

Biodiversidad EN LA PRÁCTICA

Documentos de trabajo del Instituto Humboldt



EDICIÓN CAMBIO CLIMÁTICO

VOLUMEN 4 - NÚMERO 1 - 2019 - PP. 212-237

Recibido: 18 de diciembre de 2018 -

Aprobado: 23 de mayo de 2019.

Diana C. Useche
Independiente
dcuseche@gmail.com

Juliana Durán-Prieto
Jardín Botánico de Bogotá
julidp1@gmail.com

Ingrith A. Zárate Caballero
Independiente
ingrithzar@hotmail.com

Darwin L. Moreno-Echeverry
Universidad Nacional de Colombia
dlmorenoe@unal.edu.co

Laura Velásquez
James Cook University, Australia
laura.velasquezjimenez@my.jcu.edu.au

Pedro A. Camargo
Asociación Bogotana de Ornitología
pcamargo@avesbogota.org



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Clima, ciudades y biodiversidad: revisión de producción científica

Climate, cities and biodiversity: review of scientific production

RESUMEN

Instituciones internacionales han resaltado la necesidad de generar conocimiento entorno a la biodiversidad urbana, sus interacciones ecológicas y los efectos del cambio climático, sin embargo, son pocas las ciudades las que lo han hecho. El objetivo de este artículo fue determinar el estado del arte sobre las relaciones clima y biodiversidad urbana a nivel nacional e internacional. Se realizó una búsqueda bibliográfica por *Scopus* y en las bases de datos de las principales instituciones de Colombia. A nivel internacional se encontraron 725 publicaciones y a nivel nacional 115. Se encontró una tendencia de aumento en el número de publicaciones en los últimos 20 años. A nivel internacional la mayoría de estudios fueron realizados en Europa y el 86 % de las publicaciones se enfocaron en plantas en espacios verdes y bosques urbanos. En Colombia, la mayoría de la información proviene de trabajos de grado y el 45 % se concentraron en la caracterización de especies. Son pocas las publicaciones que han evaluado el impacto del cambio climático en la biodiversidad, especialmente a nivel nacional. Se requiere el desarrollo de una agenda interinstitucional para el estímulo de investigaciones en torno a la biodiversidad urbana y su funcionamiento en escenarios de cambio climático.

Palabras clave: Centro urbano. Coberturas vegetales urbanas. Diversidad biológica. Producción científica.

ABSTRACT

International institutions have highlighted the necessity to generate knowledge about urban biodiversity, their ecological interactions and the effects of climate change. However, this knowledge remains unknown for the majority of cities around the world. The aim of this study was to determine what information has been produced in relation to climate and urban biodiversity nationally and internationally. We conducted a literature search using *Scopus* and databases of national universities and research institutes. We found 725 publications internationally and 115 publications in Colombia. We found an increase in the number of publications regarding urban biodiversity in the last 20 years. Internationally, most studies were conducted in Europe and 86 % of the publications focused on the study of plants in green areas and urban forests. In Colombia, almost half of the publications compiled were undergraduate theses and in general 45 % of publications focused on characterizations of species in urban ecosystems. Governmental institutions need to develop strategies that encourage research towards urban biodiversity and their ecological functions in climate change scenarios.

Keywords: Biological diversity. Climate variability. Scientific production. Urban center. Urban plant covers.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un reconocimiento de la importancia de la biodiversidad en las ciudades por los múltiples beneficios que provee para el bienestar de la población que las habita (Taylor y Hochuli, 2014; Campbell-Arvai, 2018; Pederssen, 2018). Así mismo, se reconoce la alta vulnerabilidad de la biodiversidad al cambio climático en las ciudades (Connop *et al.*, 2016; Jenerette *et al.*, 2016; Kabisch *et al.*, 2016; MacDonnell y MacGregor-Fors, 2016; Bai *et al.*, 2018). Por otro lado, también se señala la amenaza, vulnerabilidad y riesgo de los impactos del cambio climático sobre las ciudades (IPCC, 2014). A partir de dicho reconocimiento, existen iniciativas globales para guiar la toma de decisiones políticas en relación la gestión de la biodiversidad urbana, tales como UN-Habitat, Cities and Biodiversity Outlook Action and Policy y, por otro lado, iniciativas para guiar las ciudades hacia la adaptación al cambio climático: Paris Agreement on Climate Change, New Urban Agenda, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction y Cities IPCC Conference 2018. La Unión Europea, preocupada por la vulnerabilidad de la biodiversidad urbana y de las ciudades al cambio climático, inició una estrategia que combina la generación de conocimiento científico y el desarrollo de políticas públicas para la planificación de las ciudades denominada “Soluciones basadas en la naturaleza y re-naturalización de las ciudades”. Sin embargo, el conocimiento científico sobre los efectos del clima en la

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

RESUMEN	biodiversidad urbana y sus implicaciones en la planeación es relativamente reciente (Wilby y Perry, 2006). De acuerdo con Solecki y Marcotullio (2013), algunos efectos del cambio climático en la biodiversidad urbana están asociados a los cambios
PALABRAS CLAVE	en los regímenes de disturbios en los sistemas urbanos: fuegos, vientos y sequías.
ABSTRACT	No obstante, modificaciones en las características climáticas de las ciudades, como
KEY WORDS	mayor concentración de dióxido de carbono (CO ₂), alteración de la radiación solar,
INTRODUCCIÓN	menor velocidad del viento, reducción en la humedad relativa, aumento en las precipitaciones extremas, entre otros (Sukopp y Wurzel, 2003), puede introducir cambios
DESARROLLO	abruptos en la condición de calidad de hábitat y permitir el establecimiento de especies
DISCUSIÓN	invasoras, enfermedades y parásitos. Así mismo, los cambios en la temperatura,
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	precipitación y humedad pueden impactar la cantidad y calidad de recursos asequibles para la biodiversidad urbana, por ejemplo, a través de cambios en la fenología de las plantas y su oferta de frutos y semillas.
AGRADECIMIENTOS	
REFERENCIAS	Sin embargo, son pocas las ciudades que han evaluado los efectos del clima y los cambios en éste sobre la biodiversidad urbana y las interacciones ecológicas que se producen en los ecosistemas urbanos. Wilby y Perry (2006) y Alberti <i>et al.</i> (2017)
SOBRE LOS AUTORES	mencionan que los escenarios climáticos futuros son análogos a las características del clima urbano actual (entendidos como islas de calor), por lo que plantean que las ciudades pueden ser entendidas como laboratorios ecológicos que permiten cuantificar el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad local y regional. En este sentido, comprender cómo el clima en la ciudad impacta la biodiversidad es un paso esencial para comprender y establecer medidas de adaptación en las ciudades, que contribuyan a mejorar la calidad de hábitats para las especies que la habitan y para garantizar el bienestar de los ciudadanos que cohabitan las urbes (Grimm <i>et al.</i> , 2008; Hevia <i>et al.</i> , 2017).
ANEXOS	

El objetivo principal de este artículo fue determinar el estado de arte sobre las relaciones clima y biodiversidad urbana en el contexto internacional y nacional, identificando además las evidencias sobre los efectos del clima en la biodiversidad urbana.

DESARROLLO

1. Búsqueda de literatura

Se realizó una búsqueda exhaustiva en la literatura científica sobre estudios publicados específicamente sobre biodiversidad urbana y clima en el ámbito internacional. La búsqueda se realizó en la base de datos *Scopus* usando la ecuación de búsqueda: <<Taxa/Grupo biológico O Cobertura vegetal Taxa/ Biological group OR Green Cover Y Urbano (Urban) Y (AND) Ciudad (City) Y (AND) Clima (Climate) >> para los siguientes grupos biológicos: insectos, herpetofauna (discriminando ranas y reptiles en la búsqueda), aves, mamíferos y plantas. Adicionalmente, la búsqueda incluyó específicamente el uso de palabras clave referidas a biodiversidad urbana como

árbol, bosque, parque, jardín, humedal, espacios verdes, techos y muros verdes e infraestructura verde. Los términos de búsqueda se limitaron al título, resumen y palabras clave de cada documento. Se consideraron todas las publicaciones escritas en inglés, español y portugués, y aquellas con resúmenes disponibles en estas lenguas. Adicionalmente, se tomaron en cuenta todas las publicaciones sobre la temática de estudio (libros, revisiones y artículos de investigación). Después de la recopilación de la literatura científica, los artículos consultados que cumplieron con los criterios establecidos (n=725), fueron clasificados en una base de datos bajo las siguientes categorías generales: tipo de publicación (libros, revisiones y artículos de investigación), título de la publicación, autor, país del estudio (Colombia y otros países), año de publicación y taxa/grupo biológico, cobertura vegetal estudiada y parámetro climático evaluado. Posterior a ello, se usó estadística descriptiva para el análisis e interpretación de los resultados.

A nivel nacional, la búsqueda de literatura fue realizada en los catálogos digitales de 18 universidades del país, 3 institutos de investigación y 2 jardines botánicos, y se limitó a artículos de investigación, trabajos de grado y libros. Las palabras usadas en el motor de búsqueda fueron iguales a las descritas anteriormente y se aplicó el mismo criterio de incluir las palabras de búsqueda en el título, palabras clave o resumen.

