de competir por los recursos con estas especies (Agosti *et al.*, 2000; Holway *et al.*, 2002; Carpintero *et al.*, 2004; Angilletta *et al.*, 2007; González y Janda, 2016).

CONCLUSIONES

Las especies encontradas en su mayoría, están presentes en la zona urbana, aunado a esto los resultados arrojados muestran que los patrones mundiales del género *Pheidole* también se cumplen en zonas urbanas.

El número de especies encontradas en el área de estudio puede incrementarse al realizar un mayor número de muestreos, con lo que se podría incrementar el conocimiento de la mirmecofauna urbana y suburbana de la Ciudad Victoria de Durango.

Es necesario prestar atención y dirigir esfuerzos a conocer la distribución espacial y temporal de especies invasoras como *P. longicornis* para observar hasta dónde llega esta.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional, por el apoyo al proyecto SIP 20170564 y a todos los involucrados por su ayuda y comentarios certeros.



Figura 1. Relación de los puntos de muestreos urbanos y suburbanos en la Ciudad Victoria de Durango.

Tabla 1. Especies presentes en el área de estudio (la letra X indica presencia).

| Subfamilia | Especie | Urbana | Suburbana |
|----------------|---|--------|-----------|
| Myrmicinae | <i>Atta mexicana</i> (Smith, 1858) | X | X |
| Formicinae | <i>Brachymyrmex</i> sp. | X | |
| Formicinae | <i>Camponotus festinatus</i> (Buckley, 1866) | X | X |
| Myrmicinae | <i>Crematogaster dentinodis</i> Forel, 1901 | | X |
| Dolichoderinae | <i>Dorymyrmex</i> sp. | X | X |
| Dolichoderinae | <i>Forelius mackooki</i> (McCook, 1880) | X | |
| Dolichoderinae | <i>Liometopum piculatum</i> Mayr, 1870 | | X |
| Myrmicinae | <i>Monomorium minimum</i> (Buckley, 1866) | X | |
| Formicinae | <i>Myrmecocystus mimicus</i> Wheeler, 1908 | | X |
| Formicinae | <i>Nylanderia</i> sp. | X | |
| Ponerinae | <i>Odontumachus clarus</i> Wheeler, 1915 | X | |
| Formicinae | <i>Paratrechina longicornis</i> , (Latreille, 1802) | X | |
| Myrmicinae | <i>Pheidole</i> sp. 1 | X | X |
| Myrmicinae | <i>Pheidole</i> sp. 2 | | X |
| Myrmicinae | <i>Pogonomyrmex rugosus</i> Emery, 1895 | X | X |
| Myrmicinae | <i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804) | X | |
| Myrmicinae | <i>Temnothorax</i> sp. | | X |

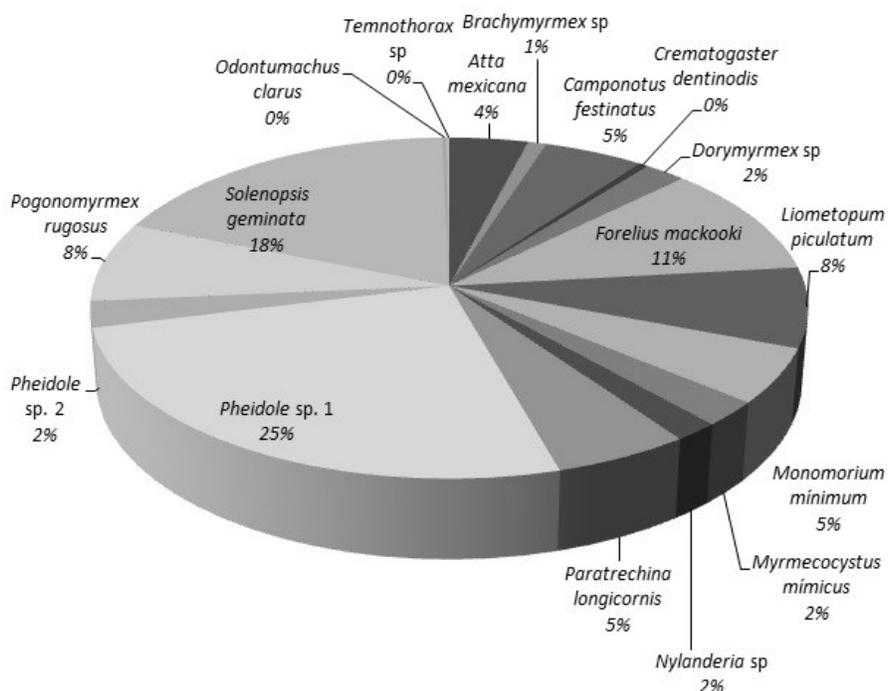


Figura 2. Abundancia relativa de hormigas urbanas y suburbanas en la Ciudad Victoria de Durango.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agosti, D. M., Alonso, J. D., Schultz, L. E., and Ted, R. 2000. *Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution Press. pp. 207-269.
- Alfonso Simonetti, J., Matienzo Brito, Y., & Vázquez Moreno, L. L. 2010. Fauna de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a un sistema de producción agrícola urbano. *Fitosanidad*, 14(3): 153-158.
- Angilletta, J., Wilson, R. S., Niehaus, A. C., Sears, M. W., Navas, C. A., and Ribeiro, P. L. 2007. Urban physiology: city ants possess high heat tolerance. *PLoS One*, 2(2), e258.
- AntWeb. 2018. *AntWeb*. <https://www.antweb.org/>, Consulta : 4 de Abril de 2018
- AntWiki. 2017a. *AntWiki.org*. http://www.antwiki.org/wiki/Paratrechina_longicornis Consulta : 7 de Abril de 2018
- AntWiki. 2017b. *AntWiki.org*. http://www.antwiki.org/wiki/Solenopsis_geminata Consulta: 7 de Abril de 2018
- Blair, R. B. 2001. *Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the United States: is urbanization creating a homogeneous fauna?*. Springer, Boston, MA.
- Carpintero, S., Reyes-Lopez, J., & de Reyna, L. A. 2004. Impact of human dwellings on the distribution of the exotic Argentine ant: a case study in the Doñana National Park, Spain. *Biological Conservation*, 115(2): 279-289.
- Del Toro, I.; Pacheco, J. A.; Mackay, W. P. 2009. Revision of the Ant Genus *Liometopum* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 53: 299-369.
- Fernández, F. (ed.). 2003. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 424 p.
- Frankie, G. W., and Ehler, L. E. 1978. Ecology of insects in urban environments. *Annual Review of Entomology*, 23(1), 367-387.
- Hölldobler, B.; Wilson, E. O. 1990. *The ants*. Harvard University Press. Massachusetts.
- Holway, D. A., Lach, L., Suarez, A. V., Tsutsui, N. D., & Case, T. J. (2002). The causes and consequences of ant invasions. *Annual review of ecology and systematics*, 33(1), 181-233.
- INEGI. 2010. *inegi.org* http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/panora_socio_dgo/702825003352.pdf, Consulta : 1 de Abril de 2018
- IUCNGISD. (2018). *iucngisd.org*. <http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Paratrechina+ongicornis>, Consulta : 4 de Abril de 2018
- Mackay, W. P. y Mackay, E. 1989. Clave de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae). En *Memorias del II Simposio Nacional de Insectos Sociales*. Oaxtepec. Morelos.
- Mackay, W. P. y Mackay, E. E. 2002. *The ants of New Mexico* (Hymenoptera: Formicidae). The Edwin Mellen Press. Lewiston, New York, U. S. A.
- Mackay, W. P. y Mackay, E. E. 2017. UTEP Biodiversity collections. Disponible en: <http://www.utep.edu/leb/ants/Camponotus.htm> [Fecha revisión: 13 mayo 2017].
- McKinney, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *BioScience*, 52(10), 883-890.
- Moreira, F. M. 2012. *Manual de biología de suelos tropicales*. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- Ríos-Casanova, L., Valiente-Banuet, A., & Rico-Gray, V. 2004. Las hormigas del Valle de Tehuacán (Hymenoptera: Formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(1): 37-54.
- Soto-Cárdenas, M., Vázquez-Bolaños, M., García-Gutiérrez, C., Correa-Ramírez, M., Torres-Ricario, R., González-Güereca, C. y Chairez, Hernández, I. 2018. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Durango, México. Manuscrito entregado para la publicación.
- Vásquez, L., Matienzo, Y., Alfonso, J., Moreno, D., y Álvarez, A. 2009. Diversidad de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en cafetales afectados por *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Fitosanidad*, 13(3), 163-168.
- Ward, P. S. 2000. Broad scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. p. 99-121. En: Agosti, D.; Majer, J. D.; Alonso, L. E.; Schultz, T. R. (eds.). *Ants, standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 304 p.
- Ward, P. S. 2010. Taxonomy, phylogenetics, and evolution. p. 3-17. En: Lach, L.; Parr, C. L.; Abbott, K. L. (eds.). *Ant ecology*. Oxford University Press. Oxford. 402 p.

