

Evolución en la ciudad

DIEGO CARMONA MORENO BELLO¹ & MARIANA CHÁVEZ-PESQUEIRA²

¹Departamento de Ecología Tropical, Universidad Autónoma de Yucatán.
Km. 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, 97000,
Mérida, Yucatán, México.

²Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Chuburná de Hidalgo, 97205,
Mérida, Yucatán, México.

diego.carmona@correo.uady.mx

Las ciudades representan ambientes donde, además de los humanos, habitan muchos otros seres vivos, incluyendo plantas y animales. Sin embargo, el ambiente urbano es muy diferente al ambiente donde vivirían estos organismos de manera natural. Esto ha provocado que las plantas y animales que viven dentro de las ciudades, muestren adaptaciones a las condiciones urbanas que les permitan sobrevivir a este nuevo ambiente creado por los humanos. Aquí mostraremos algunos ejemplos de cambios evolutivos que se han observado en diferentes plantas y animales que habitan en ciudades alrededor del mundo.

Palabras clave: Adaptación, ecología urbana, evolución urbana, selección natural urbanización.

Hoy en día se estima que el 3% de la superficie de nuestro planeta está ocupado por ciudades donde vive aproximadamente el 50% de la población humana mundial y se espera que esta tendencia incremente en los próximos años (Johnson y Munshi-South 2017). Pero ¿qué es una ciudad desde la perspectiva de un biólogo? Hasta hace poco, para los biólogos, las ciudades solían ser consideradas como lugares donde no había nada interesante que estudiar. El biólogo pensaba en salir de las ciudades a estudiar los organismos en el mar, en los manglares, en el desierto, en los bosques, en las selvas, y en muchos otros ambientes naturales que han existido por millones de años. Ahora, poco a poco, los biólogos nos hemos dado cuenta que las ciudades son otro ambiente donde un sinnúmero de organismos habitan, interactúan y evolucionan. Ahora entendemos que las ciudades son un fenómeno planetario y son el ambiente más reciente

al cual las especies se tendrán que adaptar, y desde esta perspectiva resulta motivante estudiar la ecología y evolución en estos nuevos ambientes.

A diferencia de los ambientes naturales, que cambian a ritmos geológicos (los que suceden a escalas de millones de años), las ciudades crecen y se reestructuran de manera vertiginosa y constantemente retan a los organismos con condiciones ambientales muy particulares. Por ejemplo, en las ciudades hay mayor cantidad de viento, luz, ruido, áreas impermeables, mayor flujo de agua, menos áreas verdes, y temperaturas extremas (desde muy calientes a muy frías) y altamente variables. Todos estos factores físicos a su vez pueden afectar el ambiente biótico y cambiar la diversidad y riqueza de las comunidades, o favorecer la presencia o ausencia de ciertas especies de plantas y animales claves para el funcionamiento de la comunidad y ecosistema

