

La flora de la ciudad de Madrid como modelo para la integración de la conservación de la biodiversidad en el diseño urbanístico

Felipe Domínguez Lozano^{1,*} , Rut Sánchez de Dios¹ , Francisco José Cabezas Fuentes¹ , Beatriz Pías Couso¹

(1) Unidad de Botánica. Dto. de Biodiversidad, Ecología y Evolución. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. C/ José Antonio Novais, 12. Ciudad Universitaria. 28040 - Madrid. España.

* Felipe Domínguez Lozano [felipe.dominguez@bio.ucm.es]

> Recibido el 17 de febrero de 2021 - Aceptado el 22 de marzo de 2022

Como citar: Domínguez Lozano, F., Sánchez de Dios, R., Cabezas Fuentes, F.J., Pías Couso, B. 2022. La flora de la ciudad de Madrid como modelo para la integración de la conservación de la biodiversidad en el diseño urbanístico. *Ecosistemas* 31(1): 2182. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2182>

La flora de la ciudad de Madrid como modelo para la integración de la conservación de la biodiversidad en el diseño urbanístico

Resumen: La flora de las ciudades no ha sido objeto de demasiada atención conservacionista en el pasado. En este trabajo se ofrece un análisis de las posibilidades de conservación de la biodiversidad vegetal en el medio urbano valorando algunas herramientas desarrolladas por la Biología de la Conservación: áreas protegidas, reintroducciones, hábitats artificiales, arboricultura y jardinería. Después, se utiliza la flora de la ciudad de Madrid como posible modelo de aplicación de las medidas conservacionistas generales expuestas. Se mencionan algunas de las extinciones locales mejor documentadas en la ciudad y se propone el uso de distintos tipos de microrreservas (estratégicas, potenciales o *de novo*, y de extrarradio) para intentar evitar extinciones adicionales en el futuro. Se concluye con una propuesta novedosa de estrategia de gestión de la biodiversidad consistente en el encaje biótico dentro del planeamiento urbanístico general de las ciudades. El encaje biótico persigue, entre otros objetivos, incorporar a técnicos en biodiversidad en las plantillas locales de las ciudades para alcanzar una gestión más completa de las áreas verdes urbanas.

Palabras clave: conservación de la biodiversidad urbana; extinciones; flora urbana; microrreservas urbanas; plantas amenazadas

Madrid flora as a model system for engaging biodiversity conservation in urban planning

Abstract: The conservation of urban floras has not been of special concern in the past. We analyzed some of the most important tools that Conservation Biology currently offers to protect urban plant biodiversity: protected areas, species reintroductions, man-made habitats management and horticulture. Then, we use the flora of the city of Madrid as a model to test conservation measures usually employed in more natural settings. We document some of the best-known examples of local extinctions in the city. We proposed three types of micro-reserves for urban plant conservation: strategic micro-reserves, *de novo* micro-reserves and, outskirts micro-reserves. We conclude with a new urban biodiversity conservation strategy proposal that focus on the biotic fit in urban planning. Among other objectives, we stress the need to incorporate conservation biologists into public urban agencies.

Keywords: extinction; urban biodiversity conservation; urban flora; urban micro-reserves; threatened plants

Introducción

Con la aparición de las ciudades clásicas, aquellas con un desarrollo urbanístico que se extiende por periodos de varios siglos, se produjo una transformación de los hábitats naturales y una extinción masiva inicial de la biodiversidad (Hahs et al. 2009). La rápida extinción inicial fue acompañada además por una tasa de desaparición más o menos constante en las islas seminaturales remanentes, que se ha achacado a diversas causas más o menos indirectas: alteración del microclima, del régimen de perturbaciones, de los ciclos de nutrientes y agua o de la dinámica poblacional (Hahs et al. 2009; Duncan et al. 2011).

Con el paso del tiempo, y desde el cambio contemporáneo en los modelos de urbanización hacia una ciudad más dispersa (Otero-Enríquez 2017), la respuesta de la biodiversidad ha sido más compleja, y la extinción inicial ha dejado paso a un tipo de biodiversidad a todas luces distinta a la inicial (McKinney 2008; Con-

cepción et al. 2016). En la actualidad, el rápido crecimiento de la urbanización (Seto et al. 2012; Tudela y Delgado 2018; United Nations 2019) ha incrementado el contacto súbito de las zonas urbanas y las zonas naturales, muchas ya dotadas de protección (Jones et al. 2018). En este escenario dinámico muchos autores han señalado la necesidad de mejorar las actividades de conservación urbana e incluirlas dentro de la planificación urbana general (Goddard et al. 2010; Müller et al. 2013; McDonald 2015; Garrard et al. 2018). Trabajos recientes coinciden en señalar que la planificación actual en las ciudades está falta de unos objetivos medibles y además se encuentra sesgada hacia un enfoque ecosistémico o de restauración de hábitats, siendo pocos los que se centran en la conservación de la biodiversidad (Nilon et al. 2017; Xie y Bulkeley 2020).

El objetivo de la presente contribución es proponer un modelo urbano de conservación, en el cual la conservación de la biodiversidad urbana se considere, como casi cualquier asunto en las ciudades (incluidos los ambientales), como un problema de diseño y

planificación. Abordamos este objetivo revisando primero las cualidades de la biodiversidad urbana según los distintos tipos de especies (McKinney 2002) y después algunas de las herramientas desarrolladas por la Biología de la Conservación (ciencia que analiza los problemas de supervivencia de especies y hábitats y que ofrece soluciones o medidas encaminadas a evitar su extinción, Groom et al. 2005; Tellería 2012). Tomamos el caso de la ciudad de Madrid y su flora vascular para ilustrar nuestras propuestas.

Una mezcla original de especies para las ciudades modernas

La biodiversidad urbana queda conformada por distintos tipos, o componentes, de especies, en un número mayor de lo que pudiera parecer a primera vista. De esta manera, existe un conjunto de especies que paulatinamente se han ido estableciendo en los medios urbanos, la presencia de estos animales, plantas y otros organismos, estudiados ahora bajo el paraguas del término explotadores urbanos (Blair 1996; McKinney 2002), es muchas veces conspicua. Pese a su diversidad y distinto origen, suelen tener características biológicas comunes; especies gregarias, poco exigentes en la calidad del hábitat, buenas propiedades reproductoras y una numerosa descendencia por individuo (Palomino y Carrascal 2005). En este grupo encontramos frecuentemente especies alóctonas, organismos que aprovechan las vacantes creadas por la constante alteración urbana, en las que podemos incluir las actividades de ajardinamiento, para establecerse de manera más o menos permanente (van Heezik et al. 2014; Rastandeh et al. 2017). Pero no faltan tampoco especies autóctonas, en este caso con poblaciones más numerosas que las originarias en el medio natural, e igualmente resistentes a las perturbaciones (McKinney 2006). Dentro de este grupo está la flora ruderal (Kowarik et al. 2018).

Debemos hacer notar qué, además, se ha producido la desaparición en la ciudad de las especies más raras o especialistas, precisamente responsables de la singularidad del hábitat original, y que fueron los principales sujetos de esa extinción masiva inicial señalada más arriba (Drayton y Primack 1996). De ahí, que otro grupo a considerar está constituido por especies que han quedado acantonadas en ciertos reductos naturales todavía presentes, tras siglos de intervención, en las ciudades. Se trata de poblaciones de especies locales, refugiadas en pequeños fragmentos urbanos de hábitats más o menos naturales (Aronson et al. 2014). Son organismos muy importantes porque confieren singularidad a la biota urbana y permiten mantener la caracterización biogeográfica y ecológica del territorio donde están localizadas. En el caso de las plantas, por ejemplo, cada ciudad desde su fundación, y dependiendo de su contexto biogeográfico y del proceso histórico humano, heredará un grupo florístico más o menos característico (Duncan et al. 2011; Hahs y McDonnell 2014). En algunos casos como el de la ciudad de Madrid (España), la constitución de la biodiversidad vendrá determinada por su desarrollo original a partir de un contexto agrícola, distinto por ejemplo al de ciudades como San Francisco (California, E.E.U.U.) que por el contrario surgió en un entorno mucho menos transformado, rodeada de grandes extensiones naturales (Connor et al. 2002; Schwartz et al. 2002).