PROPUESTA DE CAUDAL ECOLÓGICO DE UN TRAMO REPRESENTATIVO DEL RÍO EL TUNAL, DURANGO, MÉXICO

Jaciel Rubio Cardoza¹ Heriberto Ávila González¹

¹Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, Sigma #119, Fracc. 20 de Noviembre II, C.P. 34220, Durango, Durango, México.
rubiojaciel@gmail.com

RESUMEN

La regulación de las corrientes fluviales es un proceso que cada vez adquiere mayor relevancia conforme la sociedad expande e intensifica la explotación de los bienes y servicios que proporcionan estos sistemas. Las propuestas de caudal ecológico son un instrumento de gestión que permite regular el manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos; éste establece la cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos y la resiliencia del ecosistema ripario. En tal sentido, la aplicación del método Tennant en el río Tunal ayudó a identificar los niveles de caudales recomendados con base en los datos históricos de precipitación. A partir de diversas proporciones de los caudales medios se obtuvo una aproximación rápida y económica de los caudales ecológicos, los cuales se consideraron como un porcentaje del caudal medio anual.

ABSTRACT

The regulation of the river flows is a process progressively reaching more relevance as the society increases and intensifies the exploitation of the goods and services provided by these systems. The proposals of ecological flow are management tools that allow regulation of an integrated and sustainable management of water resources; this sets the amount and rate of water flow required to keep the riparian ecosystems components, functions, processes, and resilience. In this regard, the Tennant method applied to Tunal River helped to identify the different levels recommended for flow rates in base to the historical data of precipitation. A quick and cost-effectively approximation of the ecological flows was obtained using different portions of the average annual flow rate.

INTRODUCCIÓN

Varios encuentros internacionales (Cumbre de la Tierra 1992, Segundo Foro Mundial del Agua 2002, Tercer Foro Mundial del Agua 2003) han detectado la necesidad de asegurar la integridad de los ecosistemas a través de un manejo integral del agua para bien de las generaciones futuras. En la conferencia de desarrollo sostenible de Johannesburgo en el año 2002, se enfatizó la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso del recurso agua y promover su asignación dando prioridad a la satisfacción de necesidades básicas humanas (agua potable, agricultura e industria), pero sin amenazar los requisitos para conservar y restaurar los ecosistemas y sus funciones (en particular los ambientes frágiles).

La importancia de la regulación del caudal de los ríos y arroyos va en incremento desde que la sociedad comenzó a explotar los bienes y servicios que proporcionan estos sistemas. Las corrientes de agua abastecen las demandas hídricas ligadas al abastecimiento humano, la generación hidroeléctrica, y las actividades agropecuarias, forestales e industriales (Hernández y Burbano, 2007).

PALABRAS CLAVE:

Recursos hídricos, Método Tennant, Datos de precipitación.

KEY WORDS:

Water resources, Tennant method, Precipitation data.

El manejo adecuado de esta clase de sistemas permite que las sociedades se beneficien de bienes y servicios ambientales. Así, un régimen de caudales respetuoso de los sistemas naturales evitaría variaciones inadmisibles en los parámetros abióticos (velocidad, profundidad, características físico-químicas del agua, etc.), de manera que se conserve lo mejor posible el ecosistema fluvial originario en su conjunto (fauna piscícola, macro y microinvertebrados, vegetación de ribera) (González y Banderas, 2011).

Ward y Tockner (2001) y Arthington *et al.* (2006) señalan que la alteración de los regímenes de caudales constituye una amenaza continua a la sustentabilidad ecológica de los ríos, zonas de inundación y humedales asociados, y se ha documentado ampliamente que la alteración en los regímenes de caudales afecta a la biodiversidad acuática en los ríos y corrientes de agua de cinco maneras principales:

1. Los caudales como determinante principal de las condiciones físicas en los ríos, son el factor de mayor importancia en la composición biótica.

2. El caudal influye los hábitats, distribución y abundancia de la biota de manera diferencial a escala de cuenca y de segmento.

3. La variación natural del régimen del caudal constituye una presión selectiva sobre las estrategias de vida de los organismos presentes; por tanto, las alteraciones del régimen puede conducir a la pérdida de especies nativas.

4. El mantenimiento de los patrones naturales de conectividad longitudinal y lateral es esencial para la viabilidad de las poblaciones de muchas especies ribereñas.

5. La introducción e invasión de especies exóticas en los ríos es facilitada por la modificación del régimen de caudales.

En términos generales, algunas metodologías para el cálculo de caudal ecológico entran en la clasificación de métodos estrictamente hidrológicos, basados en registros de caudales. Estos métodos fueron muy utilizados en los años 80 y 90, actualmente se consideran poco integrales ya que no toman en cuenta variables biológicas ni funcionales de los ecosistemas fluviales y tampoco factores socioeconómicos. Otra clasificación son los criterios hidráulicos o hidráulico-biológicos; éstos se basan en estudios morfo-hidráulicos que determinan el hábitat de una comunidad acuática específica, se han trabajado principalmente con peces. Sin embargo, tales metodologías han perdido la atención y son considerados como métodos de "segunda generación" (Pizarro, 2004).

