

Artículo original

Propuesta metodológica para abordar la restauración ecológica participativa en humedales de Bogotá D.C., Colombia

Methodological proposal to address participatory ecological restoration in wetlands of Bogotá DC (Colombia)

Lorena Cortés-Ballén, Juliana Zuluaga-Carrero*, Clara Morales-Rozo

Subdirección Científica, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis y Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

Resumen

Los humedales son ecosistemas que representan valiosos refugios de biodiversidad en áreas urbanas y ofrecen innumerables servicios a los ciudadanos. Sin embargo, han sido dramáticamente transformados a través del tiempo, principalmente por procesos de urbanización. Se presenta una propuesta de estructura metodológica que aborda la restauración ecológica participativa en humedales de Bogotá D.C. en cuatro etapas y tres ejes de actuación: gestión social, educación ambiental y estrategias de restauración. De esta forma se consolidó una red con 596 integrantes de cinco grupos de interés, siendo la categoría comunitaria la de mayor participación. Se clasificaron las coberturas así: el 56,5 % de la superficie de los humedales correspondió a vegetación acuática, el 3 % a infraestructura y el 40,5 % a vegetación terrestre, 20 % de esta intervenida mediante las estrategias de restauración planteadas, que incluyeron 52 especies vegetales de tres gremios ecológicos en siete diseños florísticos en la franja terrestre. El establecimiento y permanencia en el tiempo de los procesos que se adelantan para conservar los humedales en Bogotá D.C. dependerá en gran medida de las estrategias ecológicas planteadas y la voluntad de los entes encargados de su administración.

Palabras clave: Diversidad; Educación ambiental; Gestión social; Gremios ecológicos; Recuperación.

Abstract

Wetlands are ecosystems that represent valuable refuges for biodiversity in urban areas and offer innumerable services to citizens. However, they have been dramatically transformed over time mainly by urbanization processes. We propose here a methodological structure to address the participatory ecological restoration in wetlands of Bogotá D.C. made up of four stages and three lines of action: social management, environmental education, and restoration strategies. In that context, a network with 596 actors from five interest groups was consolidated, mostly with participants from the communities. The coverage was classified as follows: 56.5% of the surface of the wetlands corresponded to aquatic vegetation; 3% to infrastructure, and 40.5% to terrestrial vegetation, of which 20% was intervened through the proposed restoration strategies including 52 plant species from three ecological guilds in seven floristic designs on the land strip. The establishment and permanence of the processes that are carried out to conserve wetlands in Bogotá D.C. will depend to a large extent on the ecological strategies proposed and the will of the entities in charge of their administration.

Keywords: Diversity; Ecological guilds; Environmental education; Social management; Recovery.

Introducción

Los efectos de la urbanización en los ecosistemas de humedal de áreas urbanas se evidencian en profundas transformaciones ambientales, pues se ha disminuido notablemente su extensión superficial, se han modificado sus coberturas vegetales con el consecuente impacto en la biodiversidad, y, por ende, en la sustentabilidad metropolitana (Pintos &

Citación: Cortés-Ballén L, Zuluaga-Carrero J, Morales-Rozo C. Propuesta metodológica para abordar la restauración ecológica participativa en humedales de Bogotá D.C., Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 45(177):1205-1218, octubre-diciembre de 2021. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1406>

Editor: Gabriel Roldán

***Correspondencia:**

Juliana Zuluaga-Carrero;
zuluaga.juliana@javeriana.edu.co

Recibido: 6 de marzo de 2021

Aceptado: 29 de noviembre de 2021

Publicado: 15 de diciembre de 2021



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Sgori, 2012; Salazar-Suaza & Quijano-Abril, 2020). Las dinámicas de crecimiento y ocupación poblacional son evidentes en los centros urbanos, donde se desconoce la importancia ecológica de estos ecosistemas, lo que se intensifica por la falta de continuidad en las intervenciones de recuperación de estos ecosistemas por parte de las administraciones locales (Guzmán, *et al.*, 2011).

En el departamento de Cundinamarca (Colombia) los humedales han sufrido las transformaciones generadas por las actividades socioeconómicas, por lo que hoy se encuentran en la categoría de peligro crítico de extinción (Etter, *et al.*, 2020). Específicamente en la sabana de Bogotá, los espejos de agua se han reducido en más del 84,5 % de su extensión original por causa de las actividades de urbanización en los últimos 60 años (García-Ubaque, *et al.*, 2020) y ello ha causado un avanzado proceso de fragmentación aislándolos en parches remanentes (Cortés-Ballén, 2018) y provocando que diferentes especies estén al borde de la extinción (Rodríguez-Linares, *et al.*, 2019). En Bogotá algunos humedales se encuentran en los parques ecológicos distritales de humedal (PEDH) bajo la categoría de protección establecida en el Decreto 190 de 2004, además, recientemente han sido incluidos en la lista de humedales de importancia de la Convención Internacional sobre los Humedales (Ramsar) reconocida mediante el Decreto 1468 del 2018. Sin embargo, una buena extensión de estos ecosistemas no está cobijada por ninguna figura de conservación y es vulnerable frente a los efectos de la transformación de la ciudad (Andrade, *et al.*, 2013).

En la defensa de los humedales han participado distintas instituciones que han impulsado movimientos ambientales (Patiño, 2014) y focalizado el interés de las iniciativas comunitarias que dieron lugar a los primeros proyectos de restauración ecológica (Guzmán, *et al.*, 2011). La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), conjuntamente con otras instituciones como universidades y ONG, ha hecho intervenciones de reconformación hidrogeomorfológica y recuperación en varios humedales estableciendo lineamientos básicos para su manejo y recuperación (Alcaldía de Bogotá, 2020). Asimismo, se han adelantado numerosas investigaciones que documentan sus características físicas, biodiversidad y procesos sociales (Mayorga, 2016; Cortés-Ballén, 2018; Cabrera-Amaya & López-Cruz, 2019), además de numerosos trabajos de grado multidisciplinarios.

En este contexto, es prioritario que los proyectos de restauración ecológica se originen en el ámbito público incorporándolos como una prioridad en las herramientas de planificación urbana a nivel local. En este marco, el esclarecimiento de las acciones adelantadas por la administración de la ciudad para la gestión de recursos naturales disminuiría la duplicidad de actuaciones y favorecería el seguimiento de los resultados (Simbaqueba, 2016). Actualmente las acciones en torno a los humedales de Bogotá no se basan en una aproximación metodológica que responda a las necesidades institucionales, sociales y ambientales, por lo que en este estudio se presenta una propuesta metodológica para la implementación de procesos de restauración ecológica participativa con base en los resultados obtenidos en la ejecución del convenio interadministrativo No. 9-07-24300-967-2013 entre el 2014 y el 2016 con énfasis en tres ejes de actuación: gestión social, educación ambiental y estrategias de restauración ecológica participativa para el manejo y protección de los humedales de Bogotá.