Dentro de estas especies autóctonas presentes en las ciudades, se encuentra un grupo especialmente sensible por la falta de espacio, compuesto por especies cuyo acercamiento a la ciudad se está produciendo en la actualidad por la eliminación y alteración de su hábitat natural y que forman parte en el presente de la biota urbana o periurbana. Debido a la acelerada expansión urbana, plantas y animales que ya no tienen esas características de aclimatación a las ciudades mencionadas más arriba, habitan en lugares cada vez más cercanos a las grandes aglomeraciones humanas (una exposición teórica puede encontrarse en Kowarik et al. 2018 y un ejemplo particular en la ciudad de Melbourne (Kendal et al. 2017).

Como resultado de todo esto, en torno a las ciudades hoy conviven distintos tipos de especies, provocando una mezcla muy lla-

mativa de organismos comunes (las especies domésticas, invasoras o tendentes al cosmopolitismo) y de especies locales más o menos raras, refugiadas en pequeños fragmentos urbanos de hábitats remanentes o encajadas en zonas naturales engullidas por el urbanismo reciente (Szlávecz et al. 2011; Planchuelo et al. 2019), en un fenómeno que se reconoce como homogeneización urbana (McKinney 2002; Olden et al. 2004).

Redescubrimiento del potencial natural urbano: el papel de la Biología de la Conservación

Los orígenes de la conservación urbana surgen desde la Ecología en los años 70 (véase Terradas 2001 y las referencias que ofrece esta obra). Hoy además, se ha desarrollado la disciplina conocida como Biología de la Conservación. Uno de sus postulados fundamentales es conservar el potencial evolutivo de las especies (Soulé 1985), es decir mantener la naturalidad, como resultado de lo cual hay en la actualidad una serie de herramientas destinadas a evitar la pérdida de especies, el diseño de áreas protegidas, la gestión demográfica de poblaciones o el desarrollo de políticas o estrategias de conservación son algunas (Meffe et al. 2006; Sodhi y Ehrlich 2010; Domínguez Lozano 2019).

Todos estos instrumentos se han venido aplicando con éxito en biomas o ecosistemas naturales (bosques tropicales, montañas, etc.). Sin embargo, consideramos que necesitan ser repensados para conocer su verdadera aplicación en el ambiente urbano. A continuación, en los siguientes epígrafes ofrecemos nuestra valoración breve de algunos.

Diseño de espacios protegidos

El diseño de un sistema de áreas protegidas efectivo, en el número, tamaño y forma de las áreas ha sido siempre un objetivo conservacionista (Margules y Pressey 2000), y la ciudad supone un nuevo e interesante ambiente para el diseño de estos espacios. Sobre el tamaño del área protegida, resulta obvio señalar que los espacios disponibles para la conservación en la ciudad siempre serán mucho más reducidos en extensión que en cualquier otro caso, por lo que se suele usar el término de microrreservas (Laguna Lumbreras et al. 2004) (Cuadro 1a). Su reducido tamaño puede que no garantice la viabilidad futura del ecosistema que pretenden proteger, sobre todo si se encuentran rodeadas de un entorno artificial, donde la conectividad entre reservas es muy baja o inexistente, ya que poco se sabe del efecto del aislamiento sobre las poblaciones de las especies que viven en las microrreservas (Kendal et al. 2017).

Además, la consideración actual de que el desarrollo urbanístico *per se* está ligado a un incremento de la riqueza y la salud económica ha producido una expansión rápida de la construcción en numerosos lugares (Burriel de Orueta 2008; Tudela y Delgado 2018), reduciendo hasta el mínimo la distancia entre zonas naturales y ciudades (Concepción et al. 2016; Jones et al. 2018). En numerosas ocasiones donde antes había una transición más o menos gradual desde los centros urbanos a los parajes naturales, ahora se produce un contacto súbito (Cuadro 1b), un cambio brusco entre las zonas de alta densidad humana y los hábitats naturales de gran calidad biológica (Domínguez Lozano 2019). El contacto súbito trae como consecuencia que áreas protegidas clásicas, con una superficie muy superior a las de las microrreservas queden ahora bajo la influencia directa de las ciudades (Cuadro 1c).

Reintroducciones en el medio urbano

La Biología de la Conservación ofrece una respuesta rápida a la necesidad de incrementar la supervivencia de los individuos de una población: la reintroducción (Seddon et al. 2007), y la traslocación (las recomendaciones de la UICN en IUCN/SSC 2013). En un nuevo avance de este tipo de intervenciones, no es raro encontrar ahora propuestas para restaurar todo un hábitat para intentar recrear las situaciones naturales de partida (Escudero 2002).

Por el momento son escasas las experiencias en traslocaciones o reintroducciones de especies amenazadas en el ámbito urbano (**Cuadro 1d**). Bajo nuestro punto de vista, deben tenerse en cuenta algunas particularidades en la planificación de reintroducciones urbanas. Una de ellas es la limitación de espacio, que hace que la superficie disponible para encajar los individuos reintroducidos será mucho más reducida que las reintroducciones en el medio natural. Unida a esta característica irá asociada la viabilidad futura de las poblaciones generadas, y no solo en términos de viabilidad demográfica, es decir, sobre las probabilidades de la pervivencia en el tiempo de una población con una dinámica estable, sino por su viabilidad funcional. El entorno urbano puede propiciar una artificialidad de las poblaciones reintroducidas, aún mayor que en el caso de reintroducciones en el medio natural. Precisamente por este carácter artificial del medio donde se introducen se puede pensar que hay más posibilidades de una domesticación del comportamiento en el caso de los animales, y una suerte de ajardinamiento no deseado si tratamos con plantas (**Hobbs 2007; Ricciardi y Simberloff 2009**).

Por estas razones, y pese a ser un recurso muy accesible para la gestión urbana, resulta recomendable usar otras herramientas conservacionistas en ambientes urbanos y no favorecer las traslocaciones o reintroducciones urbanas, puesto que pueden tener incluso menos éxito biológico que las reintroducciones en medios menos alterados, que ya suelen ser poco exitosas (**Godefroid et al. 2011**).

Hábitats artificiales y diseño urbano

Las ciudades son uno de los más claros exponentes de lo que se ha venido denominando antropomas (**Ellis 2015**). Tanto es así, que los hábitats artificiales están muy presentes en cualquier ciudad, ofreciendo posibilidades de colonización y la aparición de comunidades vegetales (y de animales asociados) exclusivas. Así pues, según algunas clasificaciones (**Zerbe et al. 2004; Müller et al. 2013**) existen más de 10 tipos de hábitats artificiales en una ciudad, por ejemplo, los parterres y alcorques propios de las calles arboladas (**Fig. 1**), los bosques artificiales (**Cuadro 1e**) o los muros y paredes empedradas (**Cuadro 1f**).

Una de las características de estas comunidades es la participación de especies alóctonas, lo que les aleja todavía más de las

condiciones de naturalidad previas (**Kowarik 2011**). Tradicionalmente, las especies alóctonas han sido englobadas dentro de los aspectos negativos del funcionamiento de los hábitats naturales (**Vitousek et al. 1997; MEA 2005**). Especialmente beligerante se ha sido con las especies alóctonas invasoras, realizándose costosas campañas de erradicación en no pocos sitios (**Simberloff 2001; van Wilgen et al. 2008**). Sin embargo, si nos situamos frente a hábitats artificiales urbanos su papel está menos estudiado (**Szlávecz et al. 2011**). En nuestra opinión, es necesario esclarecer la función de las plantas alóctonas en la configuración y viabilidad de estos hábitats artificiales, ya que es posible que su establecimiento resulte imprescindible para la naturalización futura de estos ambientes en las áreas urbanas. No debemos olvidar que la dinámica de las ciudades hace imposible no considerar estos hábitats en el diseño conservacionista, puesto que taludes, solares vacíos, medianas, muros, son espacios que se crean, desaparecen, o se transforman recurrentemente en las calles de cualquier ciudad del mundo, propiciando una red de sitios disponibles cuya localización cambia de forma permanente, pero sin que la representatividad absoluta se vea sensiblemente afectada (hiperdinamismo).