Por otra parte, algunos de los enfoques para establecer un caudal ambiental se pueden categorizar según la relación con la condición de la propuesta, ya sea porque se cumpla un porcentaje del caudal promedio, se establezca un umbral mínimo o un régimen de caudal que asemeja el caudal natural.

Para regular los caudales y conservar el hábitat ribereño, los métodos hidrológicos son los más empleados en los países en vías de desarrollo, como por ejemplo en México (García *et al.*, 1999) y en Nepal (Smakhtin, 2001). La principal desventaja de los anteriores es que la significancia ecológica de las estadísticas hidrológicas no es clara. El mejor método conocido de ellos es el de Tennant, que fue desarrollado en Estados Unidos de Norteamérica (Smakhtin, 2001 y Stewardson, 2005), y es ampliamente usado en la planeación a nivel de cuencas hidrográficas (Santacruz-León y M. Aguilar-Robledo, 2009). Actualmente se emplea, en su forma original o modificado, en 25 países (Moore, 2004 y Pyrcce, 2004). En tal sentido, este método identifica diferentes niveles de caudales recomendados como adecuados para la vida acuática con base en diversas proporciones de los caudales medios (Smakhtin, 2001; Santacruz-León y M. Aguilar-Robledo, 2009, y Stewardson, 2005), proporciona de manera rápida y económica una aproximación de los caudales ecológicos, considerando a éstos como un porcentaje del caudal medio anual (Pyrcce, 2004).

El método divide el año en dos períodos, en cada uno de los cuales se recomiendan unos porcentajes del caudal medio interanual para lograr una calidad de hábitat fluvial determinada. De esta forma se reconoce que existe una relación entre los niveles de caudal y las características del hábitat existente de variabilidad temporal (Cuadro 1; King y Brown, 1996).

El río El Tunal tiene una gran importancia para los habitantes de la región suroeste de la ciudad de Durango, es un lugar de esparcimiento y recreación. Es una fuente importante de recursos hídricos para pobladores de zonas aledañas para cubrir sus necesidades y desarrollar actividades tales como la agricultura de riego, la cual es una de las actividades más tradicionales de la zona. De igual forma se encuentran asociadas a este río importantes comunidades vegetales y animales que cumplen importantes funciones dentro del ecosistema (Rodríguez-Téllez *et al.*, 2012).

Por lo anterior, una propuesta del caudal ecológico de una sección del río Tunal, será un instrumento de gestión que permita regular un manejo integrado y sostenible de sus recursos hídricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la estimación de los caudales ecológicos en el río el Tunal se utilizó el método Tennant para analizar la variación espacio-temporal. Se emplea este método ya que es práctico, sencillo, económico, además de que no requiere personal especializado para su aplicación porque sólo se utilizan datos de estaciones hidrométricas (o pluviométricas) para la obtención de la distribución mensual del caudal ecológico (García, *et al.*, 1999) y así, se puede constituir en una aproximación a los caudales ecológicos establecidos en la legislación ambiental mexicana.

El método Tennant establece los siguientes criterios:

1) el 10 % del caudal medio anual es el mínimo recomendable para mantener un hábitat que permite en un corto plazo la sobrevivencia de la mayoría de las formas de vida acuática, 2) el 30 % del caudal medio anual es recomendable para mantener un hábitat adecuado para la sobrevivencia de las diversas formas de vida acuática, 3) el 60 % del caudal medio anual es recomendable para generar un hábitat de características excelentes a excepcionales para la mayoría de las formas de vida acuática, durante los períodos de crecimiento iniciales (García *et al.*, 1999; Pyrcce, 2004; Maunder y Hindley, 2005). El cálculo del caudal ecológico se basó en registros históricos de caudal mensuales a partir de los cuales se obtuvo un caudal mínimo en base a los percentiles 10 y 90 de los datos de precipitación de la serie 1961-2006. Esta metodología se fundamenta en la relación estricta que existe entre el régimen hidrológico y el ecosistema de estudio, puesto que las especies dentro del río se han adaptado y acostumbrado a las variaciones del caudal (Díez, 2000).

Para la determinación del caudal ecológico en un tramo representativo del río El Tunal se emplearon los caudales máximos y mínimos (percentil 10 y 90) mensuales de la serie 1961-2006 así como el caudal mensual para estación de secas (Tabla 3)* y estación de lluvias (Tabla 4)* correspondientes a la estación hidrométrica "El Pueblito" con clave 11036. La anterior se ubica sobre el río El Tunal a 1.2 Km aguas abajo de la presa Guadalupe Victoria, 750 m aguas abajo de la derivación del canal La Fábrica, y unos 12 km al sureste de la Ciudad de Durango.

En la caracterización del régimen hidrológico en la estación de secas se utilizó la variación en la metodología de Tennant (1976) para zonas tropicales y subtropicales de México que señala que la temporada de secas es de noviembre a abril, y la estación de lluvias de mayo a octubre.

Para la propuesta de caudal ecológico se tomaron en cuenta los criterios de variación de porcentajes que se muestran en la Tabla 1 y el cálculo de los percentiles 10 y 90 mensuales de todos los años de la serie de datos de la estación "El Pueblito" (Tabla 5)*.

Con los criterios de variación de porcentaje de caudal medio establecidos y calculados los caudales máximos y mínimos y determinado el caudal medio anual, se realizó la propuesta de caudal ecológico

RESULTADOS

Con base en los datos históricos correspondientes a la estación hidrométrica "El Pueblito", se calculó el caudal anual mínimo (10%) y máximo (90%) de la serie 1961-2006 (Figura 1).

Con el cálculo de caudales máximos y mínimos según los percentiles 10 y 90 se propuso un caudal medio mensual de 1961 al año 2006 que fue de 3.966 (m³/s); aquí se tomaron en cuenta las variaciones del porcentaje de caudal medio (Tabla 1) donde se aplicaron las adaptaciones de la metodología en los ríos de México (zonas tropicales y subtropicales) para determinar los requerimientos de cantidad y calidad del agua necesaria para los ecosistemas locales, basados en estudios de caso sobre el comportamiento de la biota acuática de diferentes regiones y cauces mexicanos, y considerando la variación climática estacional para estas zonas (Tennant 1976), quedando como base un porcentaje mínimo del 10% (0.397m³/s), bueno 20-40% (0.793m³/s), excelente 30-50% (1.190m³/s) y excepcional 40-60% (2.380m³/s) (Tabla 2).

*NOTA: Para la consulta de las Tablas 3, 4 y 5 ponerse en contacto con el autor. Con esto se busca que se libere la cantidad de agua propuesta en la presa Guadalupe Victoria, para generar un hábitat de características excepcionales para la mayoría de las formas de vida acuática.

