

Violeta, azul, verde, amarillo, naranja, rojo ¡Quién ve que color!

DIEGO F. ANGULO

Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 N° 130 x 32 y 34
Colonia Chuburná de Hidalgo, 97205,
Mérida, Yucatán, México.
diangulo@gmail.com

Entender como los colores son percibidos por los polinizadores es una tarea fundamental para la ecología y la agricultura. La mayoría de los trabajos se han realizado usando la percepción de color del ojo humano; sin embargo, el ojo especializado de un insecto percibe colores en diferentes longitudes de onda dependiendo del tipo y número de fotoreceptores que contenga. En la actualidad con el avance de la ciencia y la tecnología se realizan medidas de reflectancias de las flores y se desarrollan modelos de visión de insectos y otros grupos de polinizadores que nos permiten de una manera más precisa entender la interacción planta-polinizador y la evolución del color floral.

Palabras clave:
Colores florales, ecología,
evolución, modelos de
visión, polinizadores,
reflectancia.

Algunos hemos tenido la suerte de caminar por algún sendero de una selva o un bosque y la mayoría de las personas hemos caminado por las calles de alguna ciudad, pero seguro que todos nos hemos alegrado la vista con los hermosos colores florales de muchas plantas que ahí habitan. Por ejemplo, los que vivimos en la ciudad de Mérida ¡la de México!, nos hemos enamorado de las llamativas flores anaranjadas de los ciricotes (*Cordia dodecandra* DC.) o los hermosos patrones de color floral del maculis (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.), que pintan la ciudad de un elegante y relajante rosa. Esos colores florales son producto de pigmentos que se acumulan en las estructuras de las flores como pétalos, sépalos, tépalos, etc. Los pigmentos pueden ser carotenoides, los cuales son responsables de los colores rojos, naranjas o amarillos, o flavonoides que normalmente producen pigmentos azules y amarillos y se encuentran en la gran mayoría de las plantas con flores. Estos pigmentos son capaces de absorber una parte del espectro de luz, pero la otra parte del espectro es reflejada. Esta porción de luz que se refleja es la que los animales podemos detectar y reconocer como los colores florales.

Los colores florales junto con los síndromes de polinización, los cuales son definidos como un conjunto de rasgos florales correlacionados (e.g. color de la corola, forma y tamaño) son señales que han evolucionado por la preferencia y selección de los polinizadores y en la mayoría de los casos están asociados a recompensas nutricionales como el néctar. A diferencia de los colores florales, los síndromes florales han sido ampliamente discutidos y se ha sugerido que son de mayor importancia en interacciones más especializadas (Murúa y Espíndola 2015) como

@CICYoficial    

las interacciones de abejas euglosinas (Apidae: Euglossini) y las flores de las orquídeas.

Por años, los científicos han tratado de entender la relación de los colores de las flores con los polinizadores; sin embargo, la mayoría de los estudios se han basado en como el ojo humano puede percibir los colores florales, el cual detecta espectros de luz en longitudes de onda diferentes a lo que puede detectar el ojo especializado de un insecto. En la figura 1 se puede observar el patrón de color que un ojo humano podría percibir en un grupo de plantas, cada una con un diferente color floral y como ese mismo patrón de color es detectado por el ojo de una abeja, el cual ha evolucionado a la detección de los colores florales durante el vuelo y que contrastan con un mosaico de colores no florales (e.g. hojas, hojarasca, piedras, arena etc.).

Conocer y entender como los polinizadores perciben los colores puede ser de gran relevancia para la ecología, permitiendo entender con más precisión la interacción planta-polinizador y en la agricultura, mejorando la selección de cultivos para aumentar la producción de semillas y frutos; no obstante, representa una tarea titánica, ya que los polinizadores comprenden un diverso grupo de animales que incluyen especies de abejas, mariposas, moscas, polillas, escarabajos, aves, hormigas, avispa, murciélagos, monos, reptiles, mosquitos, marsupiales, roedores, entre otros. Tal vez un lector con cierto conocimiento del tema pueda preguntarse “bueno si, pero la gran mayoría de los polinizadores está representado por insectos, particularmente abejas y moscas”. Efectivamente, pero con 124,000 especies, las moscas son uno de los grupos más numerosos (Skevington y Dang 2002), mientras que las abejas son los polinizadores más prolíficos y diversos en la mayor parte del mundo con cerca de 20,000 especies registradas (Klein *et al.* 2007), lo que representa un desafío importante.