La asociación entre hiperdinamismo y flora alóctona, aunque permita o favorezca la convivencia con parte de la flora natural urbana, tiene como contrapartida dificultar el mantenimiento de especies autóctonas más exigentes y ser la antesala para su extinción (**Hahs et al. 2009; Hahs y McDonnell 2014**).

Por otra parte, algunos hábitats artificiales, tras décadas sin intervención, albergan un considerable número de especies, algunas con las únicas poblaciones remanentes de un pasado no urbano. Tal es el caso de algunos descampados, parcelas sin uso salpicadas por el paisaje urbano, con interesantes comunidades vegetales, según han reconocido diversos autores (**Grijalbo Cervantes et al. 2012**). En estos casos, la gestión conservacionista, si así se decide, implicaría unas medidas encaminadas a generar desde estos hábitats artificiales asentados unos espacios más naturales tras actividades de restauración (**Standish et al. 2012**).

Los hábitats artificiales, originados fuera de toda planificación y diseño conservacionista, en la actualidad hacen posible el mantenimiento de biodiversidad en las ciudades y además, llegado el caso, la transición hacia situaciones de mayor naturalidad (**Hobbs et al. 2006**).



Figura 1. Alcorque con *Plantago lagopus*, *Echium plantagineum*, *Diplotaxis*, *Hordeum murinum*, y *Erodium cicutarium* en las proximidades del parque de San Isidro madrileño.

Figure 1. Tree pit with *Plantago lagopus*, *Echium plantagineum*, *Diplotaxis*, *Hordeum murinum*, and *Erodium cicutarium* in the vicinity of San Isidro public park of Madrid.

Introducción de la biodiversidad en la arboricultura y jardinería

El carácter ornamental de los árboles urbanos, ha dado paso, con la llegada de la ecología urbana (Terradas 2001; McDonald 2015) a reconocer su valor en el mantenimiento de la salud ambiental del ecosistema urbano. Sin embargo, frecuentemente se olvida su origen, los árboles urbanos son inicialmente elementos de un bosque natural, donde forman parte de una comunidad vegetal y contribuyen a la biodiversidad general. En la ciudad, una calle arbolada al uso ofrece también posibilidades de detectar especies asociadas a los árboles plantados. Basándonos en la obra (Izuzquiza 2019), estimamos que hasta 100 especies de flora podrían mantener poblaciones viables en una calle arbolada, eso sin contar la entomofauna, la fauna edáfica y a otros animales como las aves (Cuadro 1g). Un diseño de “las calles de la biodiversidad” sobrepasa con mucho las intenciones de este artículo, pero según nuestro criterio, debería considerarse como meta básica el fomento de la naturalidad. Este plan pasaría por incrementar la heterogeneidad, en la plantación (primando las plantas autóctonas y las distintas fenologías), y en el espacio (tanto en superficie, por ejemplo, con alcorques de diversos tamaños, como en fisionomía, con matas, arbustos y no solo árboles). Paralelamente es imprescindible el fomento de los procesos biológicos (reservando espacio horizontal y vertical para la creación de oportunidades de colonización para la flora urbana) y la compatibilidad con el uso ciudadano (ausencia de especies espinosas, venenosas, etc).

La jardinería urbana es también un elemento más en el diseño de la conservación urbana (Müller et al. 2013). Tampoco aquí es nuevo el requerimiento de adaptarla a unas condiciones más naturales, con una corriente en el mundo del paisajismo que tradicionalmente ha defendido el uso de especies locales, véase por ejemplo (Seddon y Totterdell 2005). ¿Qué supone para la Biología de la Conservación una jardinería urbana más conservacionista? Aunque la lista de especies autóctonas útiles en jardinería y paisajismo es amplia, debemos señalar aquí algunas restricciones que deben considerarse atendiendo al estado de conservación de las especies. En particular, el uso de especies amenazadas en jardinería ornamental no debe olvidar que éstas tienen una distribución reducida de forma natural y frecuentemente una densidad poblacional también baja (Domínguez Lozano y Schwartz 2005). Su empleo masivo en jardines corre el riesgo de desvirtuar su papel en el ecosistema natural del que provienen (ver Cuadro 1h para un ejemplo concreto).

La flora de Madrid como ejemplo para la conservación de la biodiversidad urbana

La ciudad de Madrid es un caso idóneo para evaluar las posibilidades de conservación de una gran ciudad que ha sufrido un periodo rápido de urbanización reciente (Valenzuela Rubio 2019), y la flora urbana podría ser un buen indicador de las posibilidades reales de una renaturalización ampliable a más grupos y territorios.

Extinciones en Madrid

Del análisis de los trabajos botánicos disponibles sobre la flora de Madrid (principalmente Cutanda 1861; y posteriormente García Antón 1982), se desprende que al menos un centenar de plantas vasculares habrían perdido sus poblaciones madrileñas en los últimos 200 años, o sea han sufrido extinciones locales (datos sin publicar). Sin dejar de considerar a las extinciones locales como un problema ineludible, muchas siguen siendo bastante frecuentes en los alrededores de la ciudad o en el resto de la Península (tal es el caso de: *Bupleurum semicompositum* L., *Jasione sessiliflora* Boiss. & Reut., *Linaria hirta* (Loefl. ex L.) Chaz., o *Trigonella gladiata* Steven ex M.Bieb.). No obstante, existen algunos casos de pérdidas muy destacadas. Podemos mencionar a *Carthamus matritensis* (Pau) Greuter, si bien con problemas de reconocimiento taxonómico, podría ser una especie endémica, con una única localidad dentro de la ciudad, que no ha vuelto a ser encontrada desde 1935 (López Jiménez 2010) (el muy reciente y sorprendente descubrimiento de lo que seguramente será, a falta de su revisión taxonómica, una nueva población de *Carthamus matritensis* alterará la valoración de la especie (Enrique Luengo com. pers.)). También, se puede citar a *Hohenackeria polyodon* Coss. & Durieu, umbelífera que contaba con una población madrileña, que no se detecta desde 2002 (Martínez Labarga 2010a). Se trata de una especie muy rara en la península Ibérica, y protegida por ley en Castilla-León (DECRETO 63/2007, BOCL 119).

Otra planta en situación similar en Madrid es *Cynara tournefortii* Boiss. & Reut (Fig. 2). Esta ha sido citada históricamente en la Casa de Campo y se conocía su presencia actual en otras localidades fuera del término municipal (Martínez Labarga 2010b). Es un endemismo ibérico, del centro y sur de la Península, evaluada con la categoría de en peligro crítico (CR) a nivel estatal (Medina-Gavilán y Delgado Román 2016).



Figura 2. Individuo de *Cynara tournefortii* (primer plano) en un herbazal con *Crepis alpina*, *Echinops strigosus*, *Eryngium campestre* o *Malvella sherardiana* en las proximidades de la ciudad de Madrid.

Figure 2. Foreground, *Cynara tournefortii* growing in an open grassland close to Madrid city limits (with *Crepis alpina*, *Echinops strigosus*, *Eryngium campestre* or *Malvella sherardiana*).

Cuadro 1. Casos particulares sobre el uso de algunas herramientas en el campo de la Biología de la Conservación para mejorar el estado de la biodiversidad urbana. (a-c): áreas protegidas, (d): reintroducciones, (e-f): hábitats artificiales, y (g-h): arboricultura. Las fotografías, salvo mención expresa, proceden del archivo fotográfico de los autores.

Box 1. Examples of some Conservation Biology tools useful to improve urban biodiversity. (a-c): protected areas, (d): reintroductions, (e-f): man-made habitats, and (g-h): arboriculture. If no other source is provided, all pictures come from the authors personal archives.

Áreas protegidas

1.a)

La reserva forestal de Bukit Nanas en Kuala Lumpur (Malasia) es uno de los numerosos ejemplos de área protegida urbana. Sorprenden sus cifras de biodiversidad y la madurez del hábitat protegido. En menos de 10 ha se han registrado más de 400 especies, con árboles sobrepasando los 35 m de altura y una estructura del bosque pluriestratificada.



