

Bibliografía

- Bañares Á., Blanca G., Güemes J., Moreno J.C. & S. Ortiz, eds. (2004) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascul ar Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid, 1.069 pp.
- Bañares Á., Blanca G., Güemes J., Moreno J.C., & Ortiz S. (2010). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascul ar Amenazada de España. Adenda 2010*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino) Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. Madrid, 170 pp
- Iriondo J.M., Coord. 2011. *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascul ar Amenazada de España. Manual de metodología del trabajo corológico y demográfico*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino) Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. Madrid, 70 pp.
- Moreno J.C. (2010). *Lista roja 2010 de la flora vascul ar española. Actualización con los datos de la adenda 2010 al atlas y libro rojo de la flora vascul ar amenazada*. Madrid: Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino).
- POWO. *Plants of the World Online*. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Disponible en: <http://www.plantsoftheworldonline.org/> [Consulta: 07-06-2021].

TATIANA VILLARINO Pelayo, MARIO MAIRAL PISA

Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, Calle José Antonio Novais 12, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.

Educación ambiental

Las fuentes urbanas como puntos de biodiversidad: un paso más hacia una ciudad sostenible

Urban ponds as points of biodiversity: another step towards a sustainable city

Resumen / Abstract

“Del Cloro a la Biodiversidad” es la frase que da título al proyecto que actualmente se desarrolla en el IMGEMA-Real Jardín Botánico de Córdoba. El principal objetivo de esta iniciativa es la naturalización de fuentes urbanas, eliminando el agua clorada e introduciendo especies vegetales autóctonas. De esta manera no sólo se consigue eliminar el uso de compuestos químicos nocivos para el medio ambiente y reducir el consumo de agua, sino que se crean puntos de naturalización en el núcleo urbano. Una de las mayores fortalezas de este proyecto es que las especies utilizadas son macrófitas acuáticas autóctonas. Esta práctica permite lidiar con la proliferación de plantas exóticas invasoras. La creciente contaminación de las ciudades, la escasez de agua dulce y el cambio climático, pueden combatirse mediante una política y gestión urbana que contemple las estructuras verdes como piezas vertebradoras del diseño de las urbes.

“From chlorine to Biodiversity”; a short phrase that titles the project that is being developed in the IMGEMA- Royal Botanic Garden of Córdoba. The main objective of this initiative is the naturalization of urban ponds, removing chlorinated water and introducing autochthonous macrophytes species. In this way it is not only possible to eliminate chemical compounds harmful to the environment and reduce water consumption but also ecological restoration points are created in cities. One of the greatest strengths of this project is that the species used are autochthonous aquatic macrophytes. This practice makes it possible to deal with the proliferation of invasive exotic plants. The growing pollution of cities, the scarcity of water and climate change can be tackled through urban policies and management strategies that considers green structures as backbones of the design of cities.

Palabras clave / Keywords

Naturalización de fuentes, infraestructura verde, macrófitos acuáticos, plantas acuáticas nativas.

Ponds naturalization, green structure, aquatic macrophytes, native aquatic plants.a

Introducción

En plena crisis sanitaria provocada por la Covid-19 parece apropiado reflexionar acerca de la situación actual de la insostenibilidad ecológica de los espacios urbanos, sus grandes carencias y sus innegables fortalezas.

Fue a finales del mes de mayo de 2020 cuando, tras semanas de confinamiento domiciliario, las personas nos “echamos a la calle” deseosos de disfrutar del aire libre, de pasear e incluso correr por la ciudad como nunca lo habíamos hecho. Los parques, jardines y paseos se convirtieron en los espacios más solicitados y seguros. Resultó curioso comprobar cómo, en tan sólo semanas, el aspecto de estos lugares había cam-

biado. La vegetación espontánea había colonizado rincones antes tratados con fitosanitarios para erradicar las plantas arvenses. En un corto espacio de tiempo aparecieron pequeñas zonas de biodiversidad, no habituales en la ciudad.