2. Tendencias en la producción científica sobre clima y biodiversidad urbana

2.1. Productividad a nivel global

A nivel mundial, la búsqueda realizada arrojó un total de 725 artículos, de los cuales la mayoría de ellos se han realizado en el continente europeo (32 %) y americano (31 %). Asia aportó el 27 % de los estudios consultados, mientras que para Oceanía y África se encontraron tan solo un 7 % y 3 % de investigaciones, respectivamente. A nivel de países se observa que Estados Unidos (n=158) es el país que aportó el mayor número de investigaciones para América, seguido de China (n=92), Australia (n=52), Reino Unido (n=45) y Alemania (n=42) (Figura 1). Cabe resaltar que en este conteo se incluyeron solo aquellos países (n=31) que a la fecha presentaron cinco o más publicaciones sobre biodiversidad urbana y clima, de los 194 países reconocidos que existen en el mundo y de los 71 que fueron encontrados en la revisión, presentan al menos una publicación sobre la temática de estudio (Figura 1).

Desde el 2010, la investigación en relación a los temas de biodiversidad urbana y clima a nivel mundial tuvo un crecimiento exponencial, siendo el primer estudio publicado sobre este tema en 1988, acerca de la importancia de las áreas verdes urbanas como moduladoras de los gradientes de temperatura urbana por efecto de la isla de calor (Wilmers, 1988).

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

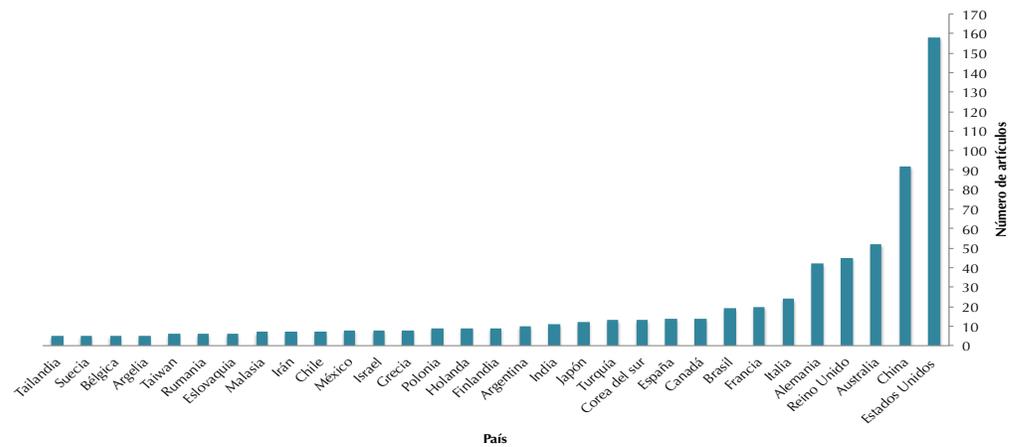


Figura 1. Número de artículos publicados por país. Fuente: Scopus. Fecha de búsqueda: junio 2018.

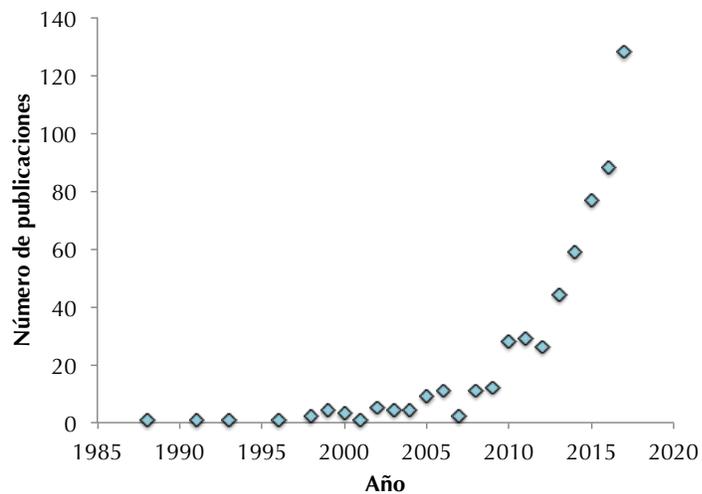


Figura 2. Número de publicaciones sobre clima y biodiversidad urbana por año en el periodo 1988-2017 a nivel mundial. Fuente: Scopus. Fecha de búsqueda: junio 2018.

De las publicaciones revisadas, el mayor número de publicaciones sobre biodiversidad urbana y clima no contemplan ningún parámetro climático y solo algunas de ellas están relacionadas directamente con efectos del cambio climático sobre la biodiversidad por incremento de la temperatura ambiental en contextos urbanos (Figura 3). La temperatura es efectivamente la variable climática que más se considera en los estudios donde sí se evalúan aspectos relacionados con clima y biodiversidad urbana, seguida de la precipitación y el contenido de dióxido de carbono atmosférico. Parámetros climáticos como el viento, la radiación solar y la humedad relativa, solo se mencionan en un número reducido de publicaciones.

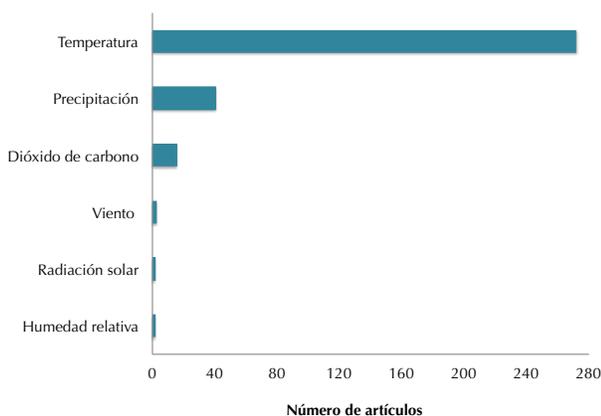


Figura 3. Número de publicaciones por parámetro climático. Fuente: Scopus. Fecha de búsqueda: junio 2018.

El 86 % de los artículos revisados se enfocan en las plantas como grupo biológico de estudio en las áreas urbanas, el 15 % restante se divide en un 7 % sobre investigaciones en aves e insectos y tan solo un 1 % evalúa el efecto del clima sobre los reptiles en los ecosistemas urbanos.

En cuanto a los hábitats urbanos más estudiados, los espacios verdes como una categoría de cobertura que incluye los viveros urbanos, los campus universitarios, las vías, calles y riberas de ríos arboladas y los cinturones verdes, es la que mayor número de publicaciones aportó (n=310), seguida de los parques urbanos (n=204), bosques urbanos (n=106), jardines urbanos (n=48) y muros y techos verdes (n=31). En el presente trabajo, se resalta la escasa investigación que se ha realizado para otros ecosistemas remanentes en las ciudades, como los humedales (n=1) (Figura 4).

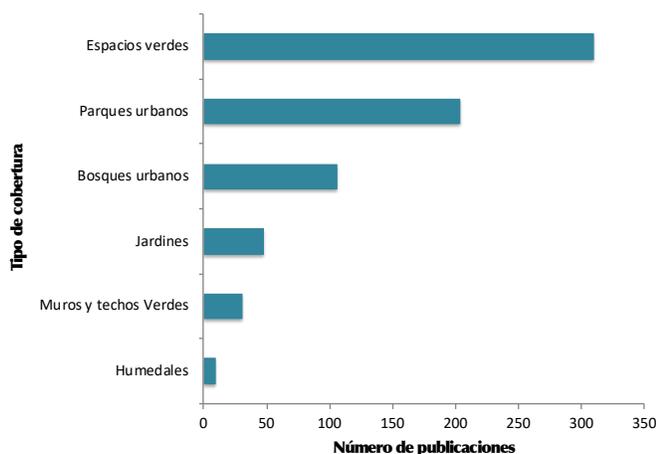


Figura 4. Número de publicaciones consultadas por tipo de cobertura vegetal en las áreas urbanas. Fuente: Scopus. Fecha de búsqueda: junio 2018.

- RESUMEN
- PALABRAS CLAVE
- ABSTRACT
- KEY WORDS
- INTRODUCCIÓN
- DESARROLLO**
- DISCUSIÓN
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- AGRADECIMIENTOS
- REFERENCIAS
- SOBRE LOS AUTORES
- ANEXOS

RESUMEN **2.2. Productividad a nivel nacional**

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

La revisión bibliográfica en las universidades e institutos de investigación de Colombia arrojó un total de 115 publicaciones relacionadas con biodiversidad urbana y clima, incluyendo trabajos de grado (52), artículos de investigación (52) y libros (11). Las publicaciones encontradas fueron realizadas entre 1999 y mayo de 2018. En general, se encontró una tendencia al incremento en el número de publicaciones por año, sin embargo, el número de publicaciones por año es variable (Figura 5). La institución con más publicaciones fue la Universidad Externado de Colombia (n=26), seguida por la Pontificia Universidad Javeriana (n=24), Universidad Nacional de Colombia (n=18), Universidad de Antioquia (n=12) y la Universidad Distrital (n=7) (Anexo 1). Otras instituciones donde se han realizado publicaciones son la Universidad Piloto de Colombia, Universidad de los Andes, Universidad Bolivariana, Universidad del Valle, Universidad del Atlántico, Universidad de Cartagena, ICESI y el Instituto Humboldt (Anexo 1).

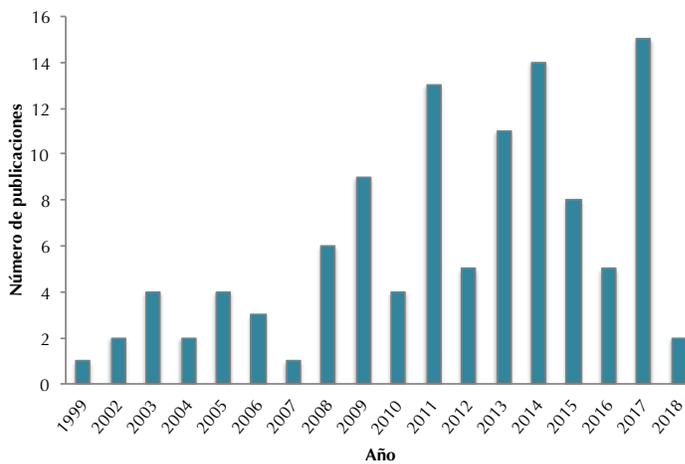


Figura 5. Número de publicaciones sobre biodiversidad urbana y clima generadas en Colombia por año.