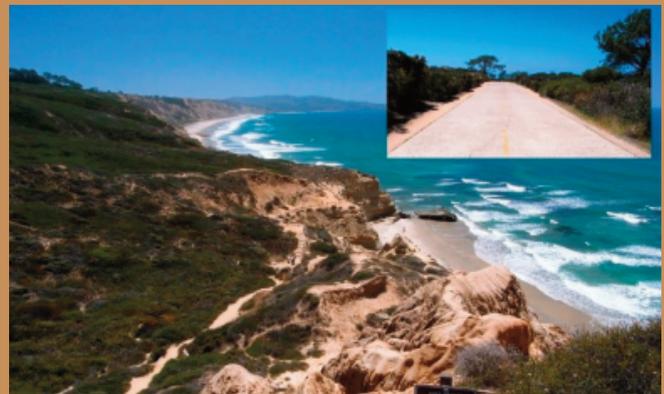
1.b)

En Santiago de Chile, el crecimiento urbano y la contaminación atmosférica se conjugan para que la expansión de la ciudad remonte la base de los Andes. El resultado es un contacto rápido entre ciudad y áreas naturales andinas. Recientemente se ha establecido un sistema de protección cuyo objetivo es tener una visión más conectada de los espacios, formando una red de parques precordilleranos que limitan la urbanización. En la imagen entrada a uno de ellos, el Parque Aguas de Ramón.



1.c)

La reserva de pinos de Torrey en San Diego (California, EE. UU.) surgió como parque público en 1899, pasando a ser declarado espacio natural protegido en 1956. En las negociaciones de su declaración, perdió parte de su superficie (efecto deslinde) a favor de un campo de Golf. Pero antes, en 1931, sufrió una fragmentación de sus hábitats por la construcción de una carretera interestatal hoy en desuso (en la imagen en el recorte).



Reintroducciones

1.d)

Una de las escasas traslocaciones en el medio urbano que conocemos, tuvo como protagonista a un arbusto de la ciudad de San Francisco en 2010: *Arctostaphylos franciscana*. Descubierta más de un siglo antes, se creía extinta desde 1942, pero tras unas obras de ampliación de accesos al puente Golden Gate, se descubrió un único ejemplar que hubiera desaparecido si no fuese por su traslocación a otro lugar (Gluesenkamp et al. 2010). Foto: J. Huseby y California Department of Transportation.



Hábitats artificiales

1.e)

Bosque artificial en el barrio de Moratalaz de la ciudad de Madrid. Se encuentran seis especies de árboles, algunos con poblaciones estructuradas y regeneración natural: *Ulmus pumila*, *Ailanthus altissima*, *Ulmus minor*, *Prunus dulcis*, *Celtis australis*, *Ficus carica*.



1.f)

Muro de piedra en la ciudad de Nantes (Francia) donde, por citar solo las especies de flora vascular, vemos *Erigeron karvinskianus*, *Cymbalaria muralis*, *Asplenium trichomanes* y *Polypodium sp.*



Arboricultura

1.g)

Calle de la Biodiversidad: un boceto sobre un tramo de calle de dimensiones propias de un caso urbano antiguo. Cinco alcorques y algunos espacios rescatados de otros usos dan para más de diez especies de árboles y matas autóctonas.

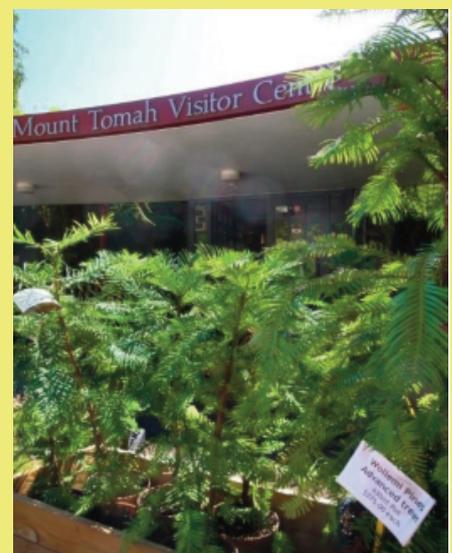
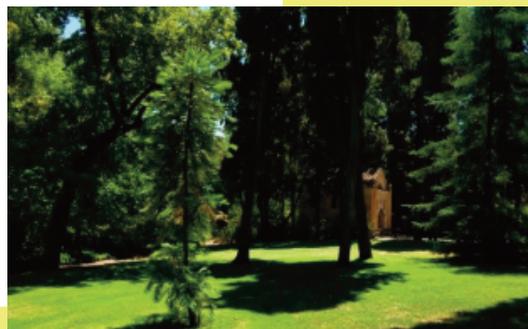


1.h)

Wollemia nobilis Jones, Hill & Alle se descubrió en 1994. Un pequeño bosque en una remota garganta de las montañas Azules (*Blue Mountains*, Nueva Gales del Sur, Australia) es la única presencia en el planeta de esta especie que también está aislada filogenéticamente, en la familia *Araucariaceae*, en el grupo de las Gimnospermas.

Este carisma conservacionista se trasladó rápidamente al negocio de la jardinería, y hoy no es difícil encontrarla en jardines y parques urbanos muy alejados de su lugar de origen.

En la imagen derecha ejemplares en venta en el jardín Botánico de Mount Tomah (Nueva Gales del Sur). En la izquierda, árbol plantado en el Parque de El Capricho de Madrid.



Componentes de la flora de Madrid

Tenemos una idea de cuánta biodiversidad vegetal hemos perdido, pero ¿sabemos cuántas especies de flora acoge la ciudad de Madrid actualmente? Conviene reconocer que la actividad de registro de especies vegetales silvestres de la ciudad lleva realizándose desde hace más de 250 años. Desde esos primeros registros, se han llegado a los más de 12 000 que se tienen en la actualidad, que corresponden a algo más de 1550 taxones (de los cuales en torno a 100 son subespecies), distribuidas en poco menos de 130 familias, para la flora vascular del Madrid urbano (Dominguez Lozano et al. 2020), (existe una expresión cartográfica de estos datos disponible en <https://geoportal.madrid.es/> bajo el epígrafe de “flora urbana”, actualmente y bajo la misma estructura de colaboración, se desarrolla la tercera campaña de catalogación de la flora urbana de Madrid con la participación de 6 equipos botánicos de campo). Esta cifra no implica que todas esas plantas cuenten con poblaciones viables en el entorno madrileño en la actualidad.

Gracias al citado estudio sabemos que plantas extraordinariamente extendidas por todo Madrid, formando parte del grupo de especies explotadoras urbanas, pertenecen sobre todo a las familias de las gramíneas, compuestas, crucíferas y boragináceas. Entre sus características biológicas está la capacidad de colonizar muchos de los hábitats artificiales madrileños: alcorques (Fig. 1), descampados, bordes de caminos y carreteras, así como parcelas libres en los parques urbanos, entre otros lugares de la ciudad.

Entre las especies extintas y las comunes queda un segmento numeroso de plantas que no se distribuyen homogéneamente por todo el territorio y que son responsables de la originalidad de la flora urbana y periurbana de la ciudad de Madrid. Así pues, una de las zonas más representativas de la diversidad vegetal madrileña corresponde al entorno de El Pardo y la Casa de Campo (García Antón 1982). Esto no es de extrañar, puesto que ambos son ejemplos del contacto súbito del que hemos hablado previamente. La Casa de Campo está ahora englobada en el entramado urbano de Madrid, y el contacto súbito lleva asociado en este caso una elevada frecuencia de visitas y usos recreativos de todo tipo (como queda recogido en la declaración de Bien de Interés Cultural, Decreto 39/2010, BOCM). Su valor como polo de biodiversidad se acrecienta pensando en su potencial para conectar el centro urbano con zonas de mayor naturalidad a las afueras de la ciudad y en la sierra madrileña.

