



Propuesta Metodológica de restauración para la vegetación riparia a partir de la variación de la composición florística en diferentes épocas climáticas del humedal Torca-Guaymaral

Karen Julieth Clavijo-Otálvaro¹, Ellie Anne López-Barrera²

Restoring Methodological Proposal for Riparian Vegetation from Variation of Floral Composition in different Climatic areas of Torca-Guaymaral Wetland

Proposta Metodológica de restauração para a vegetação riparia a partir da variação da composição florística em diferentes épocas climáticas do pantanal Torca-Guaymaral

RESUMEN

Introducción. El fenómeno del Niño de 2014-2015 evidenciado en los niveles nacional y regional tuvo impactos en ecosistemas hídricos y en las coberturas vegetales asociadas al mismo. **Objetivo.** Con el objetivo de establecer la relación entre la variación de la vegetación riparia y la variabilidad climática en el humedal urbano Torca-Guaymaral, se realizó la caracterización florística de la vegetación riparia asociada a este ecosistema estratégico para el borde norte de la ciudad de Bogotá. Posteriormente se plantea una propuesta metodológica de restauración enfocada a restablecer la estructura y función de la vegetación riparia, a través de la sucesión asistida. **Materiales y métodos.** Durante 2014-2015 se realizaron muestreos en dos épocas climáticas (húmeda y seca) en 21 unidades de muestreo para evaluar las coberturas vegetales con mayor desarrollo estructural, composición y riqueza. Los resultados reportan que existe una alta presencia de especies invasoras (*Ulex europaeus* y *Genista monspessulana*), lo cual ha generado una eliminación total de las especies nativas, una disminución en la diversidad del humedal, lo que imposibilita la llegada de nuevas especies. **Resultados.** Adicionalmente se encontró una relación positiva entre el incremento en la temperatura y la colonización. Asimismo, se reporta una alta dominancia en área y abundancia de las especies invasoras, lo que impide la recuperación del área con

¹ Pregrado en Ingeniería Forestal, especialista en Gerencia del Medio Ambiente y Prevención de Desastres, Máster en Evaluación y Gestión Ambiental. Labora en la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Realizado entre marzo de 2015 y octubre de 2016. Universidad Sergio Arboleda, Instituto de Estudios y Servicios Ambientales-IDEASA. Artículo original.

² Pregrado en Biología Marina, Maestría en Sistemas Costeros y Oceánicos, Doctorado en Ecología y Conservación. Universidad Sergio Arboleda, Instituto de Estudios y Servicios Ambientales-IDEASA.

Artículo recibido: 26/12/2016; Artículo aprobado: 08/05/2017

Autor para correspondencia: Karen Julieth Clavijo email: clavijo.karen@gmail.com

especies nativas, y reduce los servicios ecosistémicos del humedal. **Conclusión.** Reconociendo los conflictos en el área, en este estudio se plantea una metodología para la recuperación de la vegetación riparia del sector occidental del humedal Torca-Guaymaral, en donde se involucra la sucesión vegetal

asistida, el manejo de las especies invasoras y la siembra de nuevas especies.

Palabras clave: restauración, vegetación, composición florística.

ABSTRACT

Introduction. 2014-2015 El Niño Southern Oscillation evidenced at regional and national levels had impacts in hydric ecosystems as well as in vegetal coverages associated to the same. **Objective.** With the objective of establishing the relation between riparian vegetation variation and climatic variability in urban Torca-Guaymaral wetland, floral characterization of riparian vegetation associated to this strategic ecosystem was carried out for the north border of Bogota city. Later on, a restoring methodological proposal focused on reestablishing the structure and function of riparian vegetation through assisted succession was posed. **Materials and methods.** During 2014-2015, there were samplings in two climatic epochs (humid and dry) in 21 units of sampling in order to evaluate vegetal coverages with a higher structural development, composition, and richness. Results report that there

is a high presence of invading species (*Ulex europaeus* and *Genista monspessulana*), which has generated a total elimination of native species and a lessening in diversity of the wetland, which makes it impossible for other species to arrive at this place. **Results.** Additionally, a positive relation between the increase in temperature and colonization was found. Likewise, a high dominance in area and abundance of invading species have been reported, which makes it difficult to recover the area with native species and reduces ecosystem services of the wetland. **Conclusion.** This study poses a methodology for recovering riparian vegetation of the southwest sector of Torca-Guaymaral wetland, bearing in mind conflicts in the area: In this study, assisted vegetal succession, management of invading species and planting of new species are involved.