Nacieron entonces iniciativas para conservar el “verde urbano” e incluso ayuntamientos como el de Barcelona modificaron su protocolo de mantenimiento en parques y jardines. Parece que el reencuentro que se produjo entre los ciudadanos y las ciudades puso de manifiesto la necesidad de contar con espacios urbanos amables, aptos para ser disfrutados tanto individual como colectivamente y que nos recordaran a los espacios naturales que habían sido inaccesibles durante



Figura 1. Cambio experimental en la Fuente de la Rana tras su naturalización (Autoras: Mónica López y Bárbara Martínez).

varias semanas. Pero, ¿cumplen las ciudades actuales estas características?

Si recordáramos el primer lugar al que cada uno de nosotros acudió tras haber pasado muchos días encerrados en nuestros hogares, seguro que algunos coincidiremos en nuestra elección: lugares en los que poder contemplar los árboles, las flores, los pájaros... en definitiva, la naturaleza.

La Biodiversidad como aliada

El efecto protector de la biodiversidad ante patógenos e infecciones fue planteado hace veinte años en varios trabajos científicos (Keesing, 2000) y demostrado a través de varios ejemplos (Johnson y Thielges, 2010). El empobrecimiento y simplificación de los ecosistemas, dejando sólo las especies que interesan por su rentabilidad económica o cualquier otra visión antropocentrista no sale gratis. La consecuencia es la existencia de bosques cada vez más sensibles a las perturbaciones y que han dejado de protegernos como debieran hacerlo, ya que han dejado de cumplir sus funciones ecológicas (Valladares, 2020).

No sólo se están perdiendo especies a un ritmo mil veces mayor que el que se produciría de forma natural (de Vos *et al.*, 2015), sino que también desaparecen con ellas los procesos biológicos responsables de la amortiguación de la contaminación y el avance de muchas enfermedades y plagas. El equilibrio se ha roto.

Evidentemente, este efecto protector de la vegetación se ha perdido casi por completo en las ciudades donde las zonas verdes quedan relegadas a la periferia y los parques y jardines de la ciudad suponen un porcentaje de la superficie total claramente insuficiente en relación con una población en aumento.

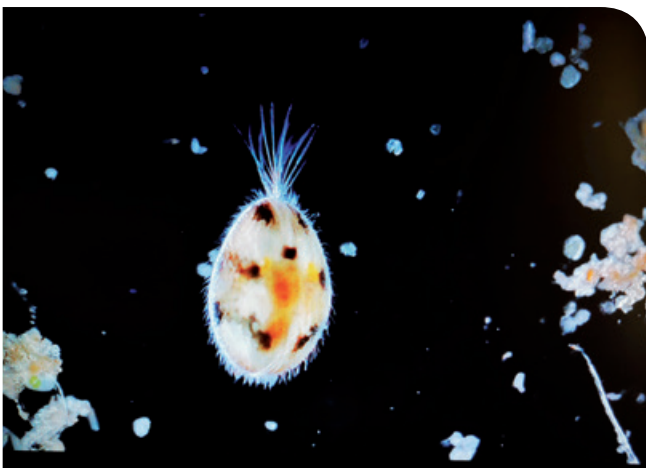


Figura 2. Ostrácodo de la especie *Cypridopsis vidua*. (Autor: Juan Antonio García Barrera).

Si nos centramos en el uso de las aguas contenidas en fuentes de las zonas verdes urbanas, encontramos que el mantenimiento realizado para dotarlas de una mínima salubridad y contener la colonización por dípteros hematófagos (mosquitos entre otros), se ha venido realizando mediante el uso de químicos clorados.

Esta visión, alejada completamente de la conservación de la biodiversidad dentro de las ciudades, vuelve a poner de manifiesto la gran brecha ecológica que separa la gestión de los núcleos urbanos y el respeto del medio ambiente. El agua se ha convertido en un valor que debemos proteger como un vehículo de conservación del patrimonio natural en las ciudades.

La experiencia de la naturalización de las fuentes del Real Jardín Botánico de Córdoba

En el año 2019, cuando nadie se podía imaginar que un año después la humanidad se vería fuertemente azotada por una pandemia, el Real Jardín Botánico de Córdoba había comenzado de forma tímida a dar los primeros pasos de un nuevo proyecto.