La parte suroriental del territorio es también especialmente relevante desde un punto de vista botánico, pese a no tener algo similar, por extensión y por recursos dedicados a su protección, a la Casa de Campo. La ausencia de hábitats naturales extensos dentro del municipio en este caso se ve compensada por la originalidad de los pequeños remanentes. El sustrato sobre el que se asienta la vegetación de esta zona madrileña es muy original, margas carbonatadas ricas en magnesio, donde se encuentran unas comunidades vegetales particulares (Izco 1984). Parajes como el Cerro Almodóvar (Baudet Mancheño y Martínez Labarga 2020), o el parque de La Gavia, son lugares que mantienen una alta proporción de especies silvestres que podrían desaparecer del entorno urbano (obs. pers.). Madrid está edificada en la frontera entre dos provincias biogeográficas (Rivas-Martínez et al. 2002) definidas por la presencia de dos tipos de litologías (DGPDA 2007) que configuran la presencia de dos floras diferenciadas. Su parte noroccidental queda constituida por arenas arcósicas de pH ácido, mientras, la porción sudeste de la ciudad se asienta sobre yesos miocénicos que generan gypsisoles (xerosoles) de pH alcalino y alto contenido en arcillas (Monturiol y Alcalá-del Olmo 1990). El desarrollo urbano de Madrid ha borrado casi por completo esta línea de separación de las floras en la ciudad, pero cualquier proyecto de restauración debería tener en cuenta esta separación biogeográfica, y una conectividad forzada no llevaría nada más que a una mayor homogeneización artificial de la biodiversidad madrileña.

Junto a estas razones biogeográficas, el patrón de riqueza de plantas madrileñas está relacionado con la disponibilidad de espa-

cio libre en la ciudad, de modo que, en Madrid, a falta de estudios detallados que lo muestren, podrían sucederse anillos concéntricos con distinta biodiversidad, desde la periferia hasta el centro, donde las zonas verdes son más pequeñas y menos numerosas. Cualquiera muestra de naturalidad en el núcleo central debería ser mantenida, tal es el caso de: el Pinar del Rey en el distrito de Hortaleza, o ciertas zonas de El Retiro (Cuadro 2a). El primero mantiene, pese a su reducido tamaño, una comunidad de herbáceas silvestres bajo el pinar de pino carrasco (*Pinus halepensis*), que es una muestra natural, aunque simplificada, de las formaciones vegetales pioneras que se asientan sobre las arenas arcósicas mencionadas. En la zona conocida como “de los cuarteles” en el Retiro se encuentran algunas plantas que no podrían verse de otra forma en el resto del parque, ni en el centro de Madrid, ya que su particular ubicación con un dosel arbóreo y riego permiten su permanencia, tal es el caso de *Symphytum tuberosum* L., *Lamium hybridum* Vill., *Origanum vulgare* L., o *Ornithogalum* sp.

Propuestas para el diseño de microrreservas de flora madrileñas

Según las posibilidades de gestión, el tipo de uso urbano y su localización, estableceríamos tres clases de microrreservas urbanas de flora.

En primer lugar, podemos hablar de microrreservas estratégicas, dentro de la matriz urbana (Cuadro 2a). En el interior de la ciudad clásica existen espacios libres de urbanización, que además han quedado también al margen del ajardinamiento urbano. Podemos encontrar reductos naturales en lugares considerados estratégicos para la seguridad de la ciudad: depósitos de agua, zonas de seguridad de infraestructuras, antenas y otros elementos similares. También hay terrenos disponibles para las microrreservas en pendientes pronunciadas, márgenes de cursos de agua o roquedos. Finalmente, hay otros espacios libres debido a su valor cultural, histórico o religioso, como por ejemplo en yacimientos arqueológicos. Si reúnen las condiciones conservacionistas adecuadas (presencia de especies de interés y compromiso de protección a largo plazo), el mantenimiento del ambiente original y la supervivencia de algunas poblaciones no sería muy difícil de lograr.

Un segundo tipo de microrreserva urbana tiene que ver con su localización, y las denominamos microrreservas de extrarradio (Cuadro 2b). Su origen está relacionado con el fenómeno de contacto súbito. Alejados del casco antiguo de las grandes ciudades, encontramos pequeños terrenos libres de urbanización donde aún existen hábitats naturales en parcelas reducidas. Por su pequeño tamaño raramente han sido incluidos en el sistema de protección oficial, ni delimitadas como zonas ambientalmente sensibles. Su papel en el diseño de un sistema conectado, para favorecer la comunicación entre áreas protegidas de uno y otro lado de la ciudad, debe ser explorado.

Finalmente consideramos microrreservas potenciales o *de novo*, o sea, microrreservas que todavía no tienen cualidades biológicas suficientes, pero que pueden ser recreadas mediante técnicas de restauración (Cuadro 2c). Su valor viene dado por la localización en la ciudad o la calificación urbana que las predispone para una protección a largo plazo. Son espacios dedicados a la restauración de la biodiversidad a partir de terrenos urbanos liberados de otros usos. Descampados y solares parecen los más indicados, pero también los parques públicos son lugares que pueden tener una reorientación a esa finalidad. Dentro de los límites de estos parques, sería posible destinar algunas zonas para recrear la biodiversidad natural original, compatible con el uso de recreo tradicional en el resto. Profundizando para el caso madrileño, calculamos que las áreas verdes suponen un poco más del 15 % del territorio de la ciudad (Fig. 3). Aprovechar esta red de espacios para favorecer la biodiversidad urbana resulta una recomendación evidente (Aronson et al. 2017). Para el diseño y selección de lugares candidatos a crear microrreservas *de novo* dentro de la red de zonas verdes es necesario explorar una serie de atributos tales como los tratamientos de jardinería, la afluencia de público, su tamaño, la conexión entre zonas, o la presencia de especies silvestres.

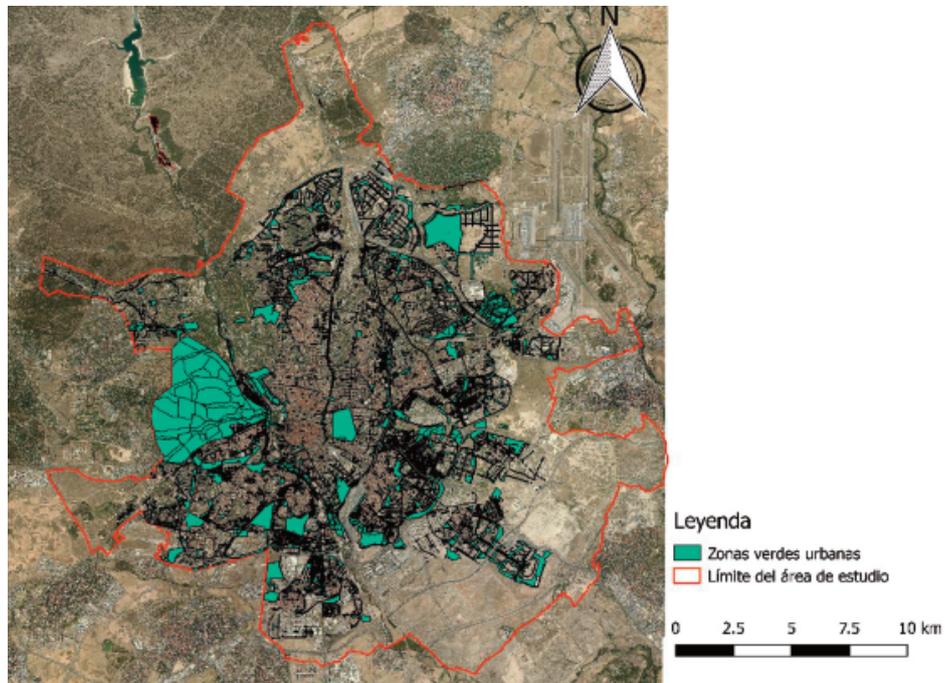


Figura 3. Espacios verdes de la ciudad de Madrid. Las zonas verdes urbanas comprenden parques forestales, parques urbanos, muros y jardines y ecosistemas fluviales del río Manzanares. Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Figure 3. Green urban areas of Madrid. Among other habitats, green open spaces are: tree parks, public parks, walls and gardens, and Manzanares river-banks habitats. Source: Madrid City Council.