DISCUSIÓN

A pesar de las implementaciones en legislación en materia de la eficiencia del recurso hídrico en México por parte de los encuentros internacionales como la Cumbre de la Tierra en 1992, Segundo Foro Mundial del Agua en 2002, Conferencia de Desarrollo Sostenible de Johannesburgo en 2002 y Tercer Foro Mundial del Agua en 2003, a poco ríos se les ha fijado un caudal ecológico ya sea por un método u otro.

En el periodo de 2004 a 2013, se realizaron estudios para estimar el caudal ecológico en 10 cuencas hidrológicas de México. Tales estudios se concentraron en las regiones Noroeste, Norte y Centro-Sur (Figura 2). La localización de los estudios refleja el interés de los investigadores en una cuenca en particular, por lo que se reconoce que aún son limitados los estudios en México para determinar con precisión el caudal ecológico de las corrientes superficiales (Bustamante-González *et al.*, 2014; Cortés *et al.*, 2012).

El método de Tennant ha sido empleado en los Estados Unidos y otros países conforme a la aplicación clásica, esto es, usando caudales medios anuales para calcular los caudales ecológicos.

Sin embargo, en consideración de la gran variabilidad de los caudales de los ríos de México, así como la concentración de los escurrimientos en pocos meses del año, se considera más adecuado para México, utilizar los caudales medios mensuales en lugar de los anuales (Tennant 1976).

Los caudales en los ríos de todo el mundo son modificados a través de la construcción de presas, embalses, bordos, etc., para el suministro agrícola y urbano. Esto ha generado impactos significativos que reducen, en general, la magnitud y periodicidad del cauce. Se consideran en el mundo aproximadamente cincuenta mil grandes presas, lo que representa que el 60% de los ríos del planeta se encuentran alterados de manera importante (Raven et al., 2000).

En México se estiman ocho mil presas y diques, 667 de las cuales son consideradas grandes presas. Lo anterior ubica al país como el segundo en poseer el mayor número de presas en Latinoamérica y el doceavo en el mundo (ICOLD, 2000).

Por ello las propuestas de caudal ecológico son la alternativa que busca el equilibrio entre las necesidades del ambiente y las humanas, reconociendo que para conservar la diversidad y los bienes y servicios ambientales, se debe considerar la variabilidad de los caudales naturales ya que son lo que mantienen la salud y resiliencia de los sistemas naturales acuáticos.

CONCLUSIONES

El conocimiento de la variación espacial y temporal de los caudales ecológicos es muy importante, ya que es el reflejo de que se están presentando acciones humanas que provocan la disminución de los flujos naturales, en el estudio que se realizó en el tramo del Río El Tunal, comprendido entre la presa Gral. Guadalupe Victoria y el poblado La Ferrería. Se debe tener en cuenta que se trata de una primera propuesta que deberá ir siendo afinada por el administrador de la corriente específica, considerando que la cantidad de agua sea suficiente; sin embargo, se debe tomar en cuenta que el caudal ecológico no especifica calidad del agua, sólo cantidad o volumen de agua.

Tabla 1. Variación temporal en porcentaje del caudal medio anual definido para mantener diferentes niveles de calidad del hábitat

| Categoría de Caudal Ecológico | Recomendación del régimen de caudal base (% medio anual) | |
|-------------------------------|--|--------------|
| | Noviembre-Abril | Mayo-Octubre |
| Abundante | 200 | 200 |
| Rango óptimo | 60-100 | 60-100 |
| Excepcional | 40 | 60 |
| Excelente | 30 | 50 |
| Bueno | 20 | 40 |
| Degradación | 10 | 30 |
| Pobre o mínimo | 10 | 10 |
| Degradación severa | <10 | <10 |

Tabla 2. Propuesta de caudal ecológico de un tramo representativo del río El Tunal Durango, México

| MES | Percentil 10 | Percentil 90 | Caudal medio (m ³ /s) | Caudales ecológicos | | | |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------|------------------|--------------------|
| | Caudal_Min (m ³ /s) | Caudal_Max (m ³ /s) | | Mínimo 10 | Bueno 20-40% | Excelente 30-50% | Excepcional 40-60% |
| | ENE | 0.057 | | 2.465 | 3.280 | 0.397 | 0.793 |
| FEB | 0.141 | 2.085 | 1.523 | 0.397 | 0.793 | 1.190 | 1.586 |
| MAR | 0.641 | 3.288 | 1.728 | 0.397 | 0.793 | 1.190 | 1.586 |
| ABR | 1.367 | 6.064 | 3.930 | 0.397 | 0.793 | 1.190 | 1.586 |
| MAY | 2.271 | 6.370 | 4.353 | 0.397 | 0.793 | 1.190 | 1.586 |
| JUN | 0.764 | 3.884 | 2.453 | 0.397 | 1.586 | 1.983 | 2.380 |
| JUL | 0.322 | 9.148 | 3.552 | 0.397 | 1.586 | 1.983 | 2.380 |
| AGO | 0.820 | 33.826 | 8.867 | 0.397 | 1.586 | 1.983 | 2.380 |
| SEP | 0.665 | 38.400 | 11.239 | 0.397 | 1.586 | 1.983 | 2.380 |
| OCT | 0.169 | 9.862 | 4.849 | 0.397 | 1.586 | 1.983 | 2.380 |
| NOV | 0.057 | 2.465 | 1.042 | 0.397 | 0.793 | 1.190 | 1.586 |
| DIC | 0.000 | 1.420 | 0.780 | 0.397 | 0.793 | 1.190 | 1.586 |
| Promedio | | | 3.966 | | | | |

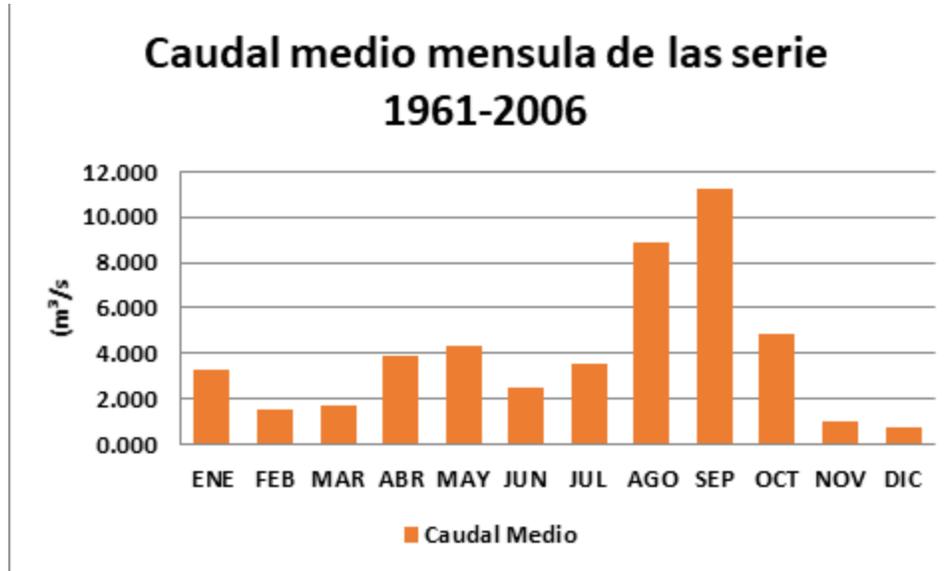


Figura 1. Caudal medio anual de la serie 1961-2006 de la estación hidrométrica "El Pueblito" con clave 11036 (Fuente: Rubio-Cardoza, J., 2012)