Este jardín de siete hectáreas se extiende en una franja rectangular en la margen derecha del Guadalquivir a su paso por el centro de la ciudad. El diseño hispanoárabe que caracteriza sus distintos espacios incluía varias fuentes que hasta la fecha mantenían sus aguas inertes y desinfectadas con productos clorados (tabletas de hipoclorito sódico comercializadas con el nombre genérico "Cloro de 4 acciones: desinfectante, estabilizador de pH, alguicida y floculante"). Esta práctica suponía el vaciado cíclico de los 30.000 litros de agua de dichas fuentes y un coste en cloro aproximado de 600 euros al año.

Esta situación cada vez más insostenible medioambientalmente, unida a la necesidad de crear una nueva colección de plantas acuáticas, puso de manifiesto la oportunidad de utilizar las fuentes como lugares idóneos para albergar este tipo de especies.

Una modificación en los protocolos de trabajo, tanto en jardinería como a nivel técnico, provocó un cambio de rumbo en el que las actuaciones desarrolladas iban dando sus frutos de manera exponencial. Los resultados obtenidos, las especies a elegir, el tipo de naturalización, el clima y la temperatura fueron perfilando de manera casi natural el grupo de plantas que realmente eran efectivas ecológicamente, resultando las especies autóctonas las que presentaban una mejor adaptación. Los errores cometidos y la mala elección de especies en alguna ocasión fueron de vital importancia para perfilar el protocolo de trabajo actual, desechándose prácticamente las de reproducción estolonizante por la facilidad de reproducción y expansión (Fig. 1).



Figura 3. *Alisma lanceolatum* With. y *Potamogeton nodosus* Poir. (Autora: Soledad Gallardo)

Al inicio del proyecto se adecuaron los fondos de las fuentes, proporcionando un hábitat necesario para el asentamiento de microorganismos acuáticos (euglenas, paramecios, rotíferos, hidras, diatomeas, etc.) A estos los acompañó un heterogéneo grupo de crustáceos acuáticos compuestos por cladóceros, copépodos y ostrácodos, algunos tan curiosos como *Cypridopsis vidua*, ostrácodo asociado a las praderas de algas ovas del género *Chara* (Fig. 2). Además, estos espacios también fueron colonizados por insectos voladores que poseen larvas de vida acuática, como odonatos (libélulas y caballitos del diablo), hemípteros (barqueros y zapateros) o efímeras, de manera natural. En menos de un año, se han contabilizado seis especies de libélulas, destacando entre todas ellas la mayor libélula europea, *Anax imperator*. La mayoría de estas especies son depredadoras de mosquitos.

Otro grupo que se ha visto beneficiado tras la eliminación del cloro en el agua es el de los anfibios. Así, la rana común *Pelophylax perezi* ha visto crecer sus poblaciones, siendo sus coros, en las noches de verano, un elemento singular del paisaje sonoro del Jardín. Se han constatado también puestas de gallipato *Pleurodeles waltl*, anfibio urodelo observado en varias ocasiones, que ahora gracias a este proyecto encuentra lugares adecuados para su reproducción.

De forma espontánea también han aparecido otras especies como las culebras de agua *Natrix maura* y las aves, desde mirlos, *Turdus merula*, hasta lavanderas, *Motacilla alba*, se concentran ahora en este nuevo punto de naturalización.

La vegetación es introducida de manera artificial, plantando y colocando las diferentes especies a distintos niveles para conseguir el efecto deseado. La colección cuenta con más de 50 especies de hidrófitos de aguas dulces típicos de los ecosistemas mediterráneos. Completan la colección las praderas de carófitos del género *Chara*, algas conocidas como ovas y responsables de controlar los niveles de eutrofización del agua. (Tabla 1).

Las especies ibéricas están situadas en las fuentes exteriores y son realmente con las que se trabaja para la creación de puntos de naturalización. Están representadas por los géne-

ros *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Samolus*, *Lemna*, *Veronica*, *Ranunculus* y los más conocidos, los nenúfares de los géneros *Nymphaea* y *Nuphar*. Las plantas palustres más utilizadas en las fuentes son los llantenos de agua *Alisma lanceolatum*, arroyuelas *Lythrum salicaria*, mentas *Mentha cervina* y *Mentha pulegium* y junquillos *Eleocharis palustris*, así como juncos churreros *Scirpoides holoschoenus* o sauces *Salix* spp. (Fig. 3).