Materiales y métodos

Área de estudio

Se priorizaron 11 humedales de Bogotá ubicados en las localidades de Usaquén, Suba, Engativá, Kennedy, Fontibón y Bosa (Figura 1). Según los planes de manejo ambiental en estos ecosistemas, los suelos son poco desarrollados e hidromórficos y se caracterizan por ser rellenos conformados por limos orgánicos, arcilla con variaciones de profundidad según su cercanía al río Bogotá o a cuerpos de agua que aportan gran cantidad de sedimentos, además de materiales de construcción y otros desechos resultantes de procesos de urbanización.

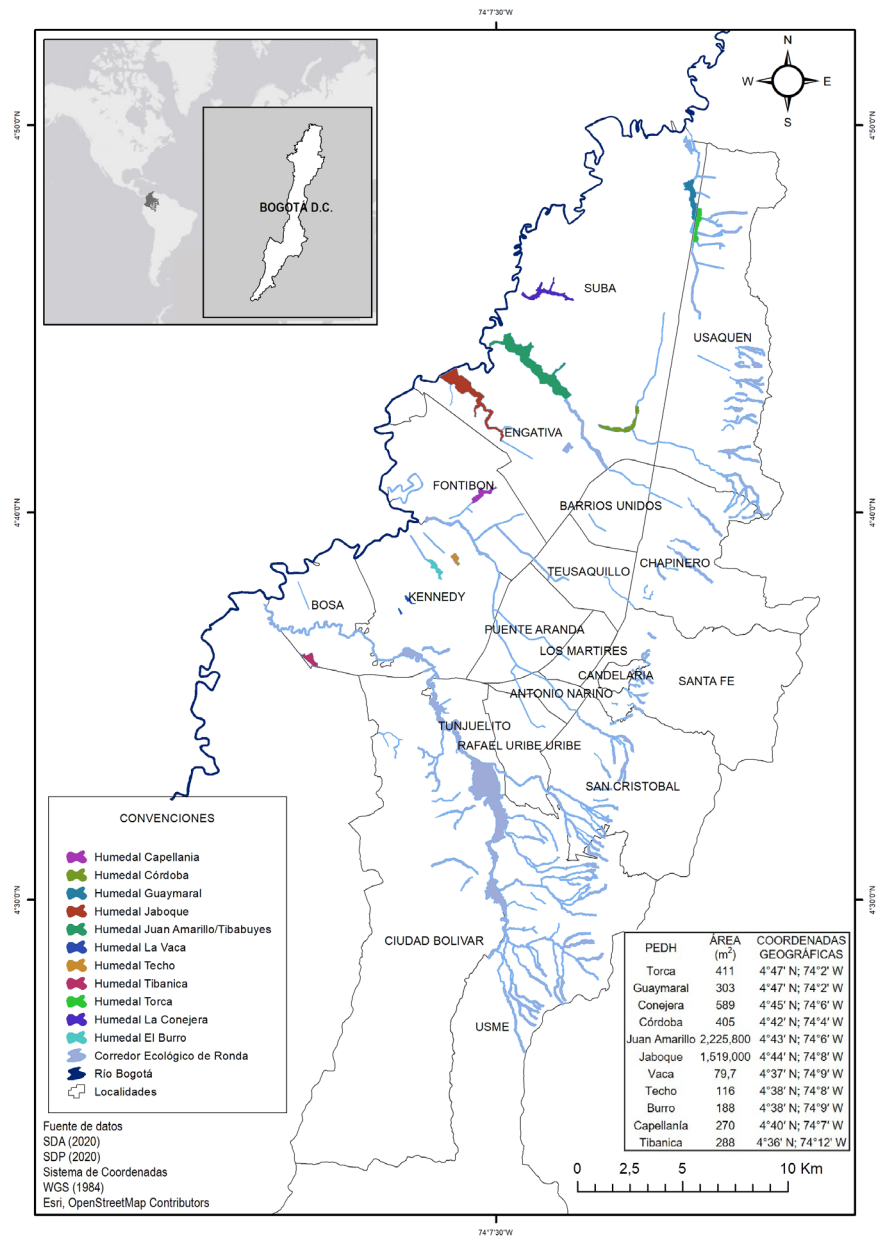


Figura 1. Localización de los humedales intervenidos en Bogotá D.C. en el marco del convenio interadministrativo No. 9-07-24300-967-2013

Los usos del suelo son diversos y no todos respetan la preservación y restauración de flora y fauna nativa que los regula (Decreto 190 del 2004): se han evidenciado prácticas como la ganadería, las urbanizaciones de uso residencial y comercial en sus inmediaciones, y la disposición de residuos que los expone a contaminantes, residuos sólidos y sustancias químicas que ocasionan procesos de eutroficación; a ello se suma la falta de un sistema hidráulico adecuado (Bejarano & Bonilla, 2009).

Los humedales están asociados de forma directa e indirecta a los corredores ecológicos de ronda que abarcan la red hidráulica de Bogotá y las zonas de manejo y preservación ambiental que conforman la estructura ecológica principal del Distrito Capital (**Secretaría Distrital de Ambiente - SDA, 2008**). Cada humedal cuenta con una delimitación interna en la que se destacan la llamada zona de manejo y preservación ambiental (ZMPA),

una zona de ronda hidráulica (RH) y el cuerpo de agua (SDA, 2008; Díaz-Espinosa, *et al.*, 2012). La temperatura, la precipitación y la humedad relativa varían a lo largo del territorio del Distrito, con un único patrón de lluvias de tipo bimodal (IDEAM, 2007); las precipitaciones medias anuales han variado en los últimos diez años entre 506,50 mm y 1.085,10 mm y la temperatura en un margen de hasta 2,4 °C con máximas y mínimas entre los meses de diciembre y marzo (SDA, 2020).

Estructura de la propuesta metodológica

La investigación se desarrolló en el marco del convenio interadministrativo celebrado entre el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis y la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, E.S.P. Dada la escasa documentación publicada sobre experiencias y resultados de procesos de restauración participativa en los humedales de Bogotá, se plantearon los siguientes tres ejes de actuación: gestión social, educación ambiental y estrategias de restauración ecológica participativa, los cuales se incorporaron en una ruta metodológica estructurada en cuatro etapas secuenciales siguiendo el marco lógico de los proyectos de gestión orientados a resultados (Ortegón, *et al.*, 2005; García-López & García-Moreno, 2010). Teniendo en cuenta los resultados y tiempos del convenio, se presentó una adaptación de proyectos de gestión contemplando las etapas de planeación, ejecución, monitoreo, seguimiento y evaluación. Debe aclararse que los resultados que aquí se presentan responden únicamente a las etapas de planeación y ejecución. En cuanto a las etapas de monitoreo y seguimiento, aunque no se abordaron, se sugieren algunos aspectos dada su importancia en los proyectos de restauración. Cada etapa contó con componentes específicos que respondieron a acciones necesarias para su realización y los ejes solo se tomaron en cuenta para la etapa de ejecución.