Cuadro 2. Algunos ejemplos de posibles microrreservas de biodiversidad vegetal madrileña, usando la tipología propuesta.

Box 2. Proposed Madrid plant microrreserves according to described typology.

2.a) Microrreservas estratégicas

Cerro Negro: quizás la más emblemática de todas las posibles microrreservas madrileñas. Se trata de un vestigio de un hábitat de gran originalidad, provocada por la presencia de un suelo muy singular (una combinación de margas carbonatadas y yeso) que favorece la presencia de plantas silvestres en el corazón de Madrid.



El Pinar de El Rey es un espacio que mantiene el sustrato nativo protegido por un pinar de *P. halepensis* con ejemplares de más de 50 años. Pinares similares se plantaron en otras partes de Madrid (el del barrio de La Elipa, el pinar de San José en Carabanchel, o el de la Dehesa Boyal en Villaverde) y también han conseguido mantener a lo largo del tiempo una flora y fauna singulares.



2.b) Microrreservas de extrarradio

Valdebebas: en un rincón del noreste de Madrid, junto a uno de los más recientes desarrollos urbanísticos, ha quedado aislada una fresneda de inundación donde un pequeño bosque de fresnos y chopos mantiene una naturalidad excepcional con regeneración natural y especies características.



2.c) Microrreservas de novo

Los conocidos como **Cuarteles de El Retiro** alojan una biodiversidad vegetal natural en el corazón de Madrid. Se caracterizan por un dosel arbolado en donde las especies autóctonas conviven con las alóctonas, en ausencia de pisoteo y presencia de humedad debido al riego, que favorece la germinación.



En la actualidad y tras la exploración de campo (Domínguez Lozano et al. 2020), se han encontrado zonas en Madrid que pueden ser propuestas como ejemplos de microrreservas de los tres tipos, y donde en algunos casos urge una decidida acción conservacionista.

Conclusiones: el encaje biótico en el diseño de las ciudades como un reto de futuro

Cada vez hay un interés más claro por incluir en el diseño de las ciudades los aspectos sobre biodiversidad repasados brevemente aquí (Goddard et al. 2010; Müller et al. 2013; McDonald 2015; Nilon et al. 2017; Garrard et al. 2018; Xie y Bulkeley 2020).

En esa necesidad de incorporar la biodiversidad a la planificación urbana proponemos el encaje biótico como modelo de gestión dentro de las ciudades. Podemos definir el encaje biótico como la inserción de la expresión actual de la biodiversidad y sus hábitats, después de haber sufrido un intenso proceso de transformación, dentro de una región cada vez más dominada por las necesidades humanas.

Algunas medidas concretas de este nuevo modelo de gestión son:

- Establecimiento de un tipo de suelo nuevo a considerar en la ordenación territorial habitual de las ciudades: el suelo biológico urbano. Se entiende por suelo biológico aquel espacio ocupado por los hábitats y especies amenazadas de la ciudad. Partiendo de un sistema de microrreservas establecido con algunos de los criterios sugeridos más arriba, este nuevo tipo de suelo urbano podría incluirse en la planificación general junto a los demás tipos de suelo urbanos (por ejemplo: urbanizable, indus-

trial, dotacional). Su consideración no debería servir para aislar y proteger los ya menguados espacios verdes, evitando o limitando los problemas derivados del uso, sino para engranar estas zonas con el resto. Podemos actuar con el suelo biológico urbano de la misma manera a como hoy se actúa al proyectar una nueva urbanización, infraestructura de transporte, o servicio público urbanos. Estos tienen unos requerimientos para ser viables, así hablamos de equipamientos: la red de transporte público, la existencia de centros de salud, deportivos, culturales, etc. Asimismo, pensamos que el suelo biológico requiere otras "dotaciones" relacionadas con su funcionalidad: ciclos del agua y de nutrientes, dinámica del suelo, dispersión de propágulos, continuidad y fragmentación, entre otras, que deberían ser incluidas dentro del ordenamiento urbano general.

- Reconocimiento de la biodiversidad antrópica. El conjunto de especies de la ciudad, la biota urbana, está constituido por una biodiversidad natural: en remanentes, hábitats naturales que se encuentran refugiados en distintos sitios de la ciudad, y por otro conjunto de especies alóctonas (pero en el sentido de Font Quer 2001), que han llegado porque han colonizado hábitats nuevos, que podríamos englobar bajo el término de biodiversidad antrópica (o cultural si se quiere), son especies asociadas a las acciones del ser humano, en hábitat artificiales (alcorques, muros, bordes de caminos,...), pero también las plantas de jardines o los árboles plantados en las calles serían integrantes de esta biodiversidad. *A priori*, no es fácil encuadrar su mantenimiento en la renaturalización de las ciudades. ¿Dónde trazar la línea entre actividades de conservación y actividades de jardinería para algunas propuestas relacionadas con las plantas en los medios urbanos? En todo caso, un paso previo es cuantificarla y reconocer su papel en el ecosistema urbano.

- Incorporación a las plantillas municipales de personas formadas en el campo de la Biología de la Conservación. Ayudarían a desarrollar plenamente las posibilidades de diseño biológico en el urbanismo de la ciudad, por ejemplo: la respuesta a los cambios urbanos de los diferentes tipos de especies urbanas, la reversión de las extinciones locales o la viabilidad futura de las microrreservas. Frente a la presencia de estos profesionales en el resto de los niveles administrativos, desde el internacional, al estatal pasando por el autonómico, es sintomático que el nivel municipal (p.ej. en el caso de la ciudad de Madrid) no cuente con profesionales conservacionistas entre sus técnicos municipales de urbanismo.
- Aceptación social de la biodiversidad urbana. No cabe duda que la ciudad ofrece una oportunidad emocional o sentimental próxima para reencontrarse con los valores naturales (Miller 2005). La red de áreas verdes en las ciudades ha sido utilizada de forma pionera para desarrollar actividades de educación ambiental (Gutiérrez Bastida 2019), y ha preparado el camino hacia una nueva relación entre los habitantes y la naturaleza urbanos, promoviendo valores de apreciación ambiental, salud y convivencia social (Jennings et al. 2016; Remme et al. 2021). En Madrid, existen movimientos ciudadanos o asociaciones de vecinos donde una red de botánicos (profesionales o no) ofrecen sus conocimientos para incorporarlos en el diseño de los barrios y sus zonas verdes. Algunos ejemplos de sus propuestas los podemos encontrar en Los Retamares de Campamento, en la Casa de Campo, la Dehesa de la Villa (Blanco y Monedero 2010) o en el barrio de Vallecas. En esta labor cultural ocupa un lugar destacado ARBA (Asociación para la recuperación del Bosque Autóctono). Este grupo conservacionista, fundado en 1986, cuenta con una fuerte implantación en Madrid y tradicionalmente ha tenido una sensibilidad especial para la protección del entorno urbano de la ciudad (véase su publicación periódica "Boletín de Arba"). Así pues, nuestra propuesta se basa en considerar la biodiversidad como parte del valor cultural de la ciudad, ligada a la oferta general ofrecida en las ciudades de forma habitual. Sin olvidar, por supuesto, que además las ciudades pueden llegar a ser puntos importantes por la presencia de especies amenazadas en el contexto regional (Ives et al. 2016; Jokimäki et al. 2018). Esto lo tienen ya muy presente los gestores de zoológicos, jardines botánicos o jardines históricos en bastantes ciudades, que intentan promocionarse como polos culturales dentro de la oferta general de museos y actividades culturales (Williams et al. 2015).

En definitiva, las ciudades son lugares donde confluyen los más diversos intereses y las más altas densidades de población humana y han sido modeladas una y otra vez para adecuarse a los cambios de las sociedades humanas en el transcurso de la Historia (Terradas 2001; Douglas 2013). Esta plasticidad es un campo estimulante para geógrafos, urbanistas, sociólogos, ecólogos e investigadores de otras áreas. Creemos que ahora, la necesidad de mantener la biodiversidad urbana añade una nueva disciplina para contribuir al diseño de la ciudad del futuro: la Biología de la Conservación.