Las publicaciones encontradas en la revisión bibliográfica se agruparon en cinco grandes temas: grupos biológicos, gestión ambiental, planeación urbana, techos verdes (infraestructura) y valoración económica. Investigaciones sobre los grupos biológicos representaron el mayor porcentaje de publicaciones, con el 63 %, seguido por estudios en gestión ambiental, con el 25 %, planeación urbana, con el 7 %, valoración económica, con el 3 %, y techos verdes, con el 2 % (Figura 6).

Los estudios de grupos biológicos en los centros urbanos y su relación con el clima se agruparon en seis categorías. Todas las investigaciones midieron o incluyeron diferentes componentes climáticos en sus estudios como la temperatura o la precipitación.

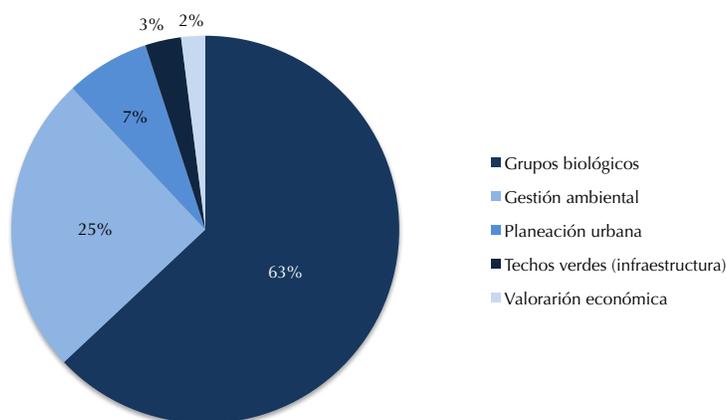


Figura 6. Temáticas en las cuales se han desarrollado publicaciones sobre biodiversidad urbana y clima en las universidades e institutos de investigación en Colombia.

La categoría de caracterización de especies de fauna y flora corresponde a investigaciones que son en su mayoría listados de especies de un área determinada y representan el mayor porcentaje de publicaciones, con el 45 %, seguido por estudios de ecología, con un 35 % (Figura 7). La categoría de ecología incluye estudios poblacionales y de comunidades, de interacciones planta-animal y comportamiento animal. Sobre estas últimas dos categorías, las investigaciones desarrolladas contemplan la evaluación de los patrones de distribución de insectos asociados al arbolado urbano, el uso de plantas por parte de aves e insectos y el impacto de la urbanización en las vocalizaciones, rangos de vuelo y hábitos de nidificación de la avifauna urbana, entre otros. Los estudios sobre bioindicadores están relacionados con el uso de las plantas como indicadores de contaminación atmosférica y de las aves como indicadores biológicos de calidad ambiental en las urbes. Los estudios de conservación se refieren a la evaluación y/o establecimiento de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad urbana, incluyendo las especies amenazadas, por ejemplo, en las áreas verdes urbanas. Los estudios de conocimiento tradicional se limitan al uso medicinal de algunas especies vegetales presentes en las áreas urbanas. Finalmente, el menor porcentaje de estudios corresponde a fitoquímica, en los que se considera el estudio de los metabolitos secundarios de las plantas presentes en humedales urbanos.

Respecto a los grupos biológicos estudiados en las publicaciones revisadas, se encontraron representados seis diferentes grupos de organismos (Figura 8A). Las plantas son el grupo más estudiado, con el 42 % de las investigaciones, seguido por aves, con el 27 %, artrópodos, con el 23 %, mamíferos, con el 4 %, anfibios, con el 3 %, y el grupo menos estudiado fueron los macroinvertebrados, con tan solo el 1 % de las publicaciones.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

RESUMEN
 PALABRAS CLAVE
 ABSTRACT
 KEY WORDS
 INTRODUCCIÓN
DESARROLLO
 DISCUSIÓN
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
 AGRADECIMIENTOS
 REFERENCIAS
 SOBRE LOS AUTORES
 ANEXOS

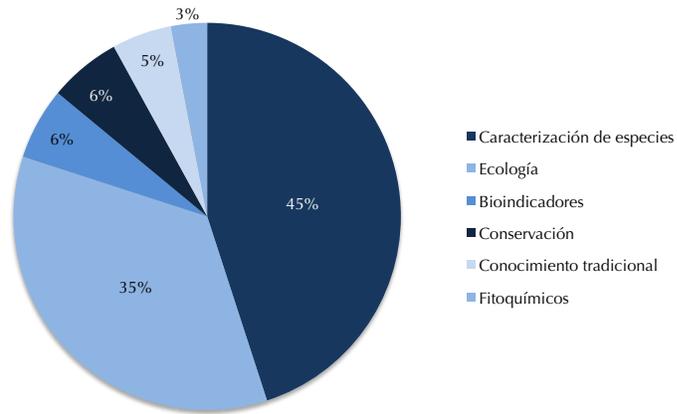


Figura 7. Temáticas estudiadas entorno a grupos biológicos en las publicaciones de biodiversidad urbana en las universidades e institutos de investigación de Colombia.

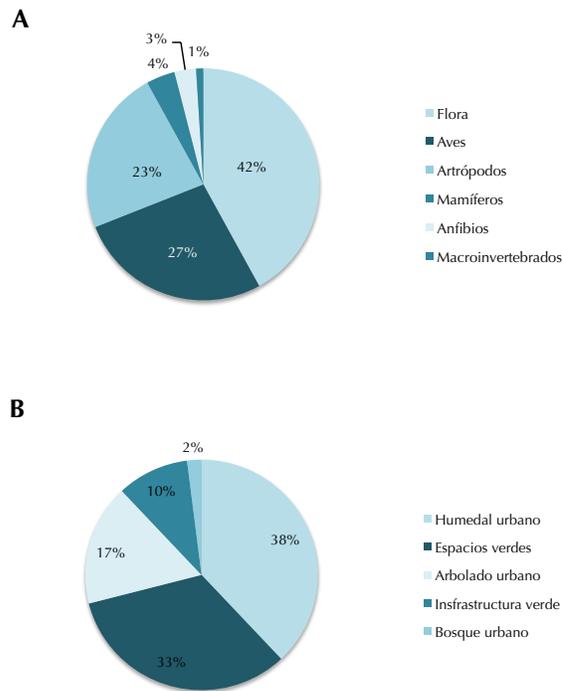


Figura 8. A. Grupos biológicos estudiados en las publicaciones sobre biodiversidad urbana y clima en las universidades y centros de investigación en Colombia. B. Hábitats en los cuales se han desarrollado las investigaciones publicadas por las universidades e institutos de investigación en Colombia.

Adicionalmente, los estudios se desarrollaron en cinco hábitats y/o coberturas vegetales urbanas (Figura 8B). Los humedales representan el ecosistema donde la mayoría de las investigaciones se han realizado (38 %), seguido por los espacios verdes urbanos (33 %), el arbolado urbano (17 %), la infraestructura verde (10 %) y los bosques urbanos (2 %). Los espacios verdes incluyen áreas con pasto, jardines y parques dominados por plantas de porte bajo. La cobertura de arbolado urbano incluye plantas de porte alto. Los estudios relacionados con esta cobertura se han realizado en su mayoría en campus universitarios. La cobertura de infraestructura verde incluye separadores, glorietas y techos y muros verdes, mientras que los bosques urbanos hacen referencia a la cobertura boscosa relictual en parches o fragmentos que se localizan al interior o en los bordes de la ciudad. No obstante, de las 115 investigaciones revisadas el 30 % no registran un hábitat en específico. Estas investigaciones fueron realizadas en los cascos urbanos.

3. Evidencias de los efectos del clima sobre la biodiversidad urbana: estudios por grupo biológico

3.1. Invertebrados: Insectos

Los insectos y otros artrópodos son impactados positivamente por el incremento de la temperatura en las ciudades, la cual influencia sus ciclos de vida, tamaños poblacionales, interacciones ecológicas y distribución geográfica (DeLucia *et al.*, 2012; Diamond *et al.*, 2014, 2015). Algunos modelos teóricos permiten predecir que al aumentar la temperatura ambiental se incrementan los tamaños poblacionales de insectos vectores como los dípteros, que son transmisores de infecciones para el hombre en las áreas urbanas. Esto puede generar impactos importantes en salud pública (Reiner *et al.*, 2015; Misslin *et al.*, 2016; Carvalho *et al.* 2017).