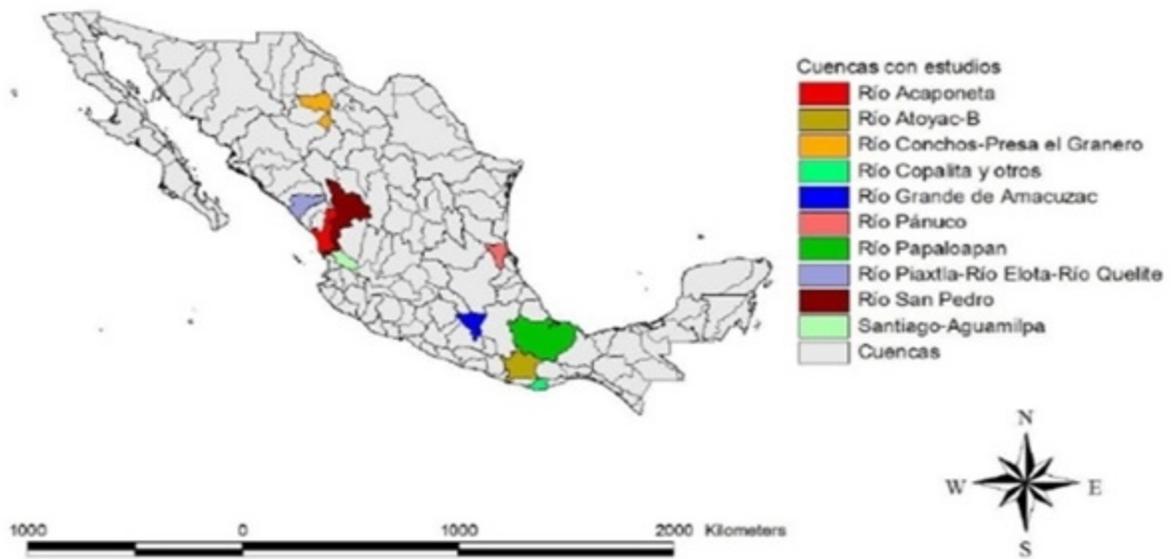


Figura 2. Estudios de caudal ecológico en 10 cuencas hidrográficas de México. (Fuente: López-Bustamante *et al.*, 2014)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arthington A., Bunn S., Poff L. y Naiman R. 2006. The Challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. *Ecological Applications*, 16(4): 1311-1318 p.
- Bustamante-González, A., Vargas-López, S., Palma-Raymundo, M.L. y Jaramillo, Villanueva, J.L. 2014. Los caudales ecológicos en México: perspectivas y retos para su aplicación. V Seminario Internacional Uso Racional del Agua "USRA". Colombia. 28 p.
- Cortés F., López M., Mendoza L. y Schroeder A. 2012. Norma mexicana que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. XXII Congreso Nacional de Hidráulica Acapulco, Guerrero, México. Noviembre 2012.
- Díez, J. M. 2000. Metodologías para la estimación de caudales ecológicos. Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. España.
- García, R. E., R. González V., Martínez P., Átala P. y Soldán G.A.P. 1999. Guía de aplicación de los métodos de cálculo de caudales de reserva ecológicos en México. Colección Manuales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 190 p.
- González V. R., y Banderas T. A. 2011. Metodologías para el cálculo de caudales ambientales y la conservación del hábitat en los ríos regulados por presas.
- Hernández D. y Burbano, B. 2007. Tecnología ecológica para la planificación de cuencas hidrográficas: regímenes caudales ambientales. Facultad de Ciencias Agropecuarias Vol. 5 No. 2. 21 p.
- International Commission on Large Dams (ICOLD). 2000. Bulletin on Dams and Floods. Draft. Paris.
- Rubio-Cardoza, J., 2012. Propuesta de Caudal Ecológico de un Tramo Representativo del río el Tunal. Manuscrito inédito, Durango, México.
- King, J. y Brown C., 2006. Environmental Flows: Stiking the balance between development and resource protection. *Ecology and Society* 11(2): 26–47 p.
- Maunder D. and Hindley B. 2005. Establishing Environmental Flow Requirements -Synthesis Report. Produced by Fisheries and Oceans Canada, Ontario, Canada. 77 p.
- Moore 2004. Estimación de los caudales ecológicos en el Río Valles con el método Tennant. 28 p.
- Pizarro, F. 2004. Caudales Ambientales. Costa Rica: GWAP-CA. Consultado en: http://www.capnetesp.org/document/182/Caudales_ambientales.pdf, en el mes de octubre 2011
- Pyrce R. 2004. Hydrological Low Flor Indices and their Uses. Watershed Science Centre. WSC Report No. 04-2004. Ontario. Canada. 33 p.
- Raven P. J., Homes N., Naura M., y Dawson F. 2000. Using river habitat survey for environmental assessment and catchment planning in the U.K. *Hydrobiologia*. 359-367 p.
- Rodríguez-Téllez E., Domínguez-Calleros, P.A., Pompa-García M., Quiroz-Arratia J.A. y Pérez-López M.E. 2012. Calidad del bosque de ribera del río El Tunal, Durango, México, mediante la aplicación del índice QBR. *Gayana Bot.* 69(1):147-151 p.
- Santacruz de León, G. y M. Aguilar-Robledo. 2009. Estimación de los caudales ecológicos en el Río Valles con el método Tennant. *Hidrobiológica* Vol.19, No.1.
- Smakhtin, V. U. 2001. Low Flow hydrology: a review. *Journal of Hydrology* (240): 147-186 p.
- Stewardson, M. 2005. Environmental flow analysis. Technical Report 05/13. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. Australia. 47 p.
- Tennant, D.L. 1976. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. US Fish and Wild Life Service, Montana. USA.
- Ward J. V. y Tockner K. 2001. Biodiversity: Towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology* 46: 807-819 p.

EL GÉNERO *Phaseolus* L., EN VICENTE GUERRERO, DURANGO, MÉXICO.

David Ramírez Noya¹. Macario García Ramírez².

¹Herbario CIIDIR, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN U. DGO.)

²Colaborador externo del CIIDIR-IPN U.DGO.

RESUMEN

Se reportan las especies de *Phaseolus* L. registradas para el área Municipal de Vicente Guerrero, Dgo.

ABSTRACT

A list of species of genus *Phaseolus* L. registered for Vicente Guerrero, Dgo. Municipal area, is presented.