Key words: restoring, vegetation, floral composition

RESUMO

Introdução. O fenômeno do El Niño de 2014-2015 evidenciado nos níveis nacional e regional teve impactos no ecossistemas hídricos e nas coberturas vegetais associadas ao mesmo. **Objetivo.** Com o objetivo de estabelecer a relação entre a variação da vegetação riparia e a variabilidade climática no pantanal urbano Torca-Guaymaral, se realizou a caracterização florística da vegetação riparia associada a este ecossistema estratégico para o borde norte da cidade de Bogotá. Posteriormente se expõe uma proposta metodológica de restauração enfocada a restabelecer a estrutura e função da vegetação riparia, através da sucessão assistida. **Materiais e métodos.** Durante 2014-2015 se realizaram amostras em duas épocas climáticas (úmida e seca) em 21 unidades de amostragem para avaliar as coberturas vegetais com maior desenvolvimento estrutural, composição e riqueza. Os resultados reportam que existe uma

alta presença de espécies invasoras (*Ulex europaeus* e *Genista monspessulana*), a qual há gerado uma eliminação total das espécies nativas, uma diminuição na diversidade do pantanal, o que impossibilita a chegada de novas espécies. **Resultados.** Adicionalmente se encontrou uma relação positiva entre o aumento na temperatura e a colonização. Assim mesmo, se reporta uma alta dominância na área e abundância das espécies invasoras, o que impede a recuperação da área com espécies nativas, e reduz os serviços ecossistêmicos da pantanal. **Conclusão.** Reconhecendo os conflitos na área, neste estudo se expõe uma metodologia para a recuperação da vegetação riparia do sector ocidental do pantanal Torca-Guaymaral, onde se envolve a sucessão vegetal assistida, o manejo das espécies invasoras e a cultivo de novas espécies.

Palavras chave: restauração, vegetação, composição florística.

INTRODUCCIÓN

Las áreas riparias asociadas a los humedales corresponden a la transición entre el ecosistema acuático y el terrestre, en donde se evidencia la evolución de la vegetación y los procesos ecológicos como refugios faunísticos, microclimas aptos para la regeneración y dispersión de especies que allí se desarrollan (Vargas, Díaz, Reyes y Gómez, 2012). El papel que juega la vegetación riparia de un humedal y puntualmente la del sector occidental del humedal Torca-Guaymaral es de vital importancia para la recuperación de la oferta hídrica, la diversidad biótica y la disponibilidad de servicios ecosistémicos, razón por la cual es importante conocer su estructura y nivel sucesional; de acuerdo con lo anterior y conociendo el papel de la vegetación asociada a un humedal, es importante, además, saber de la problemática presente en el humedal Torca-Guaymaral, que desde el punto de vista ecológico está asociada a la fragmentación de los ecosistemas, el relleno y secado del humedal y el cambio de uso del suelo (Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia -IDEAUN y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá -EAAB-ESP, 2012).

Sumado al tema ecológico, el área se caracteriza climáticamente por hacer parte de una zona de altiplanicie, con temperaturas que oscilan entre los 13 °C y los 22 °C (IDEAUN y EAAB-ESP, 2012). Aunado a las características climáticas propias del humedal Torca-Guaymaral, se destaca que entre el 2014 y 2015 se reportó la temporada más seca en el mundo ocasionando un amplio período de sequía denominado Fenómeno del Niño en nuestro país, que afectó en escala regional y local el área de estudio. Esta variación climática puede alterar en ecosistemas de humedal la biomasa total, la productividad y la composición de especies, modificando el abastecimiento de materia orgánica y de nutrientes a los sistemas de agua dulce (Moreno, García y Villalba, 2005).