Las evidencias empíricas, por su parte, han demostrado que con el aumento de la temperatura en las áreas urbanas se incrementa la abundancia de insectos herbívoros, principalmente de hábitos perforadores-succionadores (Cregg y Dix, 2001; Raupp *et al.*, 2010; Meineke *et al.*, 2013; Dale y Frank, 2014 a; Meineke *et al.*, 2016; Dale y Frank, 2017). Este incremento puede causar problemas fitosanitarios en el arbolado y otras coberturas vegetales urbanas (Tubby y Webber, 2010; Dale y Frank, 2014b). Tubby y Webber (2010) señalan tres mecanismos por los cuales el cambio climático pueda tener influencia sobre los insectos asociados específicamente al arbolado urbano. Estos mecanismos incluyen efectos directos sobre el desarrollo y supervivencia del insecto fitófago y efectos indirectos a través de alteraciones en las interacciones tróficas de estos organismos con sus competidores y enemigos naturales. Un tercer mecanismo tiene que ver con cambios fisiológicos en el hospedero vegetal por efecto del estrés hídrico, decrecimiento en las tasas fotosintéticas y alteraciones en las tasas

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

RESUMEN	de crecimiento vegetal, causadas por el aumento en la temperatura urbana, la cual tiene además efectos sobre la calidad vegetal y sobre los mecanismos de defensa de las plantas (Cregg y Dix, 2001; Dale y Frank, 2014a, b, 2017).
PALABRAS CLAVE	
ABSTRACT	
KEY WORDS	Respecto al primer mecanismo planteado por Tubby y Weber (2010), se ha evidenciado que el incremento en la temperatura urbana produce mayores tasas de fecundidad y supervivencia de los insectos fitófagos presentes en el ecosistema urbano (Dale y Frank, 2014b, 2017). Meineke <i>et al.</i> (2013) encontraron que esto se explica por la capacidad fisiológica del insecto para tolerar cambios en la temperatura ambiental, en donde las poblaciones localizadas en las áreas más calientes de la ciudad se adaptan o aclimatan localmente a estas condiciones térmicas, mejorando en general su fitness.
INTRODUCCIÓN	
DESARROLLO	
DISCUSIÓN	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	La tolerancia térmica a las altas temperaturas urbanas ha sido estudiada recientemente y de manera particular para las hormigas y abejas (Angilletta <i>et al.</i> , 2007; Hamblin <i>et al.</i> , 2017). En estos trabajos se prueba que la tolerancia térmica de estos organismos parece responder a los cambios rápidos en el clima por efecto del calentamiento global, no solo al nivel de las especies sino también a nivel de las comunidades (Angilletta <i>et al.</i> , 2007; Hamblin <i>et al.</i> , 2017).
AGRADECIMIENTOS	
REFERENCIAS	
SOBRE LOS AUTORES	
ANEXOS	

Alteraciones en las dinámicas insecto fitófago-enemigo natural, es el segundo mecanismo que se ha propuesto, explica la alta abundancia de insectos fitófagos asociados a los impactos combinados de la urbanización y el cambio climático. Los resultados en este campo parecen indicar, para el caso específico de las interacciones con parasitoides, que aunque las tasas de parasitoidismo de los insectos fitófagos en el entorno urbano no se ven impactados por los cambios en la temperatura ambiental (Meineke *et al.*, 2013, Dale y Frank, 2014b), sí existen evidencias de la presencia de asincronías fenológicas entre los organismos interactuantes como productor de la mayor temperatura presente en áreas urbanas, comparativamente con sus ambientes circundantes (Meineke *et al.*, 2014), lo que tiene como consecuencia la reducción en la función de control biológico ejercida por el enemigo natural sobre el insecto fitófago (Meineke *et al.*, 2014).

Alteraciones fenológicas en las interacciones planta-polinizador también han sido estudiadas bajo escenarios de cambio climático, aunque de manera directa estos efectos no se han evidenciados en las áreas urbanas (Hegland *et al.*, 2009; Hoover *et al.*, 2012; Harrison y Winfree, 2015). Tan solo un estudio ha evaluado el efecto sinérgico de la urbanización y el cambio climático sobre la fenología de una especie de arbusto y su incidencia indirecta sobre la diversidad de insectos polinizadores asociados en diferentes tipos de cobertura de suelo (Neil *et al.*, 2015). Aunque esta investigación no prueba efectos directos sobre la fenología de los polinizadores, el estudio proporciona la primera evidencia empírica de que el tipo de cobertura de suelo, correlacionada estrechamente con la temperatura ambiental, afecta de manera específica la abundancia total de abejas polinizadoras, así como explica la alteración en los patrones de floración de la planta bajo estudio (Neil *et al.*, 2015).

3.2. Vertebrados

Los efectos del clima sobre los vertebrados han sido estudiados ampliamente en áreas no perturbadas (Chambers *et al.*, 2015) pero menos en ciudades (Tryjanowski y Kuzniak, 2002; Tryjanowski *et al.*, 2009; Van Der Jeugd *et al.*, 2009; Tobolka *et al.*, 2015; Chenchouni, 2017). Los efectos del cambio climático sobre los vertebrados en las ciudades siguen siendo aún desconocidos (Stiles *et al.*, 2017), más aún cuando se habla de los efectos directos sobre la fisiología de los animales. La mayor parte de las afectaciones que se cree que sufren los vertebrados en las ciudades por los cambios en el clima está asociado a efectos secundarios por alteraciones en los recursos (Rosselli *et al.*, 2017). Especialmente el grupo de los herpetos es del que se tiene menor conocimiento y a quienes por sus condiciones fisiológicas se creería que el cambio climático podría afectar en mayor medida (Urbina-Cardona, 2016). La falta de información detallada y tomada sistemáticamente en una escala de temporalidad adecuada dificulta entender si los cambios en la diversidad de los vertebrados en las ciudades se deban directa o indirectamente por efectos del cambio del clima.

López-Vélez y Molina Moreno (2005) manifiestan que la transmisión de enfermedades por efectos del cambio climático en las ciudades podría ser uno de los principales impactos sobre los grupos de vertebrados. Esto puede desencadenar problemas serios de conservación y aumentar los riesgos sobre las especies que actualmente ya se encuentran en peligro. Para otras especies de vertebrados, el aumento de la temperatura en las ciudades podría tener un efecto benéfico, ya que puede aumentar la cantidad de recursos alimenticios disponibles, especialmente si son consumidores de invertebrados (Kühn *et al.*, 2004; Alvey, 2006) ya que en ciertos grupos de insectos se ha demostrado como su población aumenta por ciertas condiciones locales urbanas (Mainwaring, 2015; Chenchouni, 2017).

Por otro lado, hay que tener en cuenta que tanto las aves como los mamíferos son organismos endotermos y esto les permite tener mayor tolerancia efectos directos del cambio climático como el aumento de la temperatura (Khaliq *et al.*, 2014). Existe la probabilidad de que ciertos grupos, especialmente de insectívoros, se beneficien del aumento en la temperatura debido al incremento de algunos grupos de insectos que son alimento de anfibios, reptiles pequeños, aves, mamíferos pequeños y medianos (Forister *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2011; Rosselli *et al.*, 2017).

En cuanto a las aves, actualmente existe información consolidada sobre las poblaciones de aves en varias partes del mundo, especial en los últimos años con el incremento en los observadores de aves aficionados y los continuos monitoreo que se realizan varias veces al año (Feria *et al.*, 2013); sin embargo, aún existen dificultades para lograr hacer conjeturas respecto a futuros escenarios climáticos y no se disponen de las suficientes herramientas para hacer análisis que arrojen resultados precisos y lograr tomar decisiones de manejo y de adaptación al cambio climático con mayor sustento (Rastandeh y Zari, 2018). En ese mismo sentido, de acuerdo con Rosselli *et*

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

RESUMEN	<i>al.</i> (2017), también existen dificultades para asignar los cambios en las poblaciones en las ciudades a variables afectadas por el cambio climático.
PALABRAS CLAVE	
ABSTRACT	3.3 Plantas
KEY WORDS	
INTRODUCCIÓN	Las plantas están expuestas a situaciones de estrés debido al aumento en las concentraciones de dióxido de carbono (CO ₂), altas temperaturas y sequía, que comprometen su crecimiento, desarrollo y productividad (Supe y Gawande, 2013). Aunque las plantas presentan procesos de aclimatación y adaptación a las condiciones climáticas urbanas (Dai, 2011; Gray y Brady, 2016), estos procesos dependen de las respuestas moleculares, fisiológicas y morfológicas de las plantas, las cuales varían según la especie, el tejido y el estado de desarrollo (Jungvist <i>et al.</i> , 2014).
DESARROLLO	
DISCUSIÓN	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
AGRADECIMIENTOS	En ambientes urbanos, se ha evidenciado una alta concentración de CO ₂ , la cual afecta directamente a las plantas al generar un aumento en la tasa de asimilación de carbono (Ainsworth y Long, 2005; Liu <i>et al.</i> , 2011) y, por lo tanto, una mayor biomasa aérea (Madhu y Hatfield, 2013; Gray <i>et al.</i> , 2016). Lo anterior se ve reflejando con el aumento del área foliar, lo cual se ha observado en las plántulas de <i>Quercus rubra</i> (Searle <i>et al.</i> , 2012), o el aumento en el crecimiento y la acumulación de biomasa en <i>Populus deltoides</i> , ambas especies evaluadas y sembradas en la ciudad de Nueva York (Gregg <i>et al.</i> , 2003).
REFERENCIAS	
SOBRE LOS AUTORES	
ANEXOS	

Otras alteraciones en las plantas asociadas a ambientes con elevadas concentraciones de CO₂ son el aumento en la biomasa subterránea (Madhu y Hatfield, 2013; Gray *et al.*, 2016), la disminución de la densidad estomática (Engineer *et al.*, 2014) y el aumento en el número de frutos y semillas de baja calidad (Jablonski *et al.*, 2002; Springer y Ward, 2007; Myers *et al.*, 2014).

La temperatura es fundamental en cada estado fenológico de las plantas, cuya necesidad varía dependiendo de la especie vegetal (Nagel *et al.*, 2009). Así mismo, es una variable climática que determina la distribución de las plantas en las ciudades (Sukopp y Wurzel, 2003). Las evidencias señalan que cuando la temperatura sobrepasa los requerimientos de las plantas, se disminuyen o se detienen procesos fenológicos como la iniciación de primordios foliares, la expansión de las hojas (Granier *et al.*, 2002; Hatfield *et al.*, 2011), se induce aborto floral y se disminuye tanto la viabilidad del polen, como el crecimiento del tubo polínico y el número de óvulos generados por la planta (Baladubramanian *et al.*, 2006; Hedhly, 2011; Bitá y Gerats, 2013). En resumen, cambios en temperatura a consecuencia del cambio climático pueden afectar la tasa de reproducción de las plantas y en el largo plazo afectar la estructura poblacional y la dinámica de comunidades.