INTRODUCCIÓN

El género *Phaseolus* L. es el más diverso y con la distribución más amplia entre los integrantes de la subtribu Phaseolinae (tribu Phaseoleae, familia Leguminosae) del continente americano. Análisis morfológicos y moleculares del ADN, así como estudios sobre la estimación de la edad evolutiva de las especies de *Phaseolus* revelan parentescos entre los grupos de especies y su edad filogenética promedio, que es de cerca de 3 millones de años, con una gran diversificación entre el Plioceno tardío y el Pleistoceno (Delgado y Gama, 2015).

En México se encuentra la mayoría de las aproximadamente 65 especies del género, en un intervalo amplio de ambientes ecológicos y desde una altitud de casi a nivel del mar hasta los 3,000 m. Además, los progenitores silvestres de las cinco especies domesticadas (Delgado y Gama, 2015).

En décadas recientes, se están destruyendo las fuentes de variación de las plantas cultivadas, así como los congéneres silvestres, debido tanto al reemplazo de las variedades nativas por cultivos con "semillas mejoradas", así como a la modificación acelerada de los ambientes naturales donde se desarrollan las semillas silvestres, por lo que es imprescindible la conservación y el conocimiento de la variabilidad genética, que en el futuro permita hacer el mejoramiento de las variables agronómicas del frijol y en México (Cárdenas, 1997).

Delgado y Gama (2015) consideran que actualmente de las 52 especies del género *Phaseolus* para México, 31 de éstas son endémicas al territorio mexicano y el mayor número de las especies del género *Phaseolus* se distribuye en el occidente de México, siendo Durango, Jalisco y Oaxaca, los estados con mayor diversidad de especies.

Lépiz y Ramírez (2010) definen a todas las especies del género *Phaseolus*, como "los parientes silvestres del frijol común", término aceptado en el presente trabajo.

Al parecer en Durango, las primeras recolectas de especies de *Phaseolus* para ejemplares de Herbario, las realiza Palmer en los alrededores de la ciudad de Durango, el año de 1896 (Gentry, 1969 y W3TROPICOS). El primer trabajo concreto para "los parientes silvestres del frijol común" lo realizan Acosta, Muruaga y Cárdenas (1983), en el cual reportan 10 especies y su distribución geográfica dentro de la entidad (Cuadro 1). Mc Vaugh (1987) en su obra de Leguminosae, cita para Durango seis especies (Cuadro 1). En este tenor González *et al.* (1991) en sus listados florísticos, reportan para esta misma entidad, la presencia de 15 especies (Cuadro 1).

PALABRAS CLAVE:

Frijol silvestre, especies, distribución local..

KEY WORDS:

wild bean, species, local distribution.

Finalmente Freytaga y Debouck (2002), respecto a los taxa presentes para éste mismo estado de la república mexicana, reportan 22 especies (Cuadro 1) y en las que incluyen 14 variedades taxonómicas.

El Presente trabajo tiene como objetivo presentar la información registrada respecto al género *Phaseolus*, en el área Municipal de Vicente Guerrero, Dgo., siendo esto una derivación colateral, en el desarrollo de proyectos de investigación realizados en el CIIDIR IPN Unidad Durango. Esto al efectuar exploraciones botánicas esporádicas entre los años de 1986 a 2011.

MATERIALES Y METODOS

El municipio de Vicente Guerrero, Durango, (mapa anexo) tiene una superficie aproximada de 432 Km² y una altitud media de 2225 msnm. Se ubica al sureste de la entidad entre las coordenadas: Norte 24° 15', Sur 23° 30', Este 103° 50' y 104° 05' de longitud Oeste. Limita al este con el municipio de Sombrerete Zacatecas, al norte con municipio de Poanas, Durango, al sur con municipio de Súchil y oeste con municipio de Nombre de dios.

En el área municipal antes descrita, se realizó la exploración intensiva y se presenta aquí el registró de los ejemplares del género *Phaseolus*, en cinco localidades, indicadas en el mapa anexo, como 1*, 2*, 3*, 4* y 5*. Siendo estos mismos sitios los que se mantuvo en observación durante el periodo de tiempo antes mencionado, con el fin de observar la fenología de éstas especies vegetales que permitieran la determinación taxonómica correspondiente en el Herbario CIIDIR.

Numero asignado a las localidades de recolección (marcadas en mapa anexo):

1* Cercanía a derivadora La Tamariza; 23° 40' 29" N. y 103° 57' 30" W, con 1945 msnm.

2* Próximo al Cerro Pompeya; 23° 45' 10" N y 103° 52' 40" W y 2115 m.

3* colindancia al Rincón de las Mulas; 23° 38' 47" y 104° 05' 24" y 2276 m.

4* Márgenes de Rio Graseros; 23° 41' 41" N y 104° 01' 24" W y 1932 m.

5* Próximo Cerro El Guajolote; 23° 47' 43" N y 103° 51' 14" W y 2248 m.

La vegetación en las localidades de recolección son; en 1* y 4* está dominada por *Acacia schaffneri*, *Prosopis laevigata* y *Opuntia* spp.. En las localidades 2* y 3* se aprecian dominancia fisonómica por ejemplares de *Quercus* spp y en las proximidades al cerro el Guajolote (5*) son bosque abierto de *Pinus cembroides* o matorral de *Rhus-Juniperus*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Municipio se registra hasta el momento, la presencia de siete especies de *Phaseolus* (cuadro No. 2), para las cinco localidades de recolección, de las cuales la nominada "Rincón de las mulas" fue la que registró el mayor número de especies, en contraste con lo obtenido en los márgenes del Rio Graseros. Todas las localidades de recolección se ubicaron en suelos o sustratos protegidos por árboles o arbustos, en donde se favorece el desarrollo de los tallos volubles (trepadores) característico de la mayoría de las especies de "los parientes silvestres del frijol común".

CONCLUSIONES

En el arroyo del "Rincón de las mulas" la alta diversidad registrada se explica, en parte por las características topográficas que limitan el acceso a los animales de pastoreo. En contraste en los márgenes del Rio Graseros, en la que se registra una especie. Esto último se debe tanto a la presencia de ganado, como a las variaciones en las avenidas de época de lluvia. Es dependiendo del tamaño de las rocas y el acomodo de las mismas, lo que define si funcionan como barrera principal para el acceso de los animales de ramoneo al hábitat de *Phaseolus* y en consecuencia a la diversidad y sobrevivencia de las especies de éste género.

La biodiversidad notoria en el Rincón de las mulas y la correspondiente al cerro el Guajolote (el cual pertenece este último a la llamada Sierra de órganos), ya se había señalado por Ramírez (2011), en referencia a otros taxa, por el cual resulta congruente.

El área correspondiente a la región Santa Lucia del Municipio de Vicente Guerrero, Dgo. (Indicada en mapa anexo), aún no ha sido explorada botánicamente. Siendo muy probable que existan otras especies no consideradas en el presente trabajo, por lo que será significativo rastrear dicha área, en busca de novedades al respecto.

Las comunidades naturales están siendo modificadas significativamente por las actividades humanas. Por lo que la presente exposición, puede servir en parte, como referencia para estimaciones del grado de deterioro ambiental en futuros análisis, de comunidades vegetales de la región.