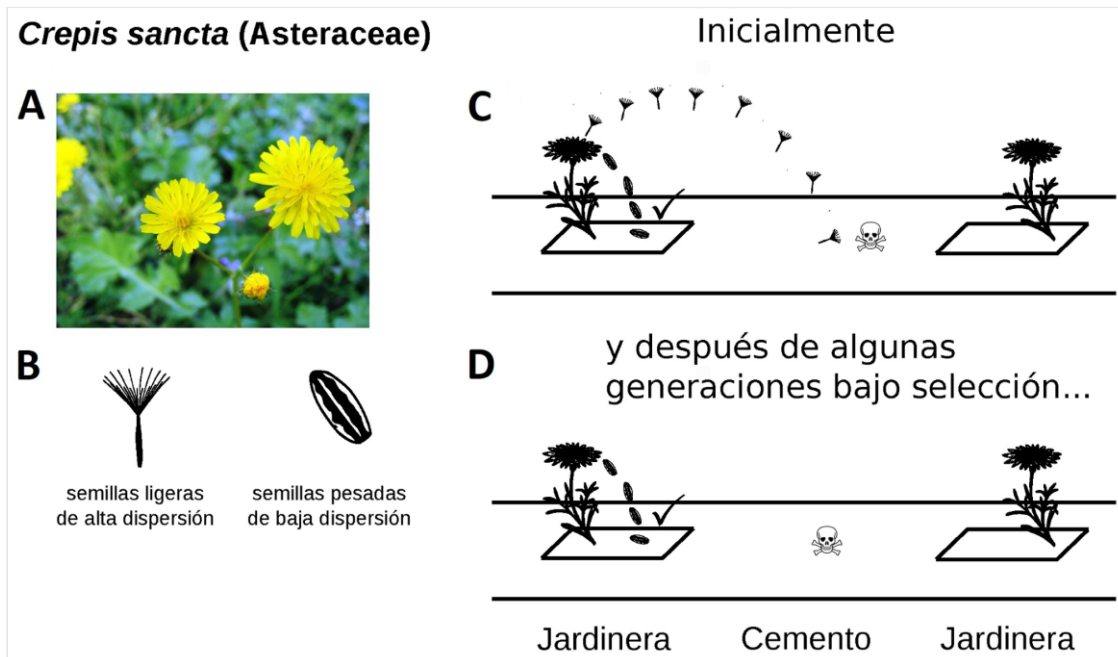


Figura 1. A. *Crepis sancta*. B. Esquema de los dos tipos de semillas con diferente capacidad de dispersión de *C. sancta*. C, D. Esquema que muestra que inicialmente las plantas producían ambos tipos de semillas, pero después de varias generaciones bajo selección natural las plantas de generaciones actuales producen más semillas con limitada capacidad de dispersión. (Fotografía y esquemas: A. tomada de <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17936997>. B-D. Diego Carmona Moreno Bello).

urbano (e.g. polinizadores o herbívoros). De esta manera, podemos esperar que algunos de estos factores ambientales favorezcan la evolución de adaptaciones particulares a ciudades. Por ejemplo, tiene sentido esperar que aquellos rasgos de individuos que les permitan tener más crías, o más semillas en un ambiente urbano (e.g. tolerancia a sequía o chapeo) serán seleccionados a favor. Si esto ocurre, y el rasgo es transmitido de generación en generación (es decir son rasgos heredables) después de algún tiempo, todos los individuos de las poblaciones urbanas expresarán este mismo rasgo (toda la población sería tolerante a la sequía o al chapeo).

Una de las posibles objeciones para pensar que podemos observar cambios evolutivos en nuestras ciudades es que tradicionalmente se consideraba que la evolución ocurría a lo largo de miles de generaciones que pueden corresponder incluso a millones de años, sin embargo, ahora sabemos que, en ocasiones, la evo-

lución puede ocurrir de manera muy rápida y frente a nuestros propios ojos (Thompson 1998). Por ejemplo, en la ciudad de Montpellier en Francia, se encontró que la reducción y fragmentación extrema de áreas verdes ha promovido cambios evolutivos en la dispersión de semillas de la especie *Crepis sancta* L. (Asteraceae) (Figura 1A). Se sabe que los individuos de esta especie son capaces de producir dos tipos de semillas con diferentes capacidades de dispersión: semillas pesadas que se dispersan poco y semillas livianas con alta capacidad de dispersión (Figura 1B). En la ciudad, los individuos de esta planta solo pueden crecer en jardineras que se encuentran en las aceras y que están espaciadas entre 5 y 10 metros, ya que todo lo demás es pavimento. Con este paisaje inhóspito, uno podría predecir que la selección natural debería favorecer la producción de semillas pesadas y con limitada dispersión que muy probablemente caerán en la misma jardinera de la