No obstante, el aumento de la temperatura, de la concentración de CO₂ y del nitrógeno en algunas ciudades, pueden mejorar el proceso fotosintético (Lambrecht *et al.*, 2016), por ejemplo, un aumento de CO₂ podría promover la actividad fotosintética durante

periodos críticos del establecimiento de plántulas. Un estudio realizado con *Larrea tridentata* encontró que al exponer semillas a altas concentraciones de CO₂, individuos tuvieron una tasa de crecimiento más alta contribuyendo a una mayor tasa de supervivencia durante eventos de temperaturas extremas (Hamerlynck *et al.*, 2000); sin embargo, entre más elevados sean los niveles de temperatura, mayor será la tasa de respiración y de evaporación del agua del suelo, generando una reducción en los procesos de transpiración y conductancia estomática, lo que puede reducir la asimilación de carbono (Jarma *et al.*, 2012; Lambrecht *et al.*, 2016). Un ejemplo es *Quercus ilex*, un roble ampliamente usado en parques y calles de ciudades mediterráneas, que ante condiciones de altas temperaturas y concentraciones elevadas de CO₂, ha presentado un rendimiento fotosintético deficiente (Ugolini *et al.*, 2012).

Por otro lado, las áreas urbanas cuentan con superficies de asfalto y concreto que reciben radiación solar directa, aumentando su temperatura y afectando directamente el crecimiento y desarrollo de las raíces en las plantas (Awal *et al.*, 2003; Jungvist *et al.*, 2014). Aunque el efecto de la temperatura del suelo no está ampliamente estudiado en zonas urbanas, Graves (1994) resalta en su revisión de estudios desarrollados en diferentes ciudades de Estados Unidos, que la acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos var. inermis*), presenta una fuerte reducción en su crecimiento, así como clorosis en las hojas terminales, lo cual parece ser el resultado de la deficiencia de hierro y otros elementos esenciales, los cuales se ven limitados como consecuencia del incremento en la temperatura del suelo.

Las altas temperaturas debido al calentamiento global vienen acompañadas de variaciones en los regímenes de precipitación, generando sequías, por tanto, una combinación entre el estrés por sequía y el estrés por calor revelan aspectos únicos en las plantas, presentando alta respiración con bajos niveles fotosintéticos, cierre estomático y aumento en la temperatura foliar (Rizhsky *et al.*, 2002). Wang *et al.*, (2019), han demostrado una disminución en la fotosíntesis en especies como *Fraxinus chinensis* y *Ginkgo biloba L.* plantadas en Beijing, bajo condiciones de sequía en espacios urbanos con pavimento.

Así mismo, se ha evidenciado en las ciudades que las plantas aumentan la relación raíz -parte aérea para explorar el suelo en búsqueda de agua y de esta forma disminuir la transpiración en su parte aérea (Rellán-Álvarez *et al.*, 2015). También se ha reportado una disminución en la división y expansión celular, menor área foliar, pérdida en la viabilidad del polen, así como mayor contenido de ácido abscísico y prolina (Su *et al.*, 2013; Clauw *et al.*, 2015).

Además, de la variación de temperatura, un aumento en las concentraciones de CO₂ atmosférico en las ciudades produce una alteración en la interacción planta- patógeno, planta-insecto que puede ocasionar enfermedades, si la fenología de la planta y el ciclo del patógeno están en sincronía y, si las condiciones ambientales son propicias para el desarrollo del mismo (Garret *et al.*, 2016; Velásquez *et al.*, 2018).

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

RESUMEN **DISCUSIÓN**

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓNCONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

Los resultados encontrados indican que a nivel mundial las investigaciones y publicaciones en torno al tema de clima y biodiversidad urbana han ido en incremento en la última década, con el fin de generar información para la planificación de las ciudades con una visión más ecológica o sostenible. Esto concuerda con las recomendaciones dadas por la Convención sobre Diversidad Biológica y la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas sobre la importancia de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad y el aporte de la biodiversidad para la adaptación frente a este fenómeno (Ver COP 10 Decision X/22 CDB).

No es sorprendente que los resultados señalen que en el continente europeo es dónde más se realizan estudios, ya que desde el 2009 la Unión Europea ha manifestado la importancia de la generación de información y conocimiento sobre el impacto del cambio climático en la biodiversidad mundial (Useche, 2010). Tampoco sorprende que Estados Unidos sea el país con mayor número de publicaciones, resultado que puede ser explicado por múltiples razones (por ej., idioma nativo del autor, ver Laurance *et al.*, 2013), pero sí es llamativo el número de publicaciones para países tropicales y subtropicales como Tailandia, Taiwan, Australia, Argentina y México.

Por otra parte, sobresale el número de estudios relacionados con modelos de escenarios climáticos futuros y sus posibles efectos en la biodiversidad urbana que consideran la captura de gases efecto invernadero por parte de los bosques y otras coberturas naturales. En la revisión realizada, no se encontraron investigaciones que hicieran mención de datos de largo plazo, tanto climáticos como de biodiversidad, en las ciudades (es decir, mayores a 30 años tal como recomienda la Organización Meteorológica Mundial, 2017), que permitan establecer el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad urbana. Así mismo, dada la alteración de factores abióticos que confluyen en las ciudades, evidenciar el impacto aislado del clima sobre la biodiversidad también es un reto científico complejo. De acuerdo con Nowak (2010), no solo el clima determina la distribución de plantas y coberturas vegetales en las ciudades. Los suelos (o tipo de suelo/sustrato), el banco de semillas (cantidad y calidad de ecosistemas remanentes), la conectividad entre coberturas vegetales urbanas, entre otros, determinan la composición florística y, por ende, la diversidad biológica actual en las ciudades. A su vez, diversos factores como el uso del suelo, la densidad de población humana, la distribución de la riqueza económica en la ciudad, las estrategias de manejo de los árboles urbanos (manejo silvicultural), la polución, los disturbios físicos relacionados con diferentes actividades humanas, el tipo de construcción, sistema de riego y manejo de aguas en las áreas urbanas, así como las preferencias humanas en la selección de especies del ornato público, afectan la composición biótica de los espacios verdes urbanos y su biodiversidad.

En Colombia, la voluntad política de asociar la temática de cambio climático y biodiversidad se ve reflejada en los planes de adaptación de las ciudades y en las políticas

de gestión de la biodiversidad. Bogotá, Buga, Cartagena, Montería, Pitalito, Topaga y Tulúa (<http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-territorial-de-cambio-climatico/aproximacion-a-territorio-planes-territoriales-de-cambio-climatico#planes-formulados-a-la-fecha>) son las únicas ciudades de Colombia con planes de adaptación al cambio climático en los que la gestión e incremento de las coberturas vegetales urbanas son una prioridad. Políticas de gestión de la biodiversidad urbana tan solo se encuentran en Bogotá y Medellín, y en ambas se dictamina la necesidad de generar investigación sobre el impacto del cambio climático en la biodiversidad para identificar medidas de adaptación. Sin embargo, de acuerdo a los resultados encontrados, la información y el conocimiento que se está generando en Colombia por la academia y los institutos de investigación, no permiten el soporte científico de acciones para dichas políticas.

Esto es particularmente preocupante si se pone de manifiesto que las regiones donde se proyecta que habrá un mayor incremento en extensión de las áreas urbanas debido a aumentos demográficos (United Nations, 2014) corresponden a zonas consideradas *hotspots* de biodiversidad y son vulnerables a los efectos del cambio climático (Günerald y Seto, 2003; Müller y Werner, 2010), como lo es el caso de Colombia.

Ahora bien, afirmando que la vegetación urbana y su composición están sujetas a cambios constantes, y reconociendo que cada espacio verde urbano puede tener un efecto positivo, aunque local, en el clima urbano, el potencial reside en la suma de todos los espacios verdes urbanos, considerando toda la ciudad como un sistema o un socioecosistema, como señala Andrade *et al.* (2011). Por tanto, Hagen y Stiles (2010) manifiestan que una posible estrategia para la adaptación de las ciudades al cambio climático es tratar de influir en las estructuras urbanas, buscando microclimas urbanos más fríos y húmedos. Dichos espacios mejorados microclimáticamente pueden ayudar a mitigar el efecto de isla de calor en la propia ciudad, y quizás a largo plazo incluso influir en el cambio climático en general.