Agradecimientos

Los datos ofrecidos en este artículo se han obtenido en el marco de un proyecto de colaboración entre el Ayuntamiento de Madrid y la unidad de Botánica de la Universidad Complutense de Madrid (FUCM 4157550, 249-2019), del que los autores forman parte. Gracias al resto del equipo por su trabajo. Además, gracias a todas las personas que han ayudado en la realización del proyecto, demasiado numerosas para poder citarlas todas aquí. La participación de Santiago Soria Carreras (Medio Ambiente, Madrid) en la concepción y desarrollo del proyecto ha sido decisiva, especialmente durante las medidas de confinamiento por la pandemia de Covid-19 en la ciudad.

Gracias a Jone Beristáin Eguía por la elaboración de la **Figura 3**.

La labor de los editores del artículo (Mercedes Molina Morales y Juan Diego Ibañez Álamo) y de dos revisores anónimos ayudaron a mejorar las primeras versiones del manuscrito.

Contribución de los autores

Todos los autores: Conceptualización, redacción, revisión y edición.

Referencias

- Aronson, M.F., La Sorte, F.A., Nilon, C.H., Katti, M., Goddard, M.A., Lepczyk, C.A., Warren, P.S., et al. 2014. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281: 20133330.
- Aronson, M.F., Lepczyk, C.A., Evans, K.L., Goddard, M.A., Lerman, S.B., MacIvor, J.S., Nilon, C.H., et al. 2017. Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15: 189-196.
- Baudet Mancheño, R., Martínez Labarga, J.M. 2020. Aproximación al catálogo de plantas vasculares del cerro de Almodóvar (Madrid) y a sus comunidades vegetales. *Flora Montiberica* 77: 114-148.
- Blair, R.B. 1996. Land Use and Avian Species Diversity Along an Urban Gradient. *Ecological Applications* 6: 506-519.
- Blanco, E., Monedero, J. 2010. *Dehesa de la Villa: Naturaleza en la Ciudad*. Ayuntamiento de Madrid, Madrid, España.
- Burriel de Orueta, E.L. 2008. La "década prodigiosa" del urbanismo español (1997-2006). *Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales* Extra 12, 270.
- Concepción, E.D., Obrist, M.K., Moretti, M., Altermatt, F., Baur, B., Nobis, M.P. 2016. Impacts of urban sprawl on species richness of plants, butterflies, gastropods and birds: not only built-up area matters. *Urban Ecosystems* 19: 225-242.
- Connor, E., Hafernik, J., Levy, J., Moore, V., Rickman, J. 2002. Insect Conservation in an Urban Biodiversity Hotspot: The San Francisco Bay Area. *Journal of Insect Conservation* 6: 247-259.
- Cutanda, V. 1861. *Flora compendiada de Madrid y su provincia*. Imprenta Nacional, Madrid, España.
- DGPDA 2007. *Atlas. El Medio Ambiente en la Comunidad de Madrid*. Consejería del Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, Madrid, España.
- Dominguez Lozano, F. 2019. *¿Qué sabes sobre biodiversidad? Preguntas y respuestas en torno a la Biología de la Conservación*. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Dominguez Lozano, F., Schwartz, M.W. 2005. Patterns of rarity and taxonomic group size in plants. *Biological Conservation* 126: 146-154.
- Dominguez Lozano, F., Pajarón Sotomayor, S., Sánchez de Dios, R., Castro Sánchez-Bermejo, P., Cesar Aragón Lago, J., Martín Castro, B., Beristáin Eguía, J., et al. 2020. *Catálogo de la flora vascular de la ciudad de Madrid y microrreservas urbanas de flora*. Ayuntamiento de Madrid, Madrid, España.
- Douglas, I. 2013. *Cities. An Environmental History*. Environmental History and Global Change. Bloomsbury Publishing. Londres, Reino Unido.
- Drayton, B., Primack, R.B. 1996. Plant Species Lost in an Isolated Conservation Area in Metropolitan Boston from 1894 to 1993. *Conservation Biology* 10: 30-39.
- Duncan, R.P., Clemants, S.E., Corlett, R.T., Hahs, A.K., McCarthy, M.A., McDonnell, M.J., Schwartz, M.W., et al. 2011. Plant traits and extinction in urban areas: a meta-analysis of 11 cities. *Global Ecology and Biogeography* 20: 509-519.
- Ellis, E.C. 2015. Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecological Monographs* 85: 287-331.
- Escudero, A. 2002. Restauración de hábitats de plantas vulnerables. *Resúmenes de las ponencias del simposio de la AEET: Restauración de ecosistemas en ambientes mediterráneos. Posibilidades y limitaciones. Año XI, Nº1 / 2002*.
- Font Quer, P. 2001. *Diccionario de botánica*, 2a ed. Península, Barcelona, España.
- García Antón, M. 1982. *Estudio de vegetación de la Casa de Campo. Tesina de Licenciatura*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.