En la etapa de planeación se determinó el problema, los objetivos, el diseño y el levantamiento de información primaria y secundaria de orden social (selección de participantes e instrumentos de educación) y ecológico (especies históricamente reportadas, gremios ecológicos, definición de diseños florísticos y clasificación de coberturas) (Vargas, 2007, 2011; Ceccon, 2013).

Con estos datos se procedió a la etapa de ejecución estructurada en los ejes de actuación propuestos, cada uno de los cuales estuvo integrado por instrumentos de recolección de información específicos como talleres, cursos, interpretación ambiental, clubes de ciencia, semilleros de investigación, selección de especies, diseños florísticos y desarrollo de técnicas de mantenimiento. La red de participantes consolidó una matriz de información en torno a estos instrumentos en cinco categorías: comunitaria, educativa, gubernamental, no gubernamental (ONG) y privada. Los instrumentos de educación ambiental orientaron las estrategias de restauración ecológica, es decir, a partir de los grupos de participantes establecidos y las herramientas que permitieron explorar sus conocimientos, se obtuvieron insumos para la selección de especies y diseños florísticos y, consecuentemente, de las técnicas de mantenimiento.

Las últimas dos etapas de la propuesta se construyeron de forma teórica con base en Herrick, *et al.* (2006) y teniendo en cuenta la información recopilada hasta ese punto. La etapa de monitoreo y seguimiento integró cuatro componentes esenciales: la elaboración del plan de monitoreo y seguimiento, la definición de indicadores, el registro de información en bases de datos y el reporte de actividades, avances y retrocesos. Por último, para la etapa de evaluación se sugirieron componentes como el análisis de resultados, las alternativas de solución, la revisión de objetivos alcanzados, la divulgación de resultados y la retroalimentación en busca de oportunidades de mejora del proceso.

Gestión social y proceso participativo

En el eje de gestión social se incorporó un conjunto de mecanismos para orientar, configurar y potenciar acciones concretas en materia de medio ambiente. Se tuvieron en cuenta los niveles sectoriales y su intervención espacial empleando el instrumento de focalización (Cohen & Franco, 2005).

La selección de los participantes vinculados a la gestión social de cada humedal se hizo mediante técnicas cualitativas propias de la investigación social, es decir, un diagnóstico participativo y talleres e intercambio de saberes con grupos focales (**Palacios-Gómez, 2006**). Se seleccionaron grupos de interés a partir de la metodología de redes sociales (**Palacio, 2015**) para el desarrollo de la propuesta.

Una vez obtenido el listado de los eventuales participantes y sus categorías, se analizó la matriz generada mediante el programa CFinder-2.0.6 (**Palla, et al., 2005**), con el cual se construyó una red cualitativa de relaciones para determinar su representatividad en cada humedal basados en criterios de presencia o ausencia. Posteriormente, esta información se procesó utilizando el programa Past 4.03, con el fin de hacer un análisis de similitud entre humedales. Para ello se asignó una puntuación que reflejara la fortaleza de las conexiones entre humedales con base en los participantes comunes utilizando el algoritmo UPGMA (**Hammer, et al., 2001**). El total de participantes y relaciones se presentó a través de un diagrama que indicaba la cantidad de participantes por categoría y por humedal.

El segundo eje de la propuesta fue la educación ambiental, concebida como un proceso interdisciplinario para la comprensión holística de los humedales por parte de los ciudadanos partiendo del conocimiento ecológico de estos ecosistemas, así como de su entorno social y cultural (**Bermúdez & De Longhi, 2008**). Para favorecer la participación de un amplio rango de grupos etarios, se crearon cinco instrumentos: cursos, talleres, semilleros de investigación, interpretación ambiental y clubes de ciencias, este último diseñado para incluir a la población infantil.

A partir de la detección de los agentes interesados y mediante los instrumentos de educación implementados, se dio origen al tercer eje de actuación, es decir, las estrategias de restauración ecológica participativa, las cuales permitieron definir una selección de especies de plantas conforme al conocimiento cultural de los diferentes participantes. A partir de esta selección, se integraron los gremios ecológicos (heliófitas, hemisciófitas y esciófitas) contrastados con las características estructurales, sucesionales y funcionales, así como con sus atributos morfológicos, reproductivos y ecológicos para favorecer su adaptación a las condiciones de cada humedal (**Van der Hammen & González, 1963; Wilson, 1999; Mahecha, et al., 2010; Vargas, 2011; Gann, et al., 2019**).

Las especies vegetales se plantaron siguiendo diseños florísticos definidos como asociaciones heteroespecíficas para disminuir la homogeneidad composicional y favorecer las dinámicas sucesionales (**Gann, et al., 2019**), mediante estratos arbóreos, arbustivos (entre 1,5 a 3 m) y herbáceos (entre 30 a 50 cm). El material vegetal utilizado fue propagado en el vivero La Florida del Jardín Botánico de Bogotá, y se complementó con material propagado *in situ* en viveros satélite mediante propagación por semilla y esquejes de especies nativas encontradas en cada humedal en correspondencia con la selección establecida previamente. Esta estrategia permitió que el material vegetal tuviera una mejor adaptación a las condiciones ambientales de los humedales. La validación taxonómica y de hábitos de las especies se basó en el Catálogo de Plantas Líquenes de Colombia (**Bernal, et al., 2019**).

Resultados

Estructura de la propuesta

La etapa de planeación generó información para la etapa de ejecución en la que se integraron los ejes de acción propuestos (**Figura 2**). Los resultados obtenidos permitieron la recolección, análisis y posterior apropiación de la información, la cual se trabajó con los grupos de interés establecidos. En este tipo de propuesta la inclusión de estrategias de restauración debe considerarse un medio y no un fin, ya que su consolidación viene de prácticas participativas cuyo propósito es asegurar a mediano y largo plazo la estabilidad de las acciones adelantadas en estos ecosistemas.