Para lograrlo, Nowak (2010) propone direccionar el conocimiento hacia un entendimiento de la adaptabilidad de las especies nativas al clima urbano actual y futuro, para asegurar la sobrevivencia de las plantas en diferentes sectores de las ciudades, considerando condiciones microclimáticas diferenciales. Otras consideraciones ante escenarios climáticos futuros incluyen el monitoreo y control de las poblaciones de insectos plaga asociadas a las plantas en las áreas urbanas como una estrategia de manejo fitosanitario. Las plantas en escenarios climáticos futuros deben ser capaces de mantenerse y sobrevivir en un ambiente potencialmente alterado para proveer diversos servicios ecosistémicos a la población humana. La ciencia debe entonces generar información que permita considerar especies y diseños florísticos que faculten mitigar un cambio en el clima de las ciudades y facilitar la adaptación de la biodiversidad y de los ciudadanos a un clima cambiante. A la fecha las tendencias de generación de información sobre biodiversidad urbana y clima a nivel global permitirán el diseño e implementación de ciudades resilientes en el mediano plazo, pero, en Colombia, el desacoplamiento en-

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

RESUMEN	tre la ciencia y la gestión urbana, implicará un tiempo mayor en la estructuración del conocimiento para guiar o direccionar la gestión de la biodiversidad urbana hacia la trayectoria deseada. No obstante, la gestión del cambio climático no da espera.
PALABRAS CLAVE	
ABSTRACT	
KEY WORDS	Por lo pronto, en Colombia, las nuevas políticas de biodiversidad urbana tienen que considerar el concepto mismo de cambio y basarse en la mejor información científica disponible. Por tanto, se propone poner en marcha la agenda de investigación sobre cambio climático y biodiversidad que ha sido propuesta (ver Franco <i>et al.</i> , 2013), adicionando las necesidades de información requeridas por las políticas y planes de adaptación y gestión de la biodiversidad en las ciudades. Actualmente, las publicaciones en Colombia se enfocan principalmente en la gestión de los humedales urbanos, pero la investigación también debe ir dirigida a otros ecosistemas remanentes como los bosques, en donde, según los resultados, muy pocos estudios y solo caracterizaciones se han realizado. Estudios en sobre el arbolado urbano y en los espacios verdes, y su relación con la mitigación del efecto de las islas del calor, son urgentes en Colombia.
INTRODUCCIÓN	
DESARROLLO	
DISCUSIÓN	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	A su vez, investigaciones sobre ecología funcional son necesarias en Colombia y otros países para el diseño de nuevos espacios y la reestructuración de espacios verdes.
AGRADECIMIENTOS	
REFERENCIAS	
SOBRE LOS AUTORES	
ANEXOS	Para lograr la adaptación y mitigación al cambio climático, el requerimiento de nuevos espacios verdes en las ciudades es un desafío. Esto ha llevado al incremento de techos y muros verdes, y a nivel mundial y nacional sobresale el número de publicaciones relacionado con estas nuevas coberturas urbanas. Es un tema en crecimiento que ha sido impulsado principalmente por el sector de la construcción. Sin embargo, las plantas usadas en techos y muros verdes generalmente son exóticas. La subdirección científica del Jardín Botánico de Bogotá durante los años 2014-2015 realizó investigaciones en la adaptabilidad de especies nativas de páramo y bosque alto-andino en techos y muros verdes en la ciudad de Bogotá (Santos, 2014). La Universidad Piloto y la Universidad Javeriana de Bogotá, entre otras, han adelantado investigaciones en estas nuevas coberturas urbanas como una estrategia de “enverdecer” la ciudad y hacer la construcción urbana más ecológica.

Por otra parte, las investigaciones adelantadas por Moreno-Echeverry *et al.* (2019) sobre la respuesta de las plantas nativas usadas en el arbolado urbano de Bogotá al déficit hídrico y el anegamiento son claves para la selección de especies nativas resilientes a las diferentes condiciones climáticas de las ciudades actuales y futuras, y ponen de manifiesto la necesidad de generar conocimiento en esta área para las urbes del país.

CONCLUSIONES

El crecimiento de las áreas urbanas y el cambio climático son dos fenómenos innegables que requieren una gestión integral para mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta provee. Aunque a nivel mundial la investigación sobre el tema está en auge, en Colombia son muy pocos los estudios que abordan ambas temáticas.

Así mismo, aunque la Ley de Cambio Climático (ley 1931 de 2018), el Plan Nacional de Adaptación y la Política Nacional para la Gestión de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos señalan la importancia de la adaptación basada en ecosistemas en las ciudades, es poca la investigación que guíe el diseño o la implementación de socioecosistemas urbanos resilientes para el país. Sin embargo, en Colombia existen varias oportunidades para elaborar una agenda de investigación y acción enfocada en la gestión de la biodiversidad urbana a través de la resiliencia que permita la adaptación de la biodiversidad y las ciudades. Entre estas se encuentran los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales y la incorporación de cambio climático en instrumentos de planificación, los cuales según la Ley 1931 deben estar diseñados e implementados al 01 de enero del 2020.

Otra oportunidad se encuentra en los monitoreos que realizan distintos grupos, como el que Jardín Botánico de Bogotá, que desarrolla un monitoreo del arbolado urbano a través de la plataforma SIGAU (Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano de Bogotá), la Asociación Bogotana de Ornitología, que ejecuta los censos anuales de aves en diferentes puntos de la ciudad, y las organizaciones comunitarias que hacen monitoreo de grupos biológicos en parques y humedales de la ciudad, entre otros (ver Mejía, 2016). Una articulación armoniosa entre estos grupos, con acompañamiento y participación de la academia e institutos de investigación, y una toma de datos dirigida y sistemática que responda objetivos claros de investigación para la gestión urbana, abre una nueva perspectiva de planificación integral de la biodiversidad y la ciudad hacia el cambio climático.

Dada la urgencia de poner en marcha la generación de información y conocimiento para responder a las necesidades apremiantes que nos exige el cambio climático, una acción rápida y pragmática es el desarrollo de las agendas de investigación para responder a las necesidades dadas en los planes y políticas sobre biodiversidad urbana y cambio climático. Para ello, se requiere la voluntad de trabajo mancomunado y el desarrollo de una agenda interinstitucional para el estímulo de investigaciones y acciones de gestión y manejo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores extienden su especial agradecimiento a Mauricio Díaz Granados, quien desde su gestión en la Subdirección Científica del Jardín Botánico José Celestino Mutis estuvo apoyando el desarrollo y consolidación de la línea de Investigación en Coberturas Vegetales Urbanas, y a la Institución Jardín Botánico de Bogotá, quienes brindaron recursos financieros, técnicos y físicos para el desarrollo de las investigaciones. Los autores también agradecen a los revisores anónimos de esta publicación, cuyos aportes fueron fundamentales para mejorar el contenido y estructura.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

RESUMEN

REFERENCIAS

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

- Ainsworth, E. A. y Long, S. P. (2005). Tansley review: what have we learned from 15 Years of Free-Air CO₂ Enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *New Phytologist*, 165, 351-371.
- Alberti, M., Marzluff, J. y Hunt, V. M. (2017). Urban driven phenotypic changes: empirical observations and theoretical implications for eco-evolutionary feedback. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 372, 20160029.
- Alvey, A. A. (2006) Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban For Urban Green*, 5(4), 195-201.
- Andrade, G. I., Sandino, J. C. y Aldana, J. (2011). *Biodiversidad y territorio: innovación para la gestión adaptativa frente al cambio global, insumos técnicos para el Plan Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos*. Bogotá: MAVDT y IAvH. 64p.
- Angilletta, Jr., M. J., Wilson, R. S., Niehaus, A. C., Sears, M. W., Navas, C. A. y Ribeiro, P. L. (2007). Urban Physiology: City Ants Possess High Heat Tolerance. *PLoS One*, 2, e258.
- Awal, M. A., Ikeda, T. y Itoh, R. (2003). The effect of soil temperature on source-sink economy in peanut (*Arachis hypogaea*). *Environmental and Experimental Botany*, 50, 41-50.
- Bai, X., Dawson, R. J., Ürge-Vorsatz, D., Delgado, G. C., Barau, A. S., Dhakal, S., Dodman, D., Leonardsen, L., Masson-Delmotte, V., Roberts, D. y Schultz, S. (2018). Six research priorities for cities and climate change. *Nature*, 555, 23-25.
- Balasubramanian, S., Sureshkumar, S., Lempe, J. y Weigel, D., (2006). Potent induction of *Arabidopsis thaliana* flowering by elevated growth temperature. *PLoS Genet*, 2, 0980-0989.
- Bitá, C. E. y Gerats, T. (2013). Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Front. Plant Sci*, 4, 273.
- Campbell-Arvai, V. (2018). Engaging urban nature: improving our understanding of public perceptions of the role of biodiversity in cities. *Urban Ecosystems*, 1-15. doi.org/10.1007/s11252-018-0821-3.
- Carvalho, B. M., Rangel, E. F y Vale, M. M. (2017). Evaluation of the impacts of climate change on disease vectors through ecological niche modelling. *Bulletin of Entomological Research*, 107, 419-430.
- Chambers, L. E., Hughes, L. y Weston, M. A. (2005). Climate change and its impact on Australia's avifauna. *Emu Austral Ornithology*, 105(1), 1-20. doi:10.1071/mu04033.
- Chen, I. C., Hill, J. K., Ohlemüller, R., Roy, D. B. y Thomas, C. D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science*, 333, 1024-1026. doi: 10.1126/science.1206432.
- Chenchouni, H. (2017). Variation in white stork (*Ciconia ciconia*) diet along a climatic gradient and across rural-to-urban landscapes in North Africa. *International journal of biometeorology*, 61(3), 549-564.