Otra complejidad es que para poder caracterizar los colores florales se requiere primero conocer como es la reflectancia espectral. En la figura 2A se muestran dos espectros de reflectancia, los cuales se obtienen mediante un espectrómetro de ondas visibles (Figura 3), el cual cuantifica la proporción de luz reflejada por las flores. La mayoría de las reflectancias cuantificadas en los estudios son almacenadas en una base de datos mundial de reflectancias (FReD: The Floral Reflectance Database; www.reflectance.co.uk), la cual permite estandarizar

y facilitar la obtención de datos. En segundo lugar, necesitamos conocer cuál es el sistema de visión de los polinizadores, ya que la estructura de relaciones entre los colores florales y los insectos responde a las diferencias en la detectabilidad visual de cada grupo de polinizadores (Kantsa *et al.* 2018). Por ejemplo, algunos integrantes de Hymenoptera (abejas, avispa, abejorros entre otros) presentan un sistema de visión de color tricromático (ojo con tres fotoreceptores) sensible a las longitudes de onda ultravioleta, azul y verde (Menzel y Backhaus 1991). En contraste, las moscas (Diptera) y las mariposas (Lepidoptera) presentan un sistema de visión de color tetracromático (ojo con cuatro fotoreceptores) (Troje 1993, Briscoe Chittka 2001, Lunau 2014), el cual es sensible a longitudes de onda azul, violeta, blanca y amarilla (e.g., Yurtsever *et al.* 2010, Klecka *et al.* 2018).

La reflectancia espectral de los colores florales de diferentes especies puede ser evaluada mediante modelos de visión que permiten simular el sistema de visión de los polinizadores. En la figura 2B, se muestra como tres diferentes polinizadores (modelos de visión) podrían detectar diferentes colores florales (reflectancias espectrales de dos especies de plantas). Entonces en resumidas cuentas entender los patrones de reflectancia de las flores y los sistemas de visión que permitan desarrollar modelos de visión específicos para entender la detectabilidad en estos grupos de polinizadores es una tarea gigantesca y difícil de realizar.

Actualmente con el avance inexorable de la ciencia y la tecnología se han desarrollado herramientas que ayudan a entender como los colores florales y sus polinizadores interactúan. Por ejemplo, se han desarrollado espectrómetros de ondas visibles cada vez más portátiles y de mejor resolución (e.g. Figura 3) que pueden ser usados para trabajar en el laboratorio o para hacer mediciones directamente donde las plantas naturalmente crecen. Además, se han desarrollado modelos de visión que aunque son pocos y muy generales (ya que cada especie puede haber evolucionado hacia un sistema de visión particular) contribuyen a un entendimiento general de percepción de los insectos al color; por ejemplo el hexágono de color para entender la percepción de las abejas a los colores, el modelo COC (codificación de oposición de color) para dípteros y el triángulo de color usado para mariposas y aves (Figura 2B) (Chittka 1992, Troje 1993, Koshitaka *et al.* 2008).