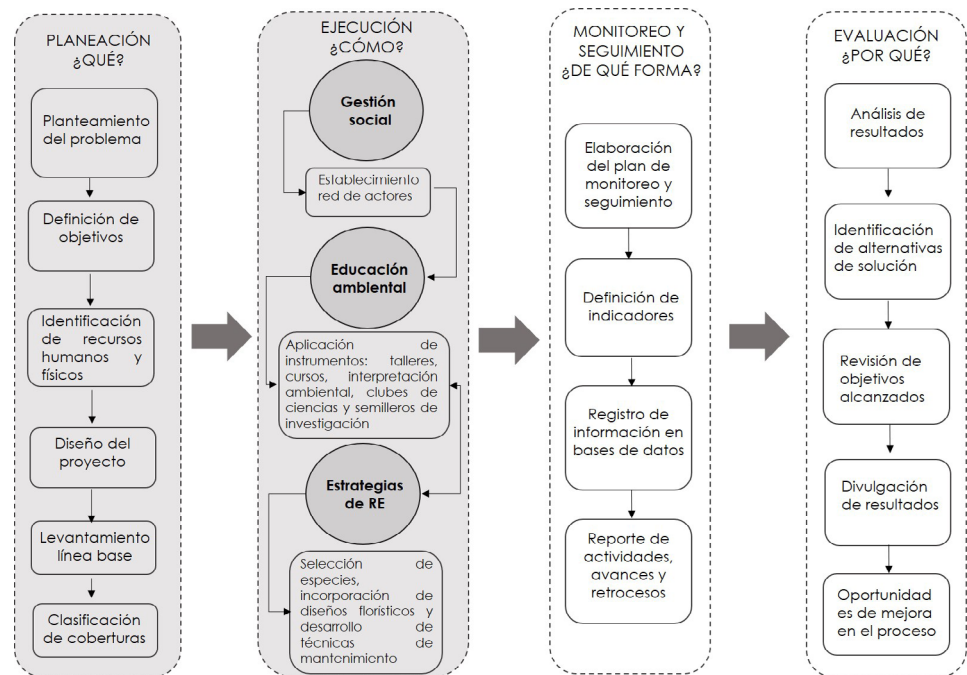


Figura 2. Estructura metodológica de la propuesta de restauración ecológica participativa

Gestión social y proceso participativo

A partir de la focalización, se construyó una red con los grupos de interés que permitió visibilizar cinco categorías conformadas por 596 participantes y se orientó de mayor a menor participación. La primera categoría reunió a 234 participantes: asociaciones, cabildos indígenas, colectivos, casas hogar, comedores, emisoras, periódicos comunitarios, grupos de adultos mayores, guardianes de humedales, iglesias, líderes ambientales, mesas ambientales, redes comunitarias, grupos LGBT y juntas de acción comunal. La segunda, la categoría educativa, integró a 215 participantes: jardines infantiles, colegios, gimnasios, institutos de formación técnica, universidades y un instituto de investigación. En la categoría gubernamental se determinaron 72 participantes de los sectores ambiental y social agrupando las dependencias de una misma entidad. La categoría no gubernamental reunió a 56 participantes de ONG. Por último, la categoría de instituciones privadas incluyó a 19 participantes (**Figura 3**).

Según el análisis de similitud, la mayor participación se registró en los humedales de la localidad de Kennedy: Burro (112 participantes), Vaca (102) y Techo (78) en los sectores educativos, comunitarios, de ONG y de algunos entes gubernamentales. Hubo otra agrupación de humedales con participación de sectores gubernamentales y ONG, principalmente en Capellanía (60 participantes) y Jaboque (58). Un tercer grupo se ubicó en los humedales Córdoba (75 participantes) y Torca-Guaymaral (52), con participantes de las categorías de ONG, educativa (universidades y un instituto de investigación) y comunitaria. Por último, se registró una menor participación en los humedales Tibanica (105 participantes), Conejera (83) y Juan Amarillo (55), con una mayoría de participación local comunitaria.

Educación ambiental

Se aplicaron los cinco instrumentos estipulados con la participación de todos los grupos etarios; el número de semilleros de investigación y cursos fue mayor en Torca-Guaymaral, Tibanica y Burro; en cuanto a los clubes de ciencia, el número de participantes varió y los más estructurados se ubicaron en los humedales de Jaboque, Capellanía y Tibanica;

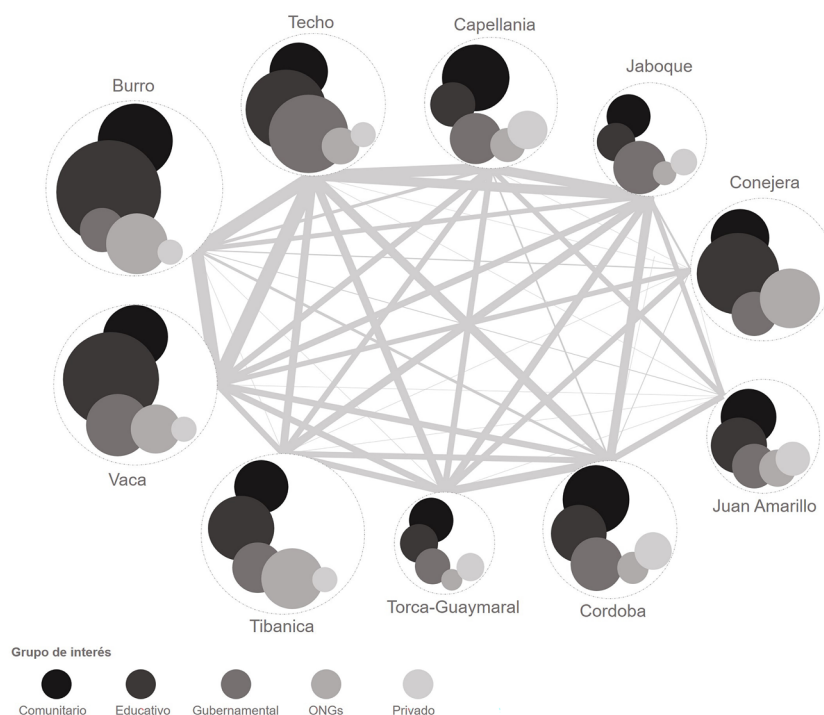


Figura 3. Red de participantes construida a partir del eje de gestión social de la propuesta de restauración ecológica participativa

se hicieron 4.258 recorridos y 3.168 ecotalleres con una mayor participación en los humedales de Córdoba, Juan Amarillo, Jaboque y Capellanía. Se evidenció que los talleres y los recorridos de interpretación ambiental tuvieron una mayor participación ciudadana, en especial en los humedales Tibanica, Conejera, Córdoba, Capellanía, Jaboque y Juan Amarillo.

Estrategias de restauración ecológica participativa

A partir de la clasificación de coberturas fue posible evidenciar que el 56,5 % de la superficie de los humedales correspondió a vegetación acuática, el 40,5 % a vegetación terrestre y el 3 % a infraestructura (senderos, edificaciones y afines); esta clasificación se socializó en diferentes espacios con los participantes de las categorías establecidas, con el fin de concertar las áreas de cobertura terrestre sobre las cuales se llevó a cabo la intervención. Asimismo, el producto de la información recopilada mediante los instrumentos de educación ambiental sobre el uso tradicional de las especies, su relación cosmogónica y su ecología permitió definir la selección inicial de las especies que luego se ajustó con base en la revisión bibliográfica. Además, se determinó la forma de ubicación espacial de las especies (**Tabla 1S**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1406/3153>), por ejemplo, en el humedal Tibanica se desarrollaron diseños étnicos muiscas como la serpiente (dSM) y la doble espiral (dDEM).