Las hojas deterioradas y el exceso de materia orgánica visible es eliminada en su mayor parte por gasterópodos *Lymnaea* sp., la gran caracola de estanque, contribuyendo así a la limpieza del agua, mientras que la materia orgánica que el ojo humano no alcanza a diferenciar es filtrada por rotíferos y otros microorganismos, completando así un ciclo vital.

El resultado de estas interacciones no es otro que el de aguas transparentes incluso en verano. Es necesario señalar que, a pesar de las elevadas temperaturas que alcanza el agua de las fuentes durante esta estación, no se aprecian signos de eutrofización en ella debido al efecto oxigenante y depurador de las plantas elegidas.

Cabe señalar que cuando la actividad rutinaria del jardín (labores de jardinería, mantenimiento, riegos, etc.) se vio mermada o incluso interrumpida por la situación de la pandemia, las fuentes ya naturalizadas siguieron el proceso ecológico de autorregulación de forma natural, requiriendo poco trabajo una vez que se produjo la vuelta a la dinámica habitual. Sencillos trabajos de poda de las especies palustres y eliminación de las algas filamentosas que habían proliferado fueron las tareas que se realizaron.

Transcurridos varios meses desde las primeras actuaciones, tanto los enormes beneficios ambientales que ha supuesto la naturalización de las fuentes, como su gran potencial desde el punto de vista divulgativo y educativo, han posibilitado la puesta en marcha de un proyecto denominado "Del cloro a la Biodiversidad". Así, el RJBC persigue, además de una intervención en sus instalaciones, extrapolar esta exitosa experiencia a fuentes y estanques urbanos de la ciudad.

La meta: una ciudad más naturalizada

Las plantas son paradigmas de la vida contemporánea por su flexibilidad y fortaleza frente a la fragilidad del mundo humano actual (Mancuso, 2017). Estudiando las soluciones que las plantas encuentran a los múltiples retos a los que se enfrentan, podemos extraer de ellas modelos para inspirar soluciones a algunas de las problemáticas actuales. La escasez de agua dulce, la falta de superficie cultivable, la creciente contaminación de las ciudades y el cambio climático, pueden comenzar a paliarse mediante una política y gestión urbana que contemple las estructuras verdes como piezas vertebradoras del diseño de las urbes.

Queda claro que las ciudades no pueden ni deben seguir diseñándose de espaldas a la naturaleza. Azoteas, muros, paredes y estanques siguen estando vergonzosamente vacíos en ciudades que siguen creciendo en detrimento de superficies que puedan contribuir a la conservación y mantenimiento de la biodiversidad, la alimentación y al bienestar social. ¿Por qué no utilizar estos espacios vacíos y desaprovechados? (Fig. 4).

Las actuales tendencias del diseño urbano pueden traer grandes beneficios a las ciudades y la fauna y flora deben ser la pie-



Figura 4. Niñas observando nenúfares de la especie *Nuphar luteum* L. (Foto: Mónica López).

Especies vegetales empleadas en la naturalización de las fuentes

(*) Especie vulnerable (**) Especie en estado crítico (***) Especie extinta
Lista Roja de la Flora Vasculosa de Andalucía (Cabezudo, 2005)