- Clauw, P., Coppens, F., De Beuf, K., Dhondt, S., Van Daele, T., Maleux, K., Storme, V., Clement, L., Gonzalez, N. y Inzé, D. (2015). Leaf responses to mild drought stress in natural variants of *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, *167*, 800-816.
- Connop, S., Vandergert, P., Eisenberg, B., Collier, M. J., Nash, C., Clough, J. y Newport, D. (2016). Renaturing cities using a regionally-focused biodiversity-led multifunctional benefits approach to urban green infrastructure. *Environmental Science & Policy*, *62*, 99-111.
- Cregg, B. M. y Dix, M. E. (2001). Tree moisture stress and insect damage in urban areas in relation to heat island effects. *Journal of Arboriculture*, *27*(1), 1-17.
- Dai, A. (2011). Drought under global warming: a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *2*, 45-65.
- Dale, A. G. y Frank, S. D. (2017) Warming and drought combine to increase pest insect fitness on urban trees. *PLoS One*, *12*, e0173844.
- Dale, A. G. y Frank, S. D. (2014 a). The Effects of Urban Warming on Herbivore Abundance and Street Tree Condition. *PLoS One*, *9*(7), e102996.
- Dale, A. G. y Frank, S. D. (2014 b) Urban warming trumps natural enemy regulation of herbivorous pests. *Ecological Applications*, *24*(7), 1596-1607.
- DeLucia, E. H., Nability, P. D., Zavala, J. A. y Berenbaum, M. R. (2012) Climate Change: Resetting Plant-Insect Interactions. *Plant Physiology*, *160*, 1677-1685.
- Diamond, S. E., Cayton, H., Wepprich, T., Jenkins, C. N., Dunn, R. R., Haddad, N. M. y Ries, L. (2014) Unexpected phenological responses of butterflies to the interaction of urbanization and geographic temperature. *Ecology*, *95*, 2613-2621.
- Diamond, S. E., Dunn, R. R., Frank, S. D., Haddad, N. M. y Martin, R. A. (2015) Shared and unique responses of insects to the interaction of urbanization and background climate. *Current Opinion in Insect Science*, *11*, 71-77.
- Engineer, C. B., Ghassemian, M., Anderson, J. C., Peck, S. C., Hu, H. y Schroeder, J. I. (2014). Carbonic anhydrases, EPF2 and a novel protease mediate CO₂ control of stomatal development. *Nature*, *513*, 246-250.
- Feria Arroyo, T. P., Sánchez-Rojas, G., Ortiz-Pulido, R., Bravo-Cadena, J., Calixto Pérez, E., Dale, J. M., y Valencia-Herverth, J. (2013). Estudio del cambio climático y su efecto en las aves en México: enfoques actuales y perspectivas futuras. *Huitzil*, *14*(1), 47-55.
- Forister, M. L., McCall, A. C., Sanders, N. J., Fordyce, J. A., Thorne, J. A. y O'Brien, J., (2010). Compounded effects of climate change and habitat alteration shift patterns of butterfly diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, *107*, 2088-2097. doi: 10.1073/pnas.0909686107.
- Franco, L., Useche, D. C. y Hernández, S. (2013). Biodiversidad y cambio antrópico del clima: ejes temáticos que orientan la generación de conocimiento para la gestión frente al fenómeno. *Ambiente y Desarrollo*, *17*(32), 79-96.
- Garret, K., Nita, M., Wolf, E., Esker, P., Gomez-Montano, L. y Sparks, A. (2016). Plant pathogens as indicators of climate change. *Climate Change*, 325-338.
- Granier, C., Massonnet, C., Turc, O., Muller, B., Chenu, K. y Tardieu, F. (2002). Individual leaf development in *Arabidopsis thaliana*: a stable thermal-time-based programme. *Annals of Botany*, *89*, 595-604.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

- RESUMEN Gray, S. y Brady, S. (2016). Plant developmental responses to climate change. *Developmental Biology*, 419, 64-77.
- PALABRAS CLAVE Graves, W. R. (1994) urban soil temperatures and their potential impact on tree growth. *Journal of Arboriculture*, 20(1), 24-27.
- ABSTRACT Gregg, J. W., Jones, C. G. y Dawson, T. E. (2003). Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City. *Nature*, 424(6945), 183.
- KEY WORDS Grimm, N. B., Foster, D., Groffman, P., Grove, J. M., Hopkinson, C. S., Nadelhoffer, K. J., Pataki, D. E. y Peter, D. P. C. (2008). The changing landscape: ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients. *Frontiers in Ecology and Environment*, 6(5), 264-272.
- INTRODUCCIÓN Güneralp, B. y Seto, K. C. (2013). Futures of global urban expansion: uncertainties and implications for biodiversity conservation. *Environmental Research Letters*, 8, 014025.
- DESARROLLO Hagen, K. y Stiles, R. (2010). Contribution of landscape design to changing urban climate conditions. En Müller, N., Werner, P., Kelcev, J. G. (Eds.). *Urban Biodiversity and Design*. Pp. 572–592. Oxford: Wiley-Blackwell.
- DISCUSIÓN Hamblin, A. L., Youngsteadt, E., López-Uribe, M. M. y Frank, S. D. (2017). Physiological thermal limits predict differential responses of bees to urban heat-island effects. *Biology Letters*, 13, 20170125.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES Hamerlynck, E. P., Huxman, T. E., Loik, M. E. y Smith, S. D. (2000) Effects of extreme high temperature, drought and elevated CO₂ on photosynthesis of the Mojave Desert evergreen shrub, *Larrea tridentata*. *Plant Ecology*, 148, 183-193.
- AGRADECIMIENTOS Harrison, T y Winfree, R. (2015). Urban drivers of plant-pollinator interactions. *Functional Ecology*, 29, 879-888.
- REFERENCIAS Hatfield, J. L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L. H., Izaurrealde, R. C., Ort, D., Thomson, A. M. y Wolfe, D. (2011). Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agronomy Journal*, 103, 351-370.
- SOBRE LOS AUTORES Hedhly, A. (2011). Sensitivity of flowering plant gametophytes to temperature fluctuations. *Environmental and Experimental Botany*, 74, 9-16.
- ANEXOS Hegland, S. J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjercknes, A-L. y Totlan, O. (2009). How does climate warming affect plant-pollinator interactions?. *Ecology Letters*, 12, 184-195.
- Hevia, V., Martín-López, B., Palomo, S., García-Llorente, M., de Bello, F. y González, J. A. (2017). Trait-based approaches to analyze links between the drivers of change and ecosystem services: Synthesizing existing evidence and future challenges. *Ecology and Evolution*, 7, 831-844.
- Hoover, S. E. R., Ladley, J. J., Shchepetkina, A. A., Tisch, M., Giesege, S. P. y Tylianakis, J. M. (2012). Warming, CO₂, and nitrogen deposition interactively affect a plant-pollinator mutualism. *Ecology Letter*, 15, 227-234.
- IPCC (2014). Climate change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II. Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. En Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R. y White, L. L. (Eds.) Cambridge, United Kingdom y New York, USA: Cambridge University Press.

- Jablonski, L. M., Wang, X. y Curtis, P. S. (2002). Plant reproduction under elevated CO₂ conditions: a meta-analysis of reports on 79 crop and wild species. *New Phytology*, 156, 9-26.
- Jarma-Orozco, A., Cardona-Ayala, C. y Araméndiz-Tatis, H. (2012). Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 63 -76.
- Jenerette, G. D., Clarje, L. W., Avolio, M. L., Pataki, D. E., Gillespie, T. W., Pincetl, S., Nowak, D. J., Hutryra, L. R., McHale, M., McFadden, J. P. y Alonzo, M. (2016). Climate tolerances and trait choices shape continental patterns of urban tree biodiversity. *Global Ecology and Biogeography*, 25(11), doi.org/10.1111/geb.1249.
- Jungvist, G., Oni, S. K., Teutschbein, C. y Futter, M. N. (2014). Effect of climate change on soil temperature in Swedish boreal forests. *PLoS One*, 9(4), e93957.
- Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., Haase, D., Knapp, S., Korn, H., Stadler, J., Zaunberger, K. y Bonn, A. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*, 21(2), 39.
- Khaliq, I., Hof, C., Prinzing, R., Böhning-Gaese, K. y Pfenninger, M. (2014). Global variation in thermal tolerances and vulnerability of endotherms to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1789), 20141097.
- Kühn, I., Brandl, R. y Klotz, S. (2004). The flora of German cities is naturally species rich. *Evolutionary Ecology Research*, 6(5), 749-764.
- Lambrecht, S. C., Mahieu, S. y Cheptou, P. O. (2016). Natural selection on plant physiological traits in an urban environment. *Acta Oecologica* (77), 67-74.
- Laurance, W. F., Useche, D. C., Laurance, S. y Bradshaw, C. J. A. (2013). Predicting Publication Success for Biologist. *BioScience*, 63(10), 817-823.
- Liu, J., Zhou, G., Xu, Z., Duan, H., Li, Y. y Zhang, D. (2011) Photosynthesis acclimation, leaf nitrogen concentration, and growth of four tree species over 3 years in response to elevated carbon dioxide and nitrogen treatment in subtropical China. *Journal of Soils Sediments*, 11, 1155-1164.
- López-Vélez, R. y Molina Moreno, R. (2005). Cambio climático en España y riesgo de enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 177-190.
- Madhu, M. y Hatfield, J. L. (2013). Dynamics of plant root growth under increased atmospheric carbon dioxide. *Agronomy Journal*, 105, 657-669.
- Mainwaring, M. C. (2015). The use of man-made structures as nesting sites by birds: a review of the costs and benefits. *Journal for Nature Conservation*, 25, 17-22. doi:10.1016/j.jnc.2015.02.007.
- Meineke, E., Youngsteadt, E., Dunn, R. R. y Frank, S. D. (2016). Urban warming reduces aboveground carbon storage. *Proceedings Royal Society B*, 283, 20161574.
- Meineke, E. K., Dunn, R. R. y Frank, S. D. (2014). Early pest development and loss of biological control are associated with urban warming. *Biology Letters*, 10, 2-4.
- Meineke, E. K., Dunn, R. R., Sexton, J. O. y Frank, S. D. (2013). Urban warming drives insect pest abundance on street trees. *PLoS One*, 8, e59687.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