Se plantaron 26 especies heliófitas, 21 hemisciófitas y cinco esciófitas, para un total de 52 especies, 45 géneros y 30 familias, el 63 % de ellas nativas y el porcentaje restante, cultivadas. Las familias con mayor diversidad de especies en los diseños fueron Asteraceae, Fabaceae, Solanaceae y Verbenaceae. Además, 12 especies se seleccionaron por su importancia comunitaria para consumo o uso medicinal (**Tabla 1S**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1406/3153>). Estas especies fueron integradas y adaptadas en siete diseños florísticos, de los cuales un 53 % correspondió a especies de hábito arbóreo (árbol y arbolito), el 33 % al arbustivo (subarbusto y arbusto), el 10 % al herbáceo y un 4 % a plantas trepadoras y epífitas (**Figura 4**).

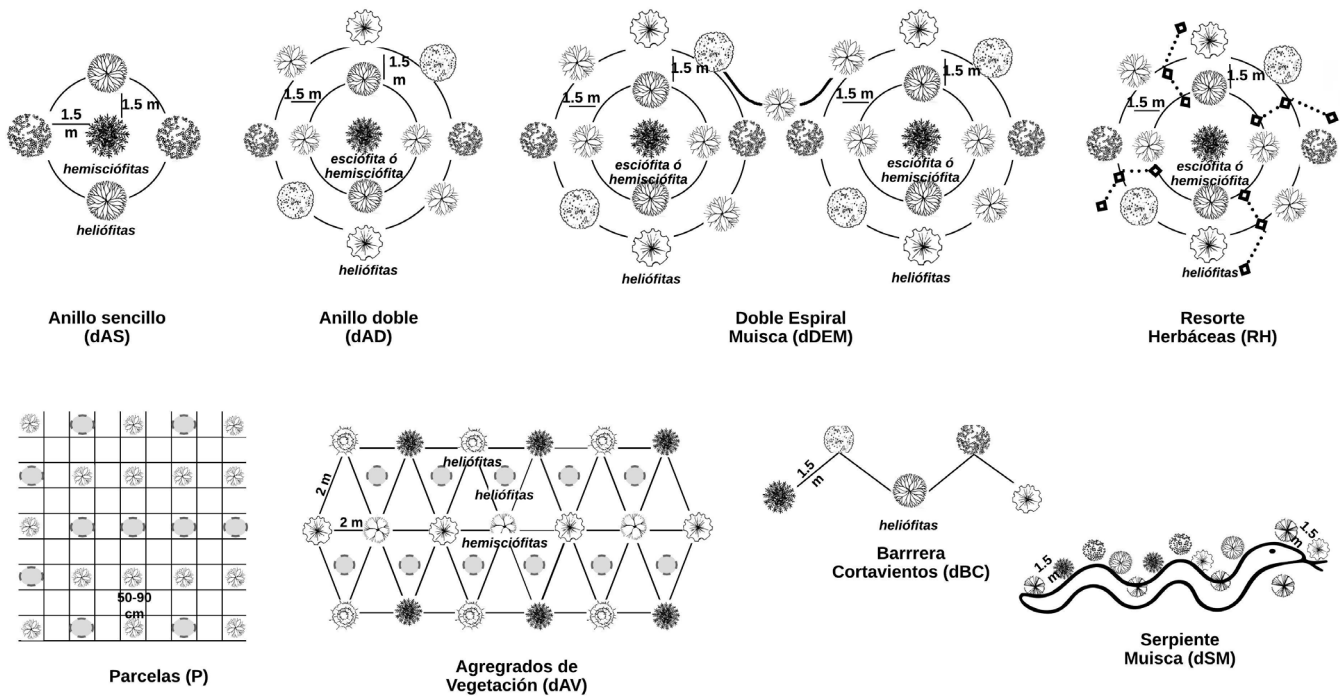


Figura 4. Diseños florísticos implementados en los humedales intervenidos

Las técnicas de mantenimiento se precisaron mediante los instrumentos de educación según las necesidades de las áreas e incluyeron actividades de plateo, tutorado, fertilización y manejo fitosanitario. También se hizo el control de especies que pudieran ser invasoras o colonizadoras agresivas como *Cenchrus clandestinus*, *Acacia decurrens* y *Ulex europaeus*. Esta última requirió un mayor control en los humedales Juan Amarillo, Capellanía, Conejera, Córdoba, Jaboque y Torca-Guaymaral.

Discusión

Los proyectos de restauración ecológica deben ir más allá de objetivos meramente conservacionistas y considerar el vínculo existente entre los ecosistemas y los sistemas sociales, los cuales dependen entre sí para su sostenibilidad (Swart, *et al.*, 2001). La incorporación de fases secuenciales para la recolección, análisis e integración de la información es el camino más apropiado para la consecución de resultados. La planeación, ejecución, seguimiento, monitoreo y evaluación han sido etapas parcial y totalmente abordadas en los proyectos de restauración ecológica desarrollados en el país, como lo registran los trabajos de Vargas, *et al.* (2007), la SDA (2008), Aguilar-Garavito & Ramírez (2015), y del Programa Bosques Andinos (2019). En este sentido, esta propuesta metodológica se orientó a integrar la participación ciudadana y la sostenibilidad de los ecosistemas.

El eje de gestión social adelantado en la etapa de ejecución permitió determinar el contexto histórico en el que se relacionaban los grupos de interés. La red generada permitió detectar 596 agentes para liderar la gestión en estos ecosistemas, lo que facilitó la actualización de las categorías señaladas por Palacio, *et al.* (2003), con 14 actores y Palacio & Hurtado (2005), con 16 actores. Se evidenció una mayor participación de sectores comunitarios, especialmente en el humedal La Conejera, lo que demostró una fortaleza comunitaria liderada por diferentes grupos de interés que se estaría reflejando en el estado de conservación del ecosistema. Este tipo de participación fue similar en los humedales Córdoba, Tibanica, Vaca y Burro (Palacio, *et al.*, 2003).

La participación de agentes gubernamentales se destacó en los humedales Techo, Jaboque, Córdoba y Tibanica, resultado que sugiere una relación directa con las obras de reconfiguración y adecuación lideradas principalmente por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (**Alcaldía de Bogotá**, 2020). Se evidenció una participación discontinua de los representantes de estos sectores, lo que repercute en la falta de comunicación de los procesos y ratifica la importancia de una articulación de la red que garantice la continuidad en la toma de decisiones (**Lubell, et al.**, 2010).

En el segundo eje de actuación, la educación ambiental, la mayor participación se registró en la población infantil y adolescente, especialmente en los humedales Tibanica, Conejera, Córdoba, Capellanía, Jaboque y Juan Amarillo, dado el interés del sector educativo en integrar en los programas ambientales escolares (PRAES) actividades de formación señaladas en la política pública distrital de educación ambiental (Decreto 675 del 2011). Estos resultados sugieren la importancia de incorporar en las estrategias educativas conocimientos que aporten a la formación en materia de protección, conservación y restauración de los humedales. Los clubes de ciencia, específicamente, fomentan habilidades científicas en la población más joven y pueden ser estrategias pedagógicas que, integradas a los valores y saberes ambientales, propician una relación de responsabilidad con el ambiente (**Calixto-Flores**, 2012), la cual puede fortalecerse integrando a otros sectores no gubernamentales como lo exponen **Murcia & Guariguata** (2014), **Pita-Corredor, et al.** (2015) y **Quimbayo-Ruiz** (2018), y específicamente con respecto al humedal La Conejera, **Guzmán, et al.** (2011).