RECONOCIMIENTO

Se agradece el apoyo en las exploraciones de campo a los Sres. (f) Ignacio Montelongo Pérez y Ma. Lourdes Juárez Argumedo.

BIBLIOGRAFÍA:

- Acosta Gallegos, J.; J. Muruaga Martínez y F. Cárdenas R. 1983. Distribución de especies del género *Phaseolus* en el estado de Durango. INIFAP. Centro de Investigaciones Norte-Centro, Durango, México. 9(1):13-22.
- Cárdenas R. 1997. Catálogo para la utilización, conservación y disponibilidad de *Phaseolus* en México. SAGDR-INIFAP. Informe final SNIB-CONABIO. Proy 047. México, D.F.
- Delgado Salinas y Susana Gama López. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. Revista Digital Universitaria 16(2):1.
- Freytag, G. F. and D. G. Debouck. 2002. Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. Sida Bot. Misc. 23: 300 p. Botanical Research Institute. Fort Worth, Tx. USA.
- Gentry S. 1969. Origin of the Common Bean, *Phaseolus vulgaris*. Economic Botany. NYBG. 23: 55-69.
- González E., M., M. S. González, E. y Y. Herrera A. 1991. Listados Florísticos de México. IX. Flora de Durango. Instituto de Biología. IBUNAM, UNAM. México, D.F. 167 p.
- Lépiz, R. Idelfonso y R. Ramírez D. 2010. Los parientes silvestres del frijol común en el occidente de México. Universidad de Guadalajara, México. 64 p.
- McVaugh, R. 1987. Flora Novo-Galiciana. Leguminosae. Contr. Univ. Mich. Herb. Ann. Arbor. University Press. Vol. 5. 786 p.
- Ramírez N., D. 2011. Adiciones al listado de especies en la Familia de las Asteraceae de Vicente Guerrero, Dgo., México. CIIDIR-IPN Unidad Durango. Vid Supra 3, (2): 17-19.

W 3 T R O P I C O S

(M O) .

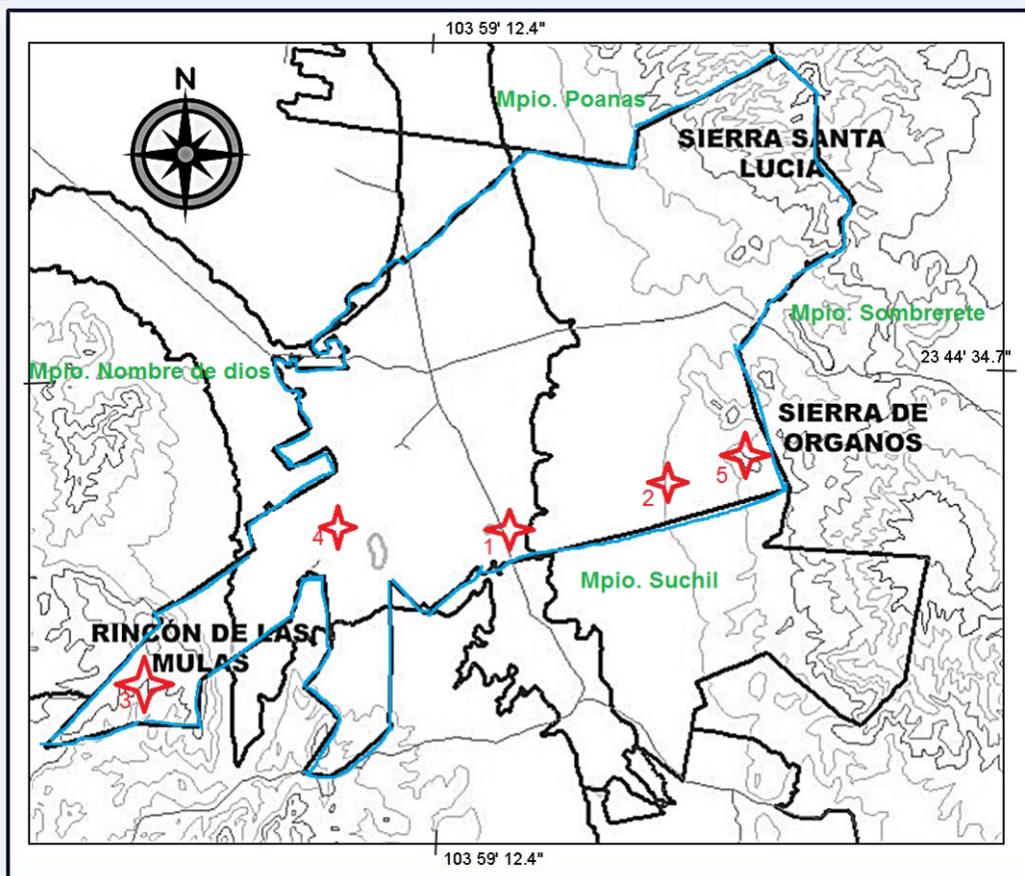
<http://www.tropicos.org/SpecimenSearch.aspx>
Consultado el 5 de Octubre del 2018

Cuadro No.1. Especies de *Phaseolus* reportadas por: Freytag y Debouck (2002, se indica en la columna del cuadro como Freytag), González *et al.* (1991, indicado en el cuadro como Glez *et al.*), Acosta, Muruaga y Cárdenas (1983, indicado en el cuadro como Acosta *et al.*) y McVaugh (1987, donde Si= especie reportada).

| Especies | Freytag | Glez <i>et al.</i> | Acosta <i>et al.</i> | McVaugh |
|--|---------|--------------------|----------------------|---------|
| <i>Phaseolus acutifolius</i> A. Gray | Si | Si | Si | |
| <i>P. amblyosepalus</i> (Piper) C.V. Morton | Si | Si | | |
| <i>P. anisophyllus</i> (Piper) Freytag & Debouck | Si | | | |
| <i>P. coccineus</i> L. | Si | Si | Si | Si |
| <i>P. grayanus</i> Wooton & Standl. | Si | Si | Si | |
| <i>P. hintonii</i> Delgado | Si | | | |
| <i>P. jaliscanus</i> Piper | Si | Si | | |
| <i>P. leptostachyus</i> Benth. | Si | Si | Si | |
| <i>P. lunatus</i> L. | Si | Si | | |
| <i>P. maculatus</i> Scheele | Si | Si | | |
| <i>P. magnilobatus</i> Freytag & Debouck | Si | | | |
| <i>P. microcarpus</i> Mart. | Si | Si | Si | |
| <i>P. parvifolius</i> Freytag | Si | | | |
| <i>P. parvulus</i> Greene | Si | Si | | |
| <i>P. pauciflorus</i> Sessé & Moc. ex G. Don | Si | Si | Si | Si |
| <i>P. pedicellatus</i> | | | Si | |
| <i>P. pluriflorus</i> Maréchal, Maschrpa & Stanier | Si | Si | | |
| <i>P. polymorphus</i> | | | Si | Si |
| <i>P. reticulatus</i> Freytag & Debouck | Si | | | |
| <i>P. ritensis</i> M.E. Jones | Si | Si | Si | Si |
| <i>P. salicifolius</i> Piper | Si | Si | | |
| <i>P. sempervirens</i> | | Si | | Si |
| <i>P. scabrellus</i> Benth. ex S. Watson | Si | | | |
| <i>P. teulensis</i> Freytag | Si | | | |
| <i>P. venosus</i> Piper | Si | | | |
| <i>P. vulgaris</i> L. | Si | Si | Si | Si |
| <i>P. zimapensis</i> A. Delgado | Si | | | |

Cuadro No 2. Especies y números asignados a las localidades de recolección
(Si = presente; X = no registrada)

| Localidades → | 1* | 2* | 3* | 4* | 5* |
|---|----|----|----|----|----|
| Especies | | | | | |
| <i>Phaseolus acutifolius</i> A. Gray | X | X | Si | X | Si |
| <i>Phaseolus coccineus</i> Moc. & Sessé ex G. Don | X | Si | Si | X | X |
| <i>Phaseolus grayanus</i> Woot. & Standl. | X | Si | Si | X | Si |
| <i>Phaseolus leptostachyus</i> Benth. | Si | Si | Si | X | Si |
| <i>Phaseolus maculatus</i> Scheele | X | X | Si | X | X |
| <i>Phaseolus pedicellatus</i> Benth. | X | X | Si | X | X |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> Wall. | Si | Si | Si | Si | Si |
| <i>Phaseolus</i> sp. | X | X | Si | X | Si |



Mapa anexo. Ubicación geográfica del municipio de Vicente Guerrero, Dgo. y de los lugares de registro de *Phaseolus* spp.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Los autores que tengan interés en publicar en la revista VIDSUPRA del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN-Durango), deberán ajustarse a los lineamientos establecidos para artículos científicos originales e inéditos.

Las contribuciones quedarán dentro de los siguientes tipos de trabajos:

- a) Resultados de investigación o experimentales
- b) Notas científicas
- c) Estudios de revisión
- d) Divulgación: monografía, ensayo, tesis, reflexión y crítica.

Los trabajos experimentales deberán presentar resultados originales de investigación, que no hayan sido previamente publicados. Se dividirán en las siguientes secciones:

TÍTULO. A continuación del título irán el (los) nombre (s) del (los) autor (es), y en seguida, el nombre de la institución donde se generó el trabajo.

RESUMEN. Deberá contener no más de 250 palabras. Establecerá brevemente el propósito del trabajo y los principales resultados y conclusiones. Evitar citas bibliográficas, abreviaciones no comunes, pero si son necesarias, deben ser definidas.

PALABRAS CLAVE. Serán de tres a cinco.

ABSTRACT. Deberá tener los mismos lineamientos que el RESUMEN

KEY WORDS. Serán de tres a cinco.

INTRODUCCIÓN. En esta sección se brindarán los antecedentes adecuados y se establecerán los objetivos del trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se deberá proporcionar el suficiente detalle del trabajo experimental y de campo para que el trabajo pueda ser reproducido. Métodos ya publicados se pueden indicar con una referencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La discusión deberá incluir la significancia de los resultados.

CONCLUSIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. Revisar un número reciente para consultar el estilo de la presentación de las referencias bibliográficas.

Tablas y Figuras se entregarán en archivos independientes con las siguientes características:

- Formato .jpg. de alta resolución y tamaño grande.
- Figuras, cuadros y fotografías deben ir en blanco y negro o escala de grises.
- Las tablas no deben llevar bordes verticales
- Los títulos respectivos no deben formar parte de la tabla o la figura.

ENTREGA DE DOCUMENTOS

Los documentos originales se entregarán vía correo electrónico, en formato Word, a la dirección vidsupra@gmail.com dirigidos a la M.C. Rebeca Alvarez Zagoya.

La comisión editora se reserva los derechos para la selección y publicación de los trabajos.

Los artículos contenidos en la revista son de la responsabilidad exclusiva de los autores.

PROCEDIMIENTO

Todos los trabajos que se envíen y cumplan con los lineamientos de este documento serán sometidos a revisión por parte de especialistas, con un estricto anonimato tanto de autores como de evaluadores.

La Coordinación Editorial se reserva el derecho de realizar la corrección de estilo y los cambios editoriales que considere necesarios para mejorar el trabajo.

Cada autor principal recibirá un ejemplar del número de la revista en que es publicado su artículo.

Toda correspondencia deberá dirigirse a:

Revista VID SUPRA, CIIDIR IPN Unidad Durango
Unidad Politécnica de Integración Social
Sigma No. 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II
Durango, Dgo., México, 34220
Tel. (618) 814 2091 y Fax (618) 814 4540
Teléfono de red IPN (55) 5729 6000 Ext. 82615



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CIIDIR UNIDAD DURANGO

CENTRAL DE INSTRUMENTACIÓN

Laboratorios de fisicoquímica y microbiología
con servicios acreditados de análisis de agua y alimentos

Acreditación ema: A-0553-050/14

Funcionamiento y responsable sanitario COPRISED 02928/F

Servicios:

ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y AGUA PARA CONSUMO HUMANO

- Determinación de dureza total en agua NMX-AA-072-SCFI-2001
- Determinación de cloruros totales en agua NMX-AA-073-SCFI-2001
- Determinación de metales pesados en agua naturales y potables (As, Cd, Cr, Pb) NMX-AA-051-SCFI-2001
- Determinación de fluoruros en agua NOM-201-SSA1-2002
- Método para la cuentas de bacterias aerobias en placa NOM-092-SSA1-1994
- Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa NOM-113-SSA1-1994
- Método para determinación de Salmonella en alimentos NOM-210-SSA1-2014 Apéndice A
- Método para determinación de Staphylococcus aureus en alimentos NOM-210-SSA1-2014 Apéndice B
- Determinación de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli por NMP NOM-210-SSA1-2014 Apéndice H
- Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa NOM-092-SSA1-1994

ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON ACREDITACIÓN ANTE LA ema:

- Determinación de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli por NMP NOM-210-SSA1-2014 Apéndice H
- Determinación de cloruros totales en agua NMX-AA-073-SCFI-2001
- Determinación de fluoruros en agua NOM-201-SSA1-2002
- Determinación de metales pesados en agua potable y agua purificada (As, Cd, Pb) NOM-117-SSA1-1994

Informes:

DRA. LAURA SILVIA GONZÁLEZ VALDEZ

Coordinadora de la Central de Instrumentación CIIDIR IPN Unidad Durango

Calle Sigma Núm. 119 Fracc. 20 de Nov. II Durango, Dgo. México. C.P.34220

Tel (618) 814-20-91 Y 814 45 40 Extensiones: 82615 Y 82601

Correo electrónico: ci_dgo@ipn.mx

CIIDIR
DURANGO
CENTRAL DE INSTRUMENTACIÓN