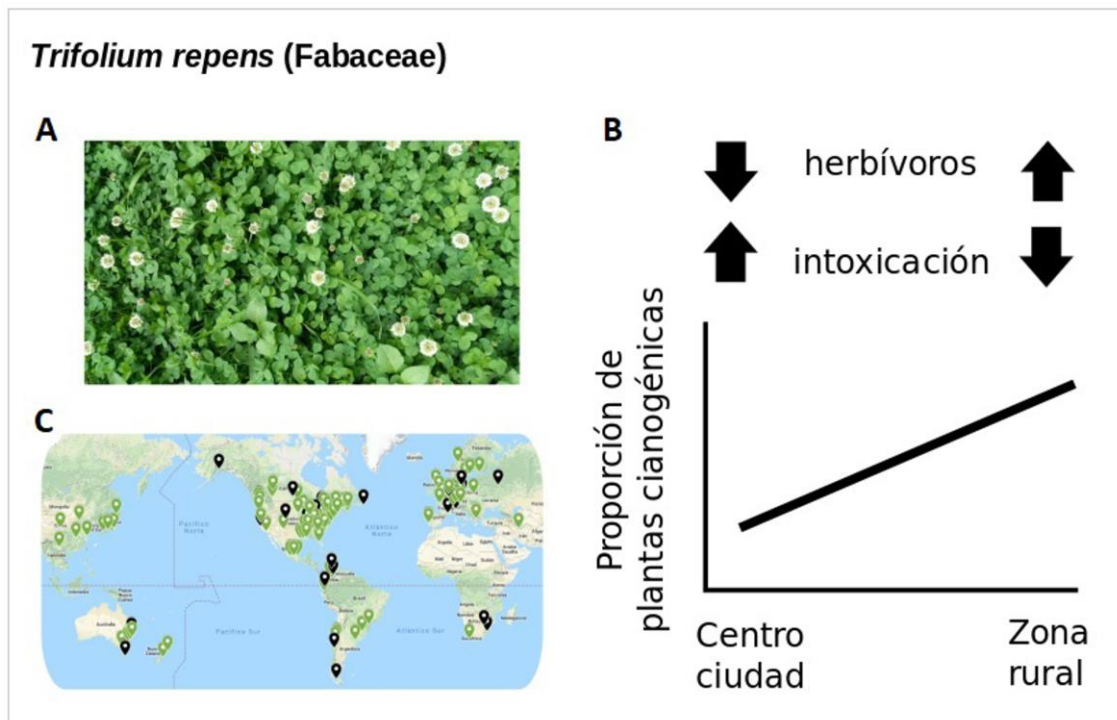


Figura 2. A. *Trifolium repens*. B. Gráfica mostrando la predicción sobre dónde se debería encontrar mayor proporción de plantas cianogénicas con base en la presencia de herbívoros y la probabilidad de sufrir autointoxicación debido a congelamiento. C. Mapa de ciudades donde la proporción de individuos cianogénicos han sido muestreados (símbolo verde) y están por ser muestreados (símbolo negro) por el proyecto GLUE. [Fotografía, esquema y mapa: A, B. Diego Carmona Moreno Bello. C. Tomado de <http://www.globalurbanevolution.com/>).

planta madre y no se perderán en el pavimento, como podría ocurrir con las semillas livianas de alta dispersión (Figura 1C-D). Esto es justo lo que Cheptou y colaboradores (2008) encontraron en su estudio, los individuos de *C. sancta* que viven dentro de la ciudad producen más semillas pesadas y de dispersión limitada, que individuos de poblaciones rurales en donde no sufren la fragmentación extrema de su hábitat (Figura 1B).

Otro ejemplo es lo que ocurre con el trébol blanco (*Trifolium repens* L.; Fabaceae) (Figura 2A). Este trébol ha sido introducido por el hombre y ahora prácticamente se le puede encontrar en todas las ciudades de zonas templadas del planeta. En esta especie hay dos tipos de individuos: los cianogénicos y los acianogénicos. Los primeros se defienden de sus herbívoros produciendo ácido cianhídrico (HCN), pero se ha visto que, a bajas tem-

peraturas, si las hojas se congelan, este ácido se libera y autointoxica a la planta ocasionando su muerte (costo defensivo). En cambio, los individuos acianogénicos, no producen este ácido, por lo que pueden sufrir mayor daño por herbívoros, pero no se autointoxican en condiciones de congelamiento. A partir de esto, se podría predecir que en los centros de la ciudad donde hay menos herbívoros y las temperaturas pueden bajar más que en zonas rurales debería de haber mayor proporción de plantas acianogénicas ya que no necesitan defenderse tanto y no pagan el costo de autointoxicarse (Figura 2B). En varias ciudades de Norteamérica existe una menor frecuencia de plantas cianogénicas en las zonas urbanas en comparación de las no urbanas apoyando tal predicción (Thomson *et al.* 2016). Actualmente, existe en marcha un esfuerzo internacional con el proyecto GLUE (Global Urban



Figura 3. A. Población de *Trifolium repens* en ambientes urbanos de la Ciudad de México. B. Colecta de individuos de *Trifolium repens* en la Ciudad de México para el proyecto GLUE. (Fotografías: Diego Carmona Moreno Bello).

Evolution Project), donde cientos de investigadores de aproximadamente 200 ciudades alrededor del mundo (Figura 2C), incluyendo algunas de México (Figura 3A-B), están obteniendo datos de la proporción de individuos cianogénicos en poblaciones de *T. repens* en un gradiente urbano-rural. Esto permitirá conocer a nivel global cómo afecta la urbanización y otros factores como la latitud, a la evolu-

ción de la defensa en contra de herbívoros. ¿Será que en las ciudades donde el invierno no es muy frío ocurra lo mismo? ¿Las plantas estarán evolucionando a tener menores defensas dentro de las ciudades porque no hay tantos herbívoros?