En cuanto al eje de estrategias de restauración, la selección de especies vegetales fue el resultado de la información registrada en los dos ejes anteriores y complementada con la línea base de cada humedal. Se adoptó la diversidad de gremios ecológicos que comparten patrones similares de exigencias de radiación lumínica, regeneración y crecimiento (**Wilson**, 1999; **Martins, et al.**, 2003). De las 31 familias seleccionadas, algunas se distinguen por su resistencia a condiciones ambientales adversas, como Asteraceae, Fabaceae, Solanaceae, Araliaceae y Verbenaceae. En cuanto a las especies, algunas se incluyeron de acuerdo con las categorías de uso de la comunidad (alimento, cercas vivas, medicinales), y entre ellas se destacan la quinua, el gaque, la ña de gato, el corono, el tinto, el cerezo, el cedro, la ortiga, el laurel y la uchuva.

En términos de riqueza de especies, se resalta la introducción de un amplio número de taxones nativos en los humedales que reflejan la riqueza natural reportada para estos ecosistemas, además de la señalada como propicia para su manejo dentro de la ciudad por los instrumentos regulatorios y los entes encargados de su protección (**Van der Hammen, et al.**, 2008). En cuanto al estudio elaborado por **Natura** (2015), se encontró que esta propuesta involucra un 18 % adicional de diversidad en la selección de especies comparada con otros programas de restauración ecológica implementados en Bogotá. Las especies seleccionadas contribuyen a la incorporación de nutrientes y estabilización del pH del suelo, mejorando las condiciones microclimáticas que, en términos de los diseños florísticos propuestos, puede favorecer la regeneración de otras especies nativas mediante la activación del banco de semillas latente (**Barrera-Cataño, et al.**, 2010; **Natura**, 2015).

Los diseños florísticos fueron únicos y se adaptaron a las áreas disponibles para plantación en cada humedal y a la participación comunitaria, y a partir de ello se definió, se estableció y se dio reconocimiento al proceso. Se resalta el caso de Tibanica, en donde está el cabildo indígena muisca, con quienes se diseñaron la serpiente y la doble espiral muisca. En este sentido, **Garzón, et al.** (2014), **Villa** (2012) y **Gann, et al.** (2019) señalan la importancia de vincular conocimientos locales articulados con el territorio, la identidad y la tradición histórica, étnica, social y cultural en la selección de especies en procesos de restauración ecológica participativa.

En todos los humedales se plantaron árboles, arbustos y herbáceas de crecimiento rápido (hemisciófitas y heliófitas) para generar cobertura y un microclima propicio para las especies de crecimiento lento (esciófitas) (**Wallace & Clarkson**, 2019). Además, la inclusión de herbáceas con flores y frutos en las áreas terrestres fue una oportunidad en

aquellos humedales que aún hoy tienen remanentes de vegetación natural, como es el caso de Torca-Guaymaral y Conejera, lo que a su vez podrá traer propágulos de las áreas cercanas, favoreciendo así la recuperación de las coberturas (**Vargas et al.**, 2007).

A largo plazo, estas acciones en etapas iniciales favorecen la recuperación del ecosistema sin asistencia, lo que coincide con lo reportado en ecosistemas degradados en Bogotá por **Barrera, et al.** (2010) y **Ramírez & Fennell** (2014), y es comparable con lo reportado por **Zeunert** (2013), **Standish, et al.** (2013) y **Wallace & Clarkson** (2019), quienes resaltan la importancia de incluir especies que aporten a la recuperación de los procesos y funciones ecológicas en proyectos de restauración en ecosistemas urbanos, y que no necesariamente responden a un ecosistema de referencia.

En cuanto a las técnicas de mantenimiento y de control de especies invasoras y riego en esta propuesta, estas implicaron un gran despliegue de recursos físicos y humanos, dadas las necesidades evidenciadas durante los procesos de plantación. La dominancia de la especie invasora *Cenchrus clandestinus* en las áreas intervenidas, gramínea caracterizada por duplicar su volumen en períodos cortos de tiempo (**Baptiste, et al.**, 2010), hizo que en los humedales con mayor área y condiciones ambientales extremas se requiriera una labor más intensa para su control, como en el caso de Juan Amarillo y Tibanica. Es preciso mencionar que las técnicas de mantenimiento empleadas por las entidades de la administración pública para el control de especies invasoras han generado alteraciones en la estructura vertical y horizontal de estos ecosistemas debido a su eliminación constante, como en el caso del pasto kikuyo, lo que afecta el crecimiento de las especies nativas y el establecimiento del banco de semillas nativas. Esta situación ya ha sido ampliamente registrada en estudios de humedales en centros urbanos (**Saeki**, 2007). Se sugiere seleccionar especies de rápido crecimiento que puedan generar cobertura y compitan directamente con el pasto, como las seleccionadas en esta propuesta: *Baccharis latifolia*, *B. bogotensis*, *Bocconia arborea*, *Lycianthes lycioides*, *Cestrum mutisii*, *Solanum oblongifolium*, *Verbesina crassiramea*, *Physalis peruviana*, *Escallonia pendula* y *Dodonaea viscosa*. No obstante, es necesario evaluar su desempeño durante la etapa de monitoreo y seguimiento.

Según **Díaz, et al.** (2004), establecer especies que permitan restaurar la integridad de los ecosistemas, no solo generará competencia frente a especies exóticas y de comportamiento invasor, sino que es una estrategia incluso más efectiva que los tratamientos mecánicos (poda) o químicos (herbicidas) y reduce los gastos de mantenimiento. **Natura** (2015) resalta que *B. latifolia* (chilco), *V. crassiramea* (cervetano) y *S. oblongifolium* (tomatillo) han sido especies usadas para el rápido incremento de cobertura en otros ejercicios de restauración ecológica en Bogotá, D.C.

Conclusiones

La ruta metodológica empleada en esta propuesta permitió evidenciar la importancia de definir ejes de actuación de índole participativo que integren a todos los agentes presentes en el contexto de cada humedal y creó una sinergia entre los criterios ecológicos y los del territorio orientada a promover la responsabilidad social de los ciudadanos en materia de protección de estos ecosistemas. El establecimiento y permanencia en el tiempo de los procesos que se adelanten para conservar los humedales en Bogotá, D.C, dependerá en gran medida de las estrategias ecológicas planteadas y de la voluntad de los entes encargados de su administración.