<i>Adiantum capillus-veneris</i>	<i>Mentha cervina</i>
<i>Alisma lanceolatum</i>	<i>Mentha longifolia</i>
<i>Allium schmitzii</i> *	<i>Mentha pulegium</i>
<i>Apium nodiflorum</i>	<i>Myriophyllum alternifolium</i>
<i>Callitriche</i> sp.	<i>Myriophyllum spicatum</i>
<i>Callitriche stagnalis</i>	<i>Nuphar luteum</i> subsp. <i>luteum</i> **
<i>Carex</i> sp.	<i>Nymphaea alba</i> **
<i>Chara vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i>	<i>Pilularia minuta</i> **
<i>Cyperus longus</i>	<i>Polygonum amphibium</i>
<i>Cyperus papyrus</i>	<i>Potamogeton natans</i>
<i>Eleocharis palustris</i>	<i>Potamogeton nodosus</i>
<i>Eryngium corniculatum</i> *	<i>Potamogeton pusillus</i>
<i>Euphorbia fluviatile</i>	<i>Ranunculus peltatus</i> subsp. <i>saniculifolia</i>
<i>Glyceria declinata</i>	<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	<i>Salix</i> sp.
<i>Juncus striatus</i>	<i>Samolus valerandi</i>
<i>Lemna minor</i>	<i>Scirpoides holoschoenus</i>
<i>Limniris pseudocorus</i>	<i>Thypha domingensis</i>
<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Umbilicus rupestris</i>
<i>Lythrum</i> sp.	<i>Utricularia australis</i> ***
<i>Marsilea quadrifolia</i>	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>
<i>Marsilea strigosa</i> *	

za fundamental en estas nuevas corrientes. Además, numerosas ciudades están incluyendo estas nuevas estructuras verdes como un punto más a conocer en sus itinerarios turísticos. La arquitectura verde, afortunadamente, está de moda.

Políticos y gestores no deben ya escudarse en la falta de herramientas para incluir en sus programas este tipo de actuaciones. Son numerosas las herramientas que en los últimos años se vienen desarrollando desde los distintos niveles de organización territorial, como son los Objetivos para el Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030 desarrollados por la ONU.

Ante este escenario, los jardines botánicos no podemos mantenernos al margen. La experiencia acumulada por estas instituciones en cuanto al conocimiento y manejo de la vegetación, así como de la divulgación de su importancia nos hace ser actores fundamentales e influyentes para el cambio que requieren las ciudades. La búsqueda de sinergias con otros expertos como naturalistas urbanos, arquitectos ecológicos y urbanistas verdes (Schilthuisen, 2019) se hace imprescindible para llevar a buen término un modelo de ciudad más natural y sostenible, en definitiva, más humana.

Tabla 1. Especies empleadas en la naturalización de las fuentes

Bibliografía

- Keesing, F. & R. Ostfeld (2000) Biodiversity series: The function of biodiversity in the ecology of vector-borne zoonotic diseases. *Canadian Journal of Zoology* 78: 12.
- Johnson P.T.J. & D.W. Thieltges (2010) Diversity, decoys and the dilution effect: how ecological communities affect disease risk. *Journal of Experimental Biology*.
- Cabezudo, B. et al. (2005). *Lista Roja de la Flora Vasculosa de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Comunicación CE-249 (2013) Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa.
- Cirujano S.; Meco A. & P. García (2014) *Flora acuática española. Hidrófitos vasculares*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- de Vos J.M., Joppa L.N., Gittleman J.L., Stephens P.R. & S.L. Pim (2014) Estimating the normal background rate of species extinction. *Conservation Biology* 29: 452–462.
- Díaz A. (2016) Naturalización de estanques y fuentes ornamentales. *Guía operativa Conservación de la Biodiversidad en el ciclo integral del agua*. Barcelona.
- Mancuso, S (2017) *El futuro es vegetal*. Ed. Galaxia Gutenberg, Barcelona.
- Schilthuisen, M (2019) *Darwin viene a la ciudad. La evolución de las especies urbanas*. Ed. Turner, Madrid.
- Valladares, F (2020) *La ecuación de la crisis*. www.valladares.info
- Zaldivar, J (2020) *10+1 principios del espacio público para la era post-coronavirus. A través de un proyecto: La Campa de La Teixonera*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

BÁRBARA MARTÍNEZ ESCRICH¹ Y MÓNICA LÓPEZ MARTÍNEZ²

¹. Área Educativa del IMGEMA-Real Jardín Botánico de Córdoba. Avda. de Linneo S/N. edu.bmartinez@jardinbotanicodecordoba.com

². Herbario COA. IMGEMA-Real Jardín Botánico de Córdoba. Avda. de Linneo S/N.