Como podemos ver, las ciudades pueden resultar sitios de estudio muy interesantes para conocer más sobre la evolución de las plantas. Sin embargo, también



Figura 4. A. Planta de *Ruellia nudiflora* creciendo en una grieta de banqueta en la ciudad de Mérida.
B. Población de *Ruellia nudiflora* creciendo en un ambiente urbano en la ciudad de Mérida.
 (Fotografías: Diego Carmona Moreno Bello).

hay casos increíbles con animales. Uno de estos involucra a la especie de lagartija *Anolis cristatellus* Duméril & Bibron en Puerto Rico, donde las poblaciones que habitan dentro de las ciudades han evolucionado extremidades más largas y huellas dactilares que les permiten adherirse a superficies típicas de ciudades como tubos y paredes lisas (Winchell *et al.* 2016). Poder observar estas adaptaciones en ambientes urbanos resulta increíble y más si estos derivan en la evolución incipiente de nuevas especies. Tal es el caso de una nueva forma de mosquito llamada *Culex pipiens f. molestus* Forskål que habita en los túneles del metro de Londres y que se sugiere divergió de *Culex pipiens* L. a lo largo de 150 años a partir de la construcción de los túneles en 1860 (Byrne & Nichols 1999). Las diferencias que se han encontrado entre ambos mosquitos no solo son genéticas, sino también en sus hábitos alimenticios. Mientras *C. pipiens*, la forma ancestral, se alimenta de sangre de aves, *C. pipiens f. molestus* lo hace de mamíferos que habitan en los túneles, in-

cluyendo humanos. También se ha demostrado que la descendencia de la cruce de ambos tipos de mosquitos genera individuos estériles lo que indica una barrera reproductiva.

No cabe duda que la evolución ocurre frente a nosotros, y no hay que ir a ambientes prístinos y naturales para estudiarla, ya que también ocurre en nuestros jardines y parques, en las calles y banquetas de nuestras ciudades, pero es hasta hace poco tiempo que comenzamos a estudiar la evolución de adaptaciones a condiciones urbanas. Esto nos obliga a llevar la mirada a nuestra Ciudad, Mérida, la Ciudad Blanca, y preguntarnos si los organismos con los que convivimos día a día se adaptan a la ciudad que diseñamos. Una hermosa plantita de flores lilas, *Ruellia nudiflora* (Engelm. & A. Gray) Urb. (Acanthaceae), que crece en jardineras, banquetas y grietas en nuestra ciudad (Figura 4 A-B), y que resiste el chapeo constante y el desprecio de muchos, está comenzando a ser estudiada por investigadores de la Universidad Autónoma de Yucatán en el

contexto de ecología y evolución urbana. Próximamente sabremos cómo se está adaptando esta planta nuestra ciudad.

¿Alguna vez te imaginaste que las plantas que crecen en la jardinera de tu casa o en la banqueta de tu cuadra enfrentan el constante andar del proceso adaptativo?

Referencias

- Byrne K. y Nichols R.A. 1999.** *Culex pipiens* in London Underground tunnels: differentiation between surface and subterranean populations. *Heredity* 82: 7-15.
- Cheptou P.O., Carrue O., Rouifed S. y Cantarel A. 2008.** Rapid evolution of seed dispersal in an urban environment in the weed *Crepis sancta*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 3796-3799.
- Johnson M.T. y Munshi-South J. 2017.** Evolution of life in urban environments. *Science* 358: eaam8327
- Thompson J.N. 1998.** Rapid evolution as an ecological process. *Trends in Ecology & Evolution* 13: 329-332.
- Thompson K.A., Renaudin M. y Johnson M.T. 2016.** Urbanization drives the evolution of parallel clines in plant populations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283: 2016-2180.
- Winchell K.M., Reynolds R.G., Prado-Irwin S.R., Puente-Rolón A.R. y Revell L.J. 2016.** Phenotypic shifts in urban areas in the tropical lizard *Anolis cristatellus*. *Evolution* 70: 1009-1022.

Desde el Herbario CICY, 11: 52–57 (14-marzo-2019), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Germán Carnevali Fernández-Concha y José Luis Tapia Muñoz. 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 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 14 de marzo de 2019. 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.