Agradecimientos

Este proyecto fue auspiciado por el convenio interadministrativo No. 9-07-24300-0967-2013 entre el Jardín Botánico de Bogotá, José Celestino Mutis, y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Agradecemos a la Subdirección Científica y a la Subdirección Educativa y Cultural del Jardín Botánico de Bogotá, por el apoyo en recursos físicos y humanos integrados por equipos de trabajo interdisciplinario. Asimismo, se agradece a Diego Mauricio Cabrera-Amaya por la revisión crítica del manuscrito.

Información Suplementaria

Tabla 1S. Composición, estructura y diseños florísticos implementados en los humedales intervenidos. Ver tabla 1S en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1406/3153>

Contribución de los autores

LACB: construcción y desarrollo de la propuesta de investigación, diseño de la investigación, organización de la información, revisión de literatura, generación y análisis de resultados, revisión de forma y contenido del documento, discusión y conclusiones; JZC: diseño de la investigación, organización de la información, revisión de literatura, generación y análisis de resultados, discusión y conclusiones; CMR: organización de la información, revisión de literatura, generación y análisis de resultados, discusión y conclusiones.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Referencias

- Aguilar-Garavito M. & W. Ramírez (eds.).** (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 250 p.
- Alcaldía de Bogotá.** (2020). Planes de manejo de los humedales de Bogotá. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=23402>
- Andrade, G. I., Remolina, F., Wiesner, D.** (2013). Assembling the pieces: a framework for the integration of multi-functional ecological main structure in the emerging urban region of Bogotá, Colombia. *Urban Ecosystems*. **16** (4): 723-739. Doi: 10.1007/s11252-013-0292-5
- Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F. D. P., Gil, D. L., Lasso, C. A.** (2010). Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, DC, Colombia. 200 p.
- Barrera-Cataño J. I., Contreras-Rodríguez, S.M., Garzón-Yepes, N.V., Moreno-Cárdenas, A.C., Montoya-Villarreal, S.P.** (2010). Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). Bogotá D.C.
- Bejarano, P.A. & Bonilla, M.A.** (2009). Dinámica espacio-temporal del humedal Juan Amarillo entre 1950-2005. *Acta Biológica Colombiana*. **14** (1): 87-105.
- Bermudez, G. & De Longhi, A. L.** (2008). La educación ambiental y la ecología como ciencia. Una discusión necesaria para la enseñanza. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. **7** (2): 275-297.
- Bernal, R., Gradstein, S. R., Celis, M.** (2019). Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Cabrera-Amaya, D.M. & López-Cruz, J.W.** (2019). Riqueza florística y estructura de la vegetación acuática y terrestre en el humedal El Salitre, Bogotá, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. **43** (168): 508-517.
- Calixto-Flores, R.** (2012). Investigación en Educación Ambiental. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. **17** (55): 1019-1033.
- Ceccon, E.** (2013). Restauración en Bosques Tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Ediciones Díaz de Santos. 290 p.
- Cohen, E. & Franco, R.** (2005). Gestión social cómo lograr eficiencia e impacto en políticas sociales. CEPAL. Siglo veintiuno editores, S.A. de C.V. México D.F. ISBN 968-23-2543-3. 316 p.
- Cortés-Ballén, L. A.** (2018). Aproximación al paisaje de los humedales urbanos de Bogotá dentro de la estructura ecológica principal de la ciudad. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*. **27** (1): 118-130. Doi: 10.15446/redg.v27n1.60584
- Díaz, A., Bonilla, M. A., Vargas, O.** (2004). Competencia entre pastos exóticos y plantas nativas: una estrategia para la restauración del bosque altoandino. *Acta Biológica Colombiana*. **9** (2): 103. Doi: 10.1016/j.jaci.2012.05.050

- Díaz-Espinosa A.M., Díaz-Triana J.E., Vargas, O.** (eds). (2012). Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá. Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia y Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá, D.C., Colombia. 248 p.
- Etter, A., Andrade, A., Saavedra, K., Amaya, P., Arévalo, P., Cortés, J., Pacheco, C., Soler, D.** (2020). Lista Roja de Ecosistemas de Colombia. https://iucnrl.org/static/media/uploads/references/published-assessments/Brochures/brochure_lre_colombia_v_2.0.pdf
- Fundación Natura (Natura).** (2015). Evaluación y seguimiento a veintidós proyectos de restauración, recuperación y/o rehabilitación del Distrito Capital. Programas de evaluación y seguimiento. Informe Ejecutivo final de monitoreo. Convenio 999 de 2013. Fundación Natura y Secretaría Distrital de Ambiente.
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., Dixon, K. W.** (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*. **27** (S1): S1-S46.
- García-López, R. & García-Moreno, M.** (2010). La gestión para resultados en el desarrollo. Avances y desafíos en América Latina y el Caribe. En Banco Interamericano de Desarrollo (Segunda, Vol. 2). 225p.
- García-Ubaque, C. A., Ladino-Moreno, E. O., Zamudio-Huertas, E.** (2020). Exploratory Study on Wetlands Area Decrease in Bogotá due to Construction Activity: 1950-2016. *Revista Facultad de Ingeniería*. **29** (54): e10891. Doi: 10.19053/01211129.v29.n54.2020.10891
- Garzón, N. V., Córdoba, M.P., Gutiérrez, J.C.** (2014). Construcción participativa de estrategias de restauración ecológica en humedales del Magdalena Medio, Colombia: una herramienta para el ordenamiento ambiental territorial. *Biota Colombiana*. **15** (Supl. 2): 58-86.
- Guzmán, A., Hes, E., Schwartz, K.** (2011). Shifting governance modes in wetland management a case study of two wetlands in Bogotá, Colombia. *Environment and Planning C: Government and Policy*. **29**: 990-1003.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D.** (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontología Electrónica*. (U.S.A). **4** (1): 1-9.
- Herrick, J.E., Schuman, G.E., Rango, A.** (2006). Monitoring ecological processes for restoration projects. *Journal for Nature Conservation*. **14**: 161-171.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).** (2007). Estudio de la caracterización climática de Bogotá y Cuenca Alta del Río Tunjuelo. Bogotá D.C, Colombia. 116 p.
- Lubell, M.N., Henry, A.D., McCoy, M.** (2010). Collaborative Institutions in an Ecology of Games. *American Journal of Political Science*. **54** (2): 287-300.
- Mahecha, G., Sánchez, F., Chaparro, J., Cadena, H., Tovar, G., Villota, L., Quintero, M.** (2010). Arbolado urbano de Bogotá: identificación, descripción y bases para su manejo. Bogotá, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá, DC, Secretaría Distrital de Ambiente, SDA-Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. 397 p.
- Martins, M., Farinha, L., Schoeninger, M., Yamaji, F.** (2003). Classificação ecológica das espécies arbóreas. *Revista Acadêmica: ciencias agrárias e ambientais*, Curitiba. **1** (2): 73.
- Mayorga, J.M.** (2016). El proceso de urbanización de los humedales de Kennedy en Bogotá, Colombia: una perspectiva normativa. *Papeles de Coyuntura*. **42**: 14-53.
- Murcia, C. & Guariguata, M.R.** (2014). La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades. Documentos Ocasionales 107. Bogor, Indonesia: CIFOR. 86 p.
- Ortegón, E., Pacheco, J.F., Prieto, A.** (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Publicación de las Naciones Unidas CEPAL. Santiago de Chile. 124 p.
- Palacio, D.** (2015). Redes, actores y gobernanza desde un enfoque relacional. En: Ungar, P. (Ed.) (2015). Hojas de ruta. Guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia (pp ¿?). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Palacio, D., Hurtado, R., Garavito, L.** (2003). Redes Socio-ambientales en tensión: el caso de la gestión ambiental de los humedales de Bogotá. *REDES-Revista hispana para el análisis de redes sociales*. **4** (6): 1-31.
- Palacio, D.C. & Hurtado, R.G.** (2005). Narrativas y redes de la gestión ambiental de los humedales de Bogotá. *Nómadas*. **22**: 140-150.
- Palacios-Gómez, J. L.** (2006). Las técnicas cualitativas de Investigación Social en la medición de la calidad de los servicios públicos: una aproximación teórica y metodológica. *Revista Barataria*. **4**: 85-100. Doi: 10.20932/barataria.v0i4.270