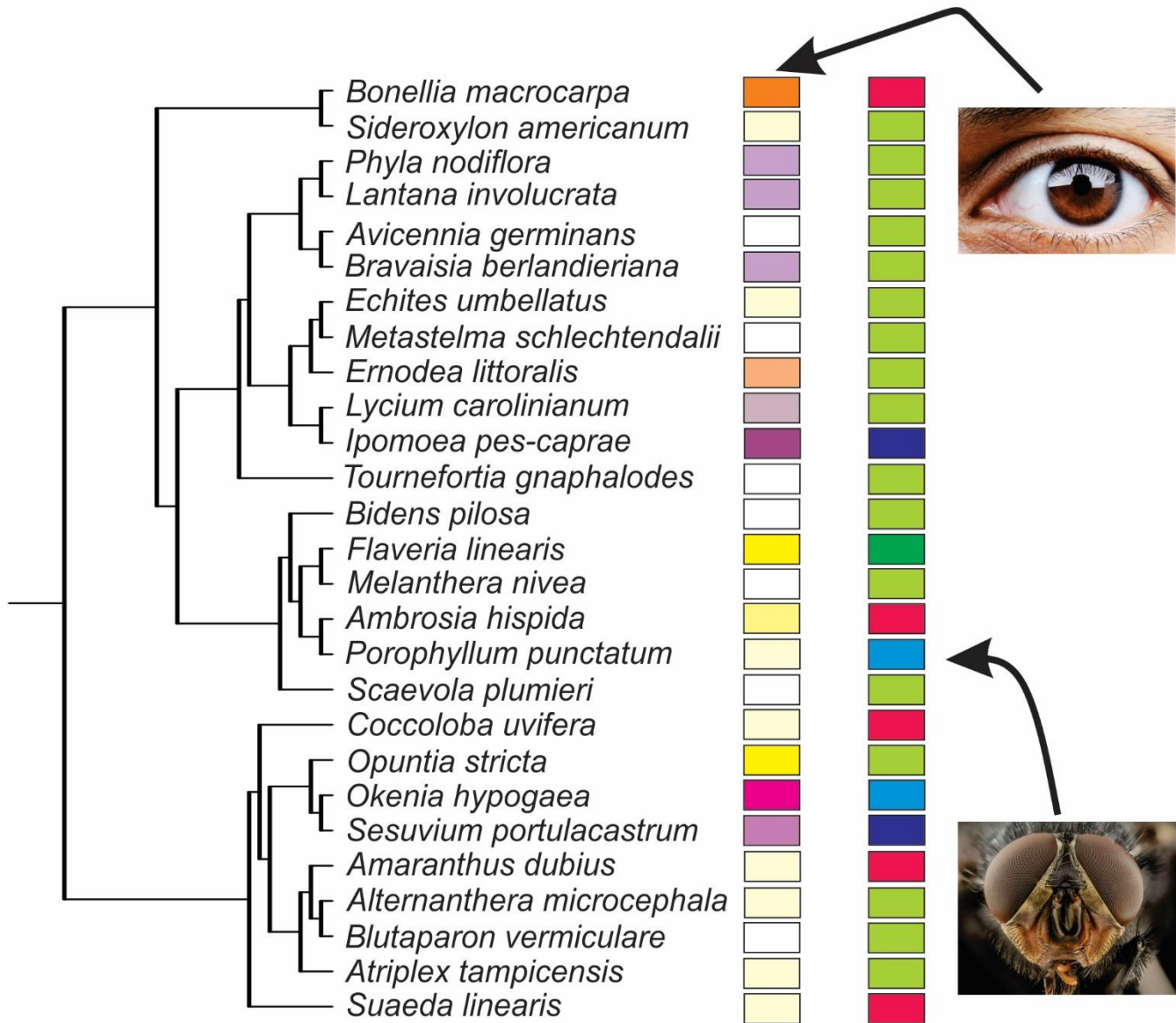


Figura 1. Percepción del color floral de un ojo humano y del ojo compuesto de un insecto en especies de la flora representativa de la costa de Yucatán, México. Diagrama original del autor.

A la fecha, medidas de reflectancia espectral en conjunción con algunos modelos de visión de insectos se utilizan con la finalidad de dilucidar como los polinizadores seleccionan y discriminan los patrones de color floral, promoviendo la evolución de

las interacciones planta-polinizador. Aunque el tema es sumamente interesante, aún falta mucha investigación por realizar y nuevos desafíos se vislumbran en el horizonte.