- Garrard, G.E., Williams, N.S.G., Mata, L., Thomas, J., Bekessy, S.A. 2018. Biodiversity Sensitive Urban Design. *Conservation Letters* 11(2), e12411.
- Gluesenkamp, D., Chassé, M., Frey, M., Parker, V., Vasey, M., Young, B. 2010. Back from the brink: A second chance at discovery and conservation of the Franciscan manzanita. *Fremontia* 37/38: 3-17.
- Goddard, M.A., Dougill, A.J., Benton, T.G. 2010. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 90-98.
- Godefroid, S., Piazza, C., Rossi, G., Buord, S., Stevens, A.-D., Agurauja, R., Cowell, C., et al. 2011. How successful are plant species reintroductions? *Biological Conservation* 144: 672-682.
- Grijalbo Cervantes, J., Martínez Labarga, J.M., Revilla Onrubia, A., Blanco Castro, E. 2012. Descampados. *Apuntes de Campo*, Abril 2012. <http://javiergrijalbo.blogspot.com/p/descampados.html>
- Groom, M.J., Meffe, G.K., Carroll, C.R. 2005. *Principles of conservation biology*. Oxford University Press, Sunderland, EE. UU.
- Gutiérrez Bastida, J.M. 2019. 50 años de educación ambiental: un balance incompleto hacia la educación ecosocial en el Antropoceno. *Carpeta Informativa del Ceneam*: 1-13.
- Hahs, A.K., McDonnell, M.J. 2014. Extinction debt of cities and ways to minimise their realisation: a focus on Melbourne. *Ecological Management and Restoration* 15: 102-110.
- Hahs, A.K., McDonnell, M.J., McCarthy, M.A., Vesk, P.A., Corlett, R.T., Norton, B.A., Clemants, S.E., et al. 2009. A global synthesis of plant extinction rates in urban areas. *Ecology Letters* 12: 1165-1173.
- Hobbs, R.J. 2007. Managing plant populations in fragmented landscapes: restoration or gardening? *Australian Journal of Botany* 55: 371-374.
- Hobbs, R.J., Arico, S., Aronson, J., Baron, J.S., Bridgewater, P., Cramer, V.A., Epstein, P.R., et al. 2006. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography* 15: 1-7.
- IUCN/SSC 2013. *Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0*. IUCN Species Survival Commission, Gland, Suiza.
- Ives, C.D., Lentini, P.E., Threlfall, C.G., Ikin, K., Shanahan, D.F., Garrard, G.E., Bekessy, S.A., et al. 2016. Cities are hotspots for threatened species. *Global Ecology and Biogeography* 25: 117-126.
- Izco, J. 1984. *Madrid Verde*. Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y Alimentarios, Madrid, España.
- Izuzquiza, Á. 2019. *Plantas de nuestros muros, aceras y alcorques*. Álvaro Izuzquiza Madrid, España.
- Jennings, V., Larson, L., Yun, J. 2016. Advancing Sustainability through Urban Green Space: Cultural Ecosystem Services, Equity, and Social Determinants of Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13: 196.
- Jokimäki, J., Suhonen, J., Marja-Liisa, K.-J. 2018. Urban core areas are important for species conservation: A European-level analysis of breeding bird species. *Landscape and Urban Planning* 178: 73-81.
- Jones, K.R., Venter, O., Fuller, R.A., Allan, J.R., Maxwell, S.L., Negret, P.J., Watson, J.E.M. 2018. One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science* 360: 788-791.
- Kendal, D., Zeeman, B., Ikin, K., Lunt, I., McDonnell, M., Farrar, A., Pearce, L., Morgan, J. 2017. The importance of small urban reserves for plant conservation. *Biological Conservation* 213: 146-153.
- Kowarik, I. 2011. Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Environmental Pollution* 159: 1974-1983.
- Kowarik, I., von der Lippe, M., Moore, J. 2018. Plant population success across urban ecosystems: A framework to inform biodiversity conservation in cities. *Journal of Applied Ecology* 55: 2354-2361.
- Laguna Lumbreras, E., Deltoro, V.I., Perez-Botella, J., Perez-Rovira, P., Serra, L., Olivares, A., Fabregat, C. 2004. The role of small reserves in plant conservation in a region of high diversity in eastern Spain. *Biological Conservation* 119: 421-426.
- López Jiménez, N. 2010. *Carduncellus matritensis* Pau. En: Bañares, Á., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J. C., Ortiz, S. (eds.), *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España. Adenda 2010*. Dirección General para la Biodiversidad-Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, Madrid, España.
- Margules, C.R., Pressey, R.L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Martínez Labarga, J.M. 2010a. Madrid: un panorama poco alentador para la conservación de las especies vegetales. *Conservación vegetal* 14: 20-21.
- Martínez Labarga, J.M. 2010b. Sureste de la Comunidad de Madrid: un espacio natural desconocido e infravalorado. *Madrid Ecologista* 18: 12-13.
- McDonald, R. 2015. *Conservation for Cities. How to Plan & Build Natural Infrastructure*. Island Press/Center for Resource Economics, Washington, DC., EE. UU.
- McKinney, M.L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52: 883-890.
- McKinney, M.L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* 127: 247-260.
- McKinney, M.L. 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11: 161-176.
- MEA 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC., EE. UU.
- Medina-Gavilán, J.L., Delgado Román, F. 2016. *Cynara tournefortii* Boiss. & Reut. (Asteraceae): un iberoendemismo amenazado redescubierto en la provincia de Sevilla. *Acta Botanica Malacitana* 41: 295-296.
- Meffe, G.K., Carroll, C.R., Groom, M. 2012. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, MA, EE. UU.
- Miller, J.R. 2005. Biodiversity conservation and the extinction of experience. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 430-434.
- Monturiol, F., Alcalá-del Olmo, L. 1990. *Mapa de Asociaciones de Suelos de la Comunidad de Madrid. Escala 1:200.000*. Consejería de Agricultura y Cooperación-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
- Müller, N., Ignatieva, M., Nilon, C.H., Werner, P., Zipperer, W.C. 2013. Patterns and Trends in Urban Biodiversity and Landscape Design. En: Elmquist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., Parnell, S., et al. (eds.), *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*, pp. 123-174. Springer Netherlands, Dordrecht, Países Bajos.
- Nilon, C.H., Aronson, M.F.J., Cilliers, S.S., Dobbs, C., Frazee, L.J., Goddard, M.A., O'Neill, K.M., et al. 2017. Planning for the Future of Urban Biodiversity: A Global Review of City-Scale Initiatives. *BioScience* 67: 332-342.
- Olden, J.D., Poff, N.L., Douglas, M.R., Douglas, M.E., Fausch, K.D. 2004. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 18-24.
- Otero-Enríquez, R. 2017. *Sociología e historia de la ciudad desconcentrada*. Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS), Madrid, España.
- Palomino, D., Carrascal, L.M. 2005. Birds on novel island environments. A case study with the urban avifauna of Tenerife (Canary Islands). *Ecological Research* 20: 611-617.
- Planchuelo, G., von Der Lippe, M., Kowarik, I. 2019. Untangling the role of urban ecosystems as habitats for endangered plant species. *Landscape and Urban Planning* 189: 320-334.
- Rastandeh, A., Pedersen Zari, M., Brown, D., Vale, R. 2017. Utilising exotic flora in support of urban indigenous biodiversity: lessons for landscape architecture. *Landscape Research* 43: 1-13.
- Remme, R.P., Frumkin, H., Guerry, A.D., King, A.C., Mandle, L., Sarabu, C., Bratman, G.N., et al. 2021. An ecosystem service perspective on urban nature, physical activity, and health. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118.
- Ricciardi, A., Simberloff, D. 2009. Assisted colonization is not a viable conservation strategy. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 248-253.
- Rivas-Martínez, S., Penas, A., Díaz, T.E. 2002. *Biogeographic Map of Europe*. Cartographic Service. Universidad de León, León, España. <http://www.globalbioclimatics.org/>
- Schwartz, M.W., Jurjavcic, N.L., O'Brien, J.M. 2002. Conservation's disenfranchised urban poor. *BioScience* 52: 601-606.
- Seddon, G., Totterdell, C.J. 2005. *The Old Country: Australian Landscapes, Plants and People*. Cambridge University Press, Melbourne, Australia.

- Seddon, P.J., Armstrong, D.P., Maloney, R.F. 2007. Developing the science of reintroduction biology. *Conservation Biology* 21: 303-312.
- Seto, K.C., Güneralp, B., Hutyra, L.R. 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109: 16083-16088.
- Simberloff, D. 2001. Eradication of island invasives: Practical actions and results achieved. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 273-274.
- Sodhi, N.S., Ehrlich, P.H. 2010. *Conservation Biology for All*. Oxford University Press, Nueva York, Estados Unidos.
- Soulé, M.E. 1985. What is Conservation Biology? *BioScience* 35: 727-734.
- Standish, R.J., Hobbs, R.J., Miller, J.R. 2012. Improving city life: options for ecological restoration in urban landscapes and how these might influence interactions between people and nature. *Landscape Ecology* 28: 1213-1221.
- Szlávecz, K., Warren, P., Pickett, S.T.A. 2011. Biodiversity on the Urban Landscape. En: Cincotta, R. Gorenflo, L. (eds.), *Human Population: Its Influences on Biological Diversity*, pp. 75-101. Population Action International, Washington, D.C., Estados Unidos.
- Tellería, J. 2012. *Introducción a la conservación de las especies*. Tundra, Valencia, España.
- Terradas, J. 2001. *Ecología urbana*. Cuadernos de medio ambiente. Monografías de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Barcelona, España.
- Tudela, A., Delgado, D.B. 2018. *Playa Burbuja: un viaje al reino de los se- ñores del ladrillo*. DATADISTA, Madrid, España.
- United Nations 2019. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. D.o.E.a.S.A., Population Division, United Nations, Nueva York, Estados Unidos.
- Valenzuela Rubio, M. 2019. Madrid, 1997-2017. Una metrópoli real sin planeamiento territorial ni cultura metropolitana. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica; Núm. CLIII (2018)*.
- van Heezik, Y.M., Freeman, C., Porter, S., Dickinson, K.J.M. 2014. Native and exotic woody vegetation communities in domestic gardens in relation to social and environmental factors. *Ecology and Society* 19: 17.
- van Wilgen, B.W., Reyers, B., Le Maitre, D.C., Richardson, D.M., Schonegevel, L. 2008. A biome-scale assessment of the impact of invasive alien plants on ecosystem services in South Africa. *Journal of Environmental Management* 89: 336-349.
- Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L., Rejmanek, M., Westbrooks, R.G. 1997. Introduced species: A significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* 21: 1-16.
- Williams, S., Jones, J., Gibbons, J., Clubbe, C. 2015. Botanic gardens can positively influence visitors' environmental attitudes. *Biodiversity and Conservation* 24.
- Xie, L., Bulkeley, H. 2020. Nature-based solutions for urban biodiversity governance. *Environmental Science and Policy* 110: 77-87.
- Zerbe, S., Choi, I.-K., Kowarik, I. 2004. Characteristics and habitats of non-native plant species in the city of Chonju, southern Korea. *Ecological Research* 19: 91-98.