- Palla, G., Derényi, I., Farkas, I., Vicsek, T.** (2005). Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society. *Nature*. **435**: 814-818.
- Patiño, J. C.** (2014). Acciones comunitarias para la defensa y conservación de los humedales de Bogotá. En: Territorios Ambientales de Bogotá. (pp. 219-255). Historias de acción colectiva. <https://controlatugobierno.com/bibliografia/miguel-angel-julio-y-andres-hernandez-quinonez-eds-territorios-ambientales-de-bogota-historias-de-accion-colectiva-alcaldia-mayor-de-bogota-y-universidad-de-los-andes-cider-2014/>
- Pintos, P. & Sgori, A.** (2012). Efectos del urbanismo privado en humedales de la cuenca baja del río Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina. Estudio de la megaurbanización San Sebastián. *AUGMDOMUS*. **4**: 25-48.
- Pita-Corredor, E.M., Niño-Rocha, N., Quiroz-Manrique, G. E.** (2015). Incidencia de la educación ambiental en la configuración de agentes políticos a partir de procesos de recuperación del humedal La Conejera (localidad Suba, Bogotá D.C.). *Revista Aletheia*. **7**: 44-67.
- Programa Bosques Andinos.** (2019). Orientaciones metodológicas para la restauración del paisaje forestal andino. HELVETAS Swiss Intercooperation Perú. Lima, Perú. 94 p.
- Quimbayo-Ruiz, G.A.** (2018). People and urban nature: the environmentalization of social movements in Bogotá. *Journal of Political Ecology*. **25**: 526-547.
- Ramírez, F. & Fennell, D.** (2014). A comprehensive framework for ecotourism and wetland restoration: the case of Bogotá, Colombia. *Journal of Ecotourism*. **13** (2-3): 128-151. Doi: 10.1080/14724049.2015.1011161
- Rodríguez-Linares, J. C., Chaparro-Herrera, S., Sua-Becerra, A., Echeverry-Galvis, M. Á.** (2019). Estado poblacional del cucarachero de pantano, *Cistothorus apolinari* (Passeriformes: Troglodytidae) en siete humedales de la Sabana de Bogotá, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. **67** (6): 1257-1268. Doi: 10.15517/rbt.v67i6.35619
- Saeki, I.** (2007). Effects of tree cutting and mowing on plant species composition and diversity of the wetland ecosystems dominated by the endangered maple, *Acer pycnanthum*. *Forest Ecology and Management*. **242**: 733-746. Doi: 10.1016/j.foreco.2007.02.009
- Salazar-Suaza, D. & Quijano-Abril, M. A.** (2020). Análisis multitemporal y caracterización de la vegetación hidrófita y heliófita de un cinturón de humedales urbanos en el altiplano del Oriente antioqueño. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. **44** (171): 639-651. Doi: 10.18257/raccefyn.1060
- Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).** (2008). Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos. Alcaldía Mayor de Bogotá. Primera Edición. Bogotá.
- Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).** (2018). Cobertura vegetal en humedales. Bogotá D.C. Plataforma Distrital de Datos Abiertos de Bogotá. <https://datosabiertos.bogota.gov.co/>
- Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).** (2020). Convenio 594 de 2015 Colnodo. <https://oab.ambientebogota.gov.co/>
- Gann, G.D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C.R., Jonson, J., Hallett, J.G., Eisenberg, C., Guariguata, M.R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., González, E.K, Shaw, N., Decler, K., Dixon, K.W.** (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*. S1-S46
- Simbaqueba-Moreno, N.** (2016). Una aproximación a la nueva gestión pública en Bogotá. *Administración & Desarrollo*. **46** (2): 200-218.
- Standish, R. J., Hobbs, R. J., Miller, J. R.** (2013). Improving city life: Options for ecological restoration in urban landscapes and how these might influence interactions between people and nature. *Landscape Ecology*, **28** (6): 1213-1221. Doi: 10.1007/s10980-012-9752-1
- Swart, J.A.A., Van der Windt, H., Keulartz, J.** (2001). Valuation of nature in conservation and restoration. *Restoration Ecology*. **9** (2): 230-238.
- Van der Hammen, T. & González, E.** (1963). Historia del clima y de la vegetación del Pleistoceno superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá. *Boletín Geológico*. **XI** (1-3): 189-266.
- Van der Hammen, T., Stiles, G. F., Rosselli, L., Chisacá, M., Camargo, G., Guillot, G., Rivera, D.** (2008). Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos (Primera Ed; S. Secretaría Distrital de Ambiente, Ed.). Bogotá, D.C. Colombia: Imprenta Nacional. 296 p.
- Vargas O., Díaz, A., Trujillo, L., Velasco, P., Díaz, R., León, L., Montenegro, A.** (2007). Barreras para la restauración ecológica. (pp. 46-66). En: O. Vargas (ed). Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia – Colciencias.

-
- Vargas, J. O.** (2007). Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. En J. O. Vargas (Ed.), Grupo de Restauración Ecológica (Primera). Bogotá, D.C. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 189 p.
- Vargas, J. O.** (2011). Restauración Ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*. **16** (2): 221-246.
- Villa, H.M.** (2012). Importancia histórica y cultural de los humedales del borde norte de Bogotá (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. **15** (1): 167-180.
- Wallace, K.J. & Clarkson, B.D.** (2019). Urban forest restoration ecology: a review from Hamilton, New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*. **49** (3): 347-369. Doi: 10.1080/03036758.2019.1637352
- Wilson, J. B.** (1999). Guilds, Functional Types and Ecological Groups. *Oikos*. **86** (3): 507. Doi: 10.2307/3546655
- Zeunert, J.** (2013). Challenging Assumptions in Urban Restoration Ecology. *Landscape Journal*. **32** (2): 231-242. Doi: 10.3368/lj.32.2.231