De igual manera, estas variaciones climáticas (Fenómeno del Niño) pueden generar afectaciones biológicas en los ecosistemas, ocasionando modificaciones en la estructura y configuración de los mismos, producto del aumento de las temperaturas y las precipitaciones (Lorente, Gamo, Gómez, Santos, Flores, Camacho y Navarro, 2004). Los ecosistemas acuáticos, en particular los humedales, son conocidos por ser grandes sumideros de CO₂, metano y otros gases efecto invernadero; sin embargo, los impactos causados sobre estos, producto del efecto del cambio climático, podrían generar la pérdida de la capacidad

de adaptación, migración, dispersión, entre otros, de la flora y la fauna propia de estos ecosistemas (Van Der Hammen, Stiles, Rosselli, Chisacá, Camargo, Guillot, Useche y Rivera, 2002).

En cuanto a las características abióticas presentes en el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral se debe destacar que este tiene una capacidad media para el control de inundaciones, una alta retención de sedimentos, una baja incidencia en el microclima local y una baja capacidad en depuración de aguas (CAR, 2016). Sumado a lo anterior, desde el punto de vista biótico se tiene un reporte de fauna destacado por la presencia de aves, con un total de 43 especies; en cuanto a la vegetación acuática y semiacuática, se reporta un total de 50 especies de flora emergente, flotante y de borde del espejo de agua (López-Barrera, Duarte y Moreno, 2015). En cuanto a la vegetación riparia del humedal, esta corresponde a la ubicada en la transición entre la vegetación acuática y la terrestre, y es un regulador de flujo de materia y energía, aportante de materia orgánica, fuente de alimento, estabilización de sedimentos y creación de hábitat; además, funciona como un filtro mejorando la calidad del agua (Blanco-Garrido, López-Albacete, Herrera-Grao, Magdaleno, Martínez, 2011).

La relación entre diversidad, funcionamiento del ecosistema y los servicios ecosistémicos permite el desarrollo de procesos ecológicos, por lo cual la pérdida de algunas de las características de la biodiversidad (abundancia, riqueza, composición, distribución espacial) tiene efectos directos en el suministro de servicios hacia la sociedad y en la resiliencia ecológica que presente el ecosistema a eventos climáticos (Martín-López, González, Díaz, Castro y García-Llorente, 2007).

Reconociendo la importancia que posee la vegetación riparia en un ecosistema de humedal, el objetivo de esta investigación es determinar la variación de dicha vegetación a través de su caracterización, para posteriormente proponer una metodología de restauración activa del ecosistema, enfocándose en la aplicación de medidas, en este caso, sobre el componente vegetal, con el fin de restablecer la dinámicas ecológicas del mismo (Young, 2000), por medio de un proceso conocido como proceso asistido de sucesión (Lamb, 1998), en el cual, a través de la siembra de especies nativas y características o propias del nivel sucesional (preferiblemente) que impulsen los procesos de regeneración para acelerar la recuperación de la cobertura vegetal, se generarán las condiciones óptimas para la aparición

de nuevas especies, y con ello, un restablecimiento de las funciones ecológicas relacionadas con abundancia de individuos tanto de flora como de fauna, calidad paisajística y función del ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Humedal Torca-Guaymaral es reconocido por ser un ecosistema estratégico para la ciudad de Bogotá y el departamento de Cundinamarca debido a la conectividad que permite en la estructura ecológica del borde norte de la capital desde la Reserva Forestal Protectora de los Cerros Orientales, pasando por la Reserva Forestal Thomas Van der Hammen y el Río Bogotá. Los cuerpos de agua principales (Torca y Guaymaral) conforman este sistema hídrico ubicado en la localidad de Usaquén y Suba (López-Barrera et al., 2015). El territorio se encuentra protegido legalmente desde 1994 cuando el Concejo de Bogotá reconoce el humedal de Torca con 30,27 ha y el humedal Guaymaral con 49,66 ha. Posteriormente en 2004 la Alcaldía Mayor de Bogotá, cataloga los dos cuerpos de agua como Parque Ecológico Distrital de Humedales, con una ronda hidráulica de 41,51 ha; un área de zona de manejo y preservación ambiental (ZMPA) de 49,66 ha y un perímetro de 5466,43 m. En el año 2011 la zona fue declarada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) como reserva forestal (López-Barrera et al., 2015). Esta complejidad genera que en