- RESUMEN Mejía, M. A. (Ed.). (2016). *Naturaleza Urbana: plataforma de experiencias*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 208 p.
- PALABRAS CLAVE Misslin, R., Telle, O., Daudé, E., Vaguet, A. y Paul, R. E. (2016). Urban climate versus global climate change-what makes the difference for dengue?. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1382(1), 56-72.
- ABSTRACT
- KEY WORDS Moreno-Echeverry, D., Useche, D. C. y Balaguera-López, H. (2019). Respuesta fisiológica de especies arbóreas al anegamiento. Nuevo conocimiento sobre especies de interés en el arbolado urbano de Bogotá. *Colombia Forestal*, 22(1). doi.org/10.14483/2256201X.13453.
- INTRODUCCIÓN Müller, N y Werner, P. (2010). Urban biodiversity and the case for implementing the convention on biological diversity in towns and cities. En Muller, N., Werner, P y Kelcey, J. G. (Eds.). *Urban Biodiversity and Design*. Pp. 1-32. Blackwell Publishing Ltd.
- DESARROLLO Myers, S. S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A.D.B., Bloom, A. J., Carlisle, E., Dietterich, L. H., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N. M., Nelson, R. L., Ottman, M. J., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K.A., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M. y Usui, Y. (2014). Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature* 510, 139-142.
- DISCUSIÓN Nagel, K. A., Kastenholz, B., Jahnke, S., Van Dusschoten, D., Aach, T., Mühlich, M., Truhn, D., Scharr, H., Terjung, S., Walter, A. y Schurr, U. (2009). Temperature responses of roots: Impact on growth, root system architecture and implications for phenotyping. *Functional Plant Biology*, 36, 947-959.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- AGRADECIMIENTOS
- REFERENCIAS
- SOBRE LOS AUTORES
- ANEXOS
- Neil, K., Wu, J., Bang, C. y Faeth, S. (2015). Urbanization affects plant flowering phenology and pollinator community: effects of water availability and land cover. *Ecological Processes*, 3, 1-12.
- Nowak, D. J. (2010). Urban Biodiversity and climate change. En Müller, N., Werner, P., Kelcey, J. G. (Eds.). *Urban Biodiversity and Design*. Pp: 101-117. Blackwell Publishing.
- Organización Meteorológica Mundial. (2017). *WMO Guidelines on the calculation of climate normals*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. 20 p.
- Pedersen, M. (2018). The importance of urban biodiversity-an ecosystem services approach. *Biodiversity International Journal*, 2(4), 357-360.
- Rastandeh, A., y Zari, M. P. (2018). A spatial analysis of land cover patterns and its implications for urban avifauna persistence under climate change. *Landscape Ecology*, 33(3), 455-474.
- Raupp, M. J., Shrewsbury, P. M. y Herms, D. A. (2010). Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. *Annual Review of Entomology*, 55, 19-38.
- Reiner, Jr. R. C., Smith, D. L. y Gething, P. W. (2015). Climate change, urbanization and disease: summer in the city. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 109, 171-172.
- Rellán-Álvarez, R., Lobet, G., Lindner, H., Pradier, P. L., Sebastian, J., Yee, M.C., Geng, Y., Trontin, C., Larue, T., Schragger-Lavelle, A., Haney, C. H., Nieu, R., Maloof, J., Vogel, J. P. y Dinneny, J. R. (2015). GLO-Roots: an imaging platform enabling multidimensional characterization of soil-grown root systems. *eLife*, 4, 1-26.
- Rizhsky, L., Liang, H. y Mittler, R. (2002). The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in Tobacco. *Plant Physiology*, 130, 1143-1151.

- Rosselli, L., Stiles, F. G. y Camargo, P. A. (2017). Changes in the avifauna in a high Andean cloud forest in Colombia over a 24 year period. *Journal of Field Ornithology*, 88(3), 211-228.
- Searle, S. Y., Turnbull, M. H., Boelman, N. T., Schuster, W. S. F., Yakir, D. y Griffin, K. L. (2012) Urban environment of New York City promotes growth in northern red oak seedlings. *Tree Physiology*, 32, 389-400.
- Solecki, W. y Marcotullio, P. J. (2013). Climate change and urban biodiversity Vulnerability. En Elmquist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., Parnell, S., Schewenius, M., Sendstad, M., Seto, K. C. y Wilkinson, C. (Eds). *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: challenges and opportunities*. Pp: 485-504. Dordrecht: Springer.
- Springer, C. J. y Ward, J. K. (2007). Flowering time and elevated atmospheric CO₂. *New Phytologist*, 176, 243-255.
- Stiles, F. G., Rosselli, L. y De La Zerda, S. (2017). Changes over 26 Years in the Avifauna of the Bogotá Region, Colombia: Has Climate Change Become Important?. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5, 58.
- Su, Z., Ma, X., Guo, H., Sukiran, N. L., Guo, B., Assmann, S. M. y Ma, H. (2013). Flower development under drought stress: morphological and transcriptomic analyses reveal acute responses and long-term acclimation in Arabidopsis. *Plant Cell*, 25, 3785-3807.
- Sukopp, H. y Wurzel, A. (2003). The effects of climate change on the vegetation of Central European Cities. *Urban Habitats*, 1(1), 66-86.
- Supe, G. N. y Gawande, S. M. (2013) Effects of dustfall on vegetation. *International Journal of Science and Research*, 2184-2188.
- Taylor, L. y Hochuli, D. F. (2014). Creating better cities: how biodiversity and ecosystem functioning enhance urban residents' wellbeing. *Urban Ecosystem*. doi:10.1007/s11252-014-0427-3.
- Tobolka, M, Zolnierowicz, K. M. y Reeve, N. F. (2015). The effect of extreme weather events on breeding parameters of the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study*, 62, 377-385. doi: 10.1080 /00063657.2015.1058745.
- Tryjanowski, P. y Kuźniak S. (2002). Population size and productivity of the White Stork *Ciconia ciconia* in relation to Common Vole *Microtus arvalis* density. *Ardea*, 90, 213-217.
- Tryjanowski, P., Sparks, T. H. y Profus, P. (2009). Severe flooding causes a crash in production of white stork (*Ciconia ciconia*) chicks across central and Eastern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 10, 387-392. doi:10.1016/j.baae.2008.08.002.
- Tubby, K. V. y Webber, J. F. (2010). Pest and diseases threatening urban trees under a changing climate. *Forestry*, 83(4), 451-459.
- Ugolini, F., Busotti, F., Lanini, G. M., Raschi, A., Tani, C. y Tognetti, R. (2012). Leaf gas Exchanges and photosystem efficiency of the holm oak in urban green areas of Florence, Italy. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11, 313-319.
- United Nations. (2014). *World urbanizations prospects: the 2014 revision population database*. New York: United Nations. <http://esa.un.org/unup/>

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS

RESUMEN	
PALABRAS CLAVE	Urbina-Cardona, J. N. (2016). Gradientes andinos en la diversidad y patrones de endemismo en anfibios y reptiles de Colombia: posibles respuestas al cambio climático. <i>Revista Facultad de Ciencias Básicas</i> , 7(1), 74-91.
ABSTRACT	Useche, D. C. (2010). Biodiversidad: cimiento de nuestra capacidad para enfrentar el cambio climático. En García M. P., Amaya O. D. (Eds). <i>Derecho y cambio climático</i> . Pp. 93-122. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
KEY WORDS	
INTRODUCCIÓN	Van Der Jeugd, H. P., Eichhorn, G., Litvin, K. E., Stahl, J., Larsson, K., Van Der Graaf, A. J., Drent, R. H. (2009). Keeping up with early springs: rapid range expansion in an avian herbivore incurs a mismatch between reproductive timing and food supply. <i>Global Change Biology</i> , 15, 1057-1071. doi:10.1111/j.1365-2486.2008.01804.
DESARROLLO	
DISCUSIÓN	Velásquez, A., Danve, C. y Yang, S. (2018). Plant-Pathogen warfare under changing climate conditions. <i>Current Biology</i> , 28(10), 619-634.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	Wang, X-M., Wang, X-K., Su, Y-B. y Zhang, H-X. (2019). Land pavement depresses photosynthesis in urban trees especially under drought stress. <i>Science of the Total Environment</i> , 653, 120-130.
AGRADECIMIENTOS	
REFERENCIAS	Wilby, R. L. y Perry, G. L. W. (2006). Climate change, biodiversity and the urban environment: a critical review based on London, UK. <i>Progress in Physical Geography</i> , 30(1), 73-98.
SOBRE LOS AUTORES	Wilmers, F. (1988). Green for melioration of urban climate. <i>Energy and Buildings</i> , 11(1), 289-299.
ANEXOS	

SOBRE LOS AUTORES

Diana C. Useche

Independiente
dcuseche@gmail.com

Juliana Durán-Prieto

Jardín Botánico de Bogotá
julidpl@gmail.com

Ingrith A. Zárate Caballero

Independiente
ingrithzar@hotmail.com

Darwin L. Moreno-Echeverry

Universidad Nacional de Colombia
dlmorenoe@unal.edu.co

Laura Velásquez

James Cook University, Australia
laura.velasquezjimenez@my.jcu.edu.au

Pedro A. Camargo

Asociación Bogotana de Ornitología
pcamargo@avesbogota.org

ANEXOS

Anexo 1. Publicaciones nacionales e internacionales sobre biodiversidad urbana y clima.

Citación sugerida

Useche, D. C., Durán-Prieto, J., Zárate-Caballero, I. A., Moreno-Echeverry, D. L., Velásquez, L. y Camargo, P. A. (2019). Clima, ciudades y biodiversidad: revisión de producción científica. *Biodiversidad en la Práctica*, 4(1), 212-237.

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

ABSTRACT

KEY WORDS

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS

SOBRE LOS AUTORES

ANEXOS