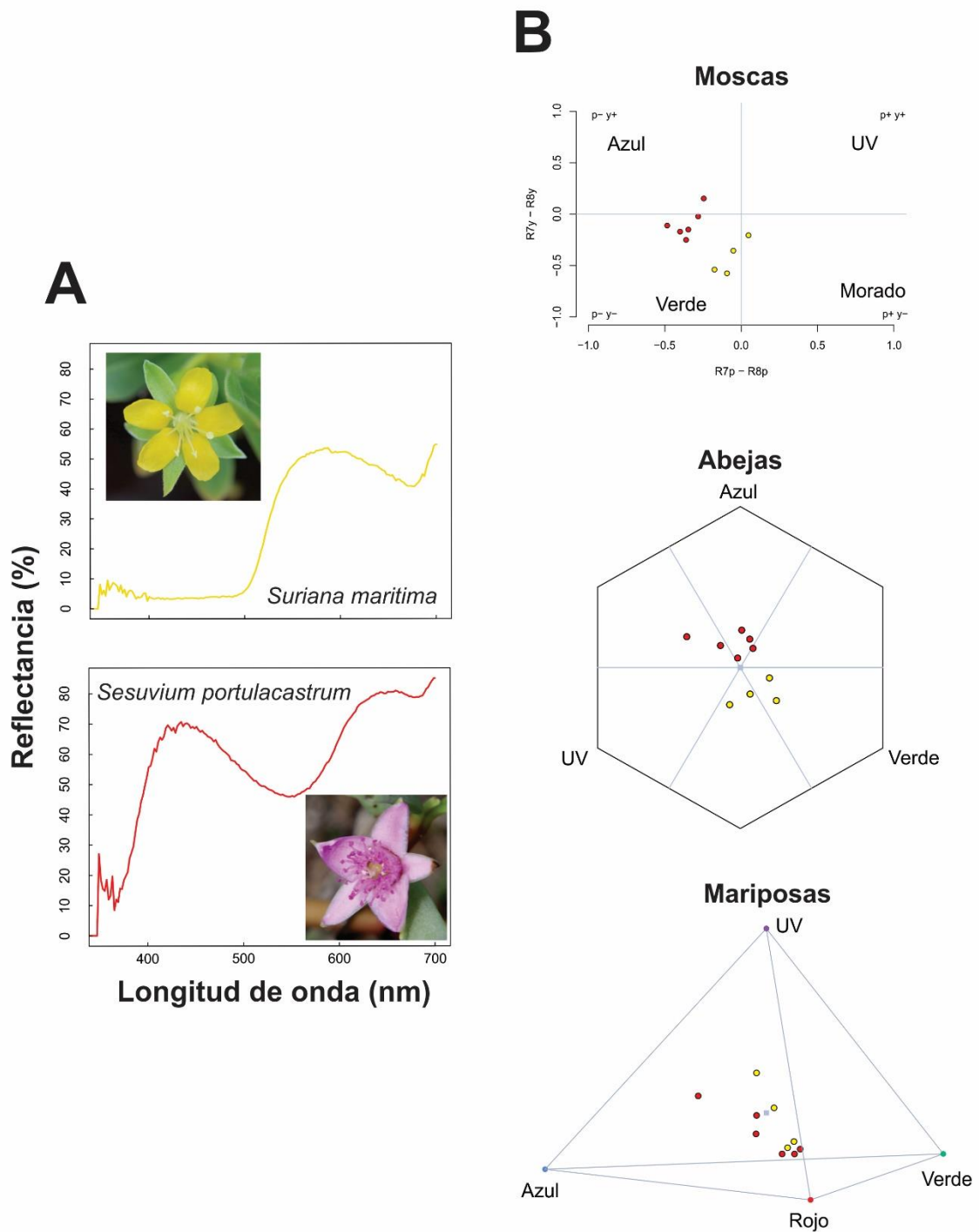


Figura 2. Espectros de reflectancia y modelos de visión de color en especies representativas de la flora de la costa de Yucatán. **A.** Espectros de reflectancia de dos especies de plantas con colores florales contrastantes. **B.** Espacio de color categórico para el sistema visual tetravariante de dípteros, modelo de espacio de color hexágono para la visión tricromática de las abejas y modelo de espacio de color tetracromático para mariposas. Diagrama original del autor.

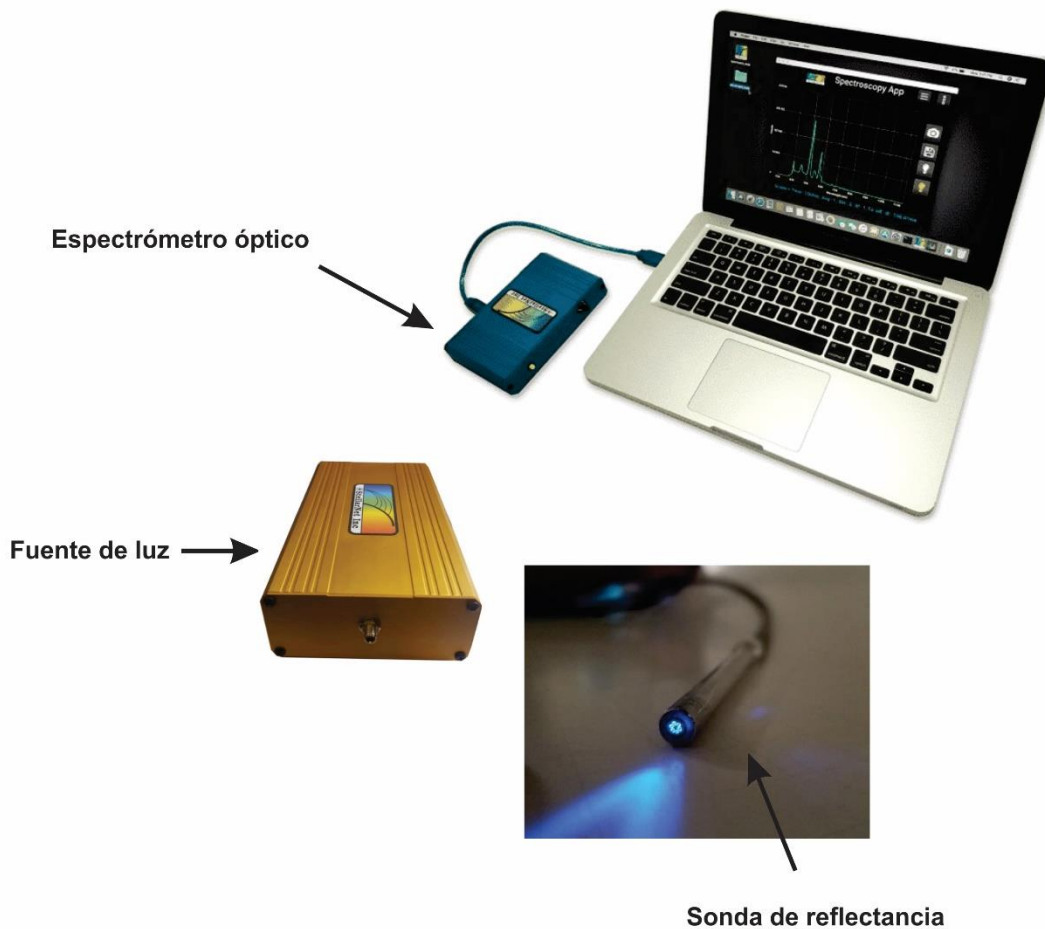


Figura 3. Esquema que muestra el equipo necesario para estimar los espectros de reflectancia. (Figura tomada de stellarnet.us).

Referencias

Briscoe A.D. y Chittka L. 2001. The evolution of color vision in insects. *Annual Review of Entomology*. 46: 471–510. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento.46.1.471>

Chittka L. 1992. The colour hexagon: a chromaticity diagram based on photoreceptor excitations as a generalized representation of colour opponency. *Journal of Comparative Physiology A*. 170: 533–543. <https://doi.org/10.1007/BF00199331>

Kantsa A., Raguso R.A., Dyer A.G., Olesen, J.M., Tscheulin T. y Petanidou T. 2018. Disentangling the role of floral sensory stimuli in pollination networks. *Nature Communications*. 9(1): 1041. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03448-w>

Klecka J., Hadrava J., Biella P. y Akter A. 2018. Flower visitation by hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a temperate plant–pollinator network. *PeerJ* 6: e6025. <https://doi.org/10.7717/peerj.6025>

Lunau K. 2014. Visual ecology of flies with parti-

- cular reference to colour vision and colour preferences. *Journal of Comparative Physiology A*. 200: 497–512.
<https://doi.org/10.1007/s00359-014-0895-1>
- Troje N. 1993.** Spectral categories in the learning behaviour of blowflies. *Zeitschrift fur Naturforschung C* 48: 96-104.
<https://doi.org/10.1515/znc-1993-1-218>
- Klein A.M., Vaissiere B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C. y Tscharrntke T. 2007.** Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 274: 303–313.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Koshitaka H., Kinoshita M., Vorobyev M. y Arikawa K. 2008.** Tetrachromacy in a butterfly that has eight varieties of spectral receptors. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 275: 947–954.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1614>
- Menzel R. y Backhaus W. 1991.** Colour vision in insects. In *Vision and Visual Dysfunction: The Perception of Colour*, Vol. 6 (ed. P. Gouras), pp. 262-293. Houndsmills: MacMillan Press.
- Murúa M y Espíndola A. 2015.** Pollination syndromes in a specialised plant-pollinator interaction: does floral morphology predict pollinator in *Calceolaria*?. *Plant Biology* 17: 551-557
<https://doi.org/10.1111/plb.12225>
- Skevington J.H. y Dang P.T. 2002.** Exploring the diversity of flies (Diptera). *Biodiversity* 3(4): 3–27;
<http://doi.org/10.1080/14888386.2002.9712613>
- Yurtsever S., Okyar Z. y Guler N. 2010.** What colour flowers do some Lepidoptera prefer for foraging? *Biologia (Section Zoology)* 65(6): 1049–1056.
<https://doi.org/10.2478/s11756-010-0125-4>

Desde el Herbario CICY, 14: 71–76 (07-abril-2022), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Diego Angulo y Lilia Lorena Can Itzá. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 07 de abril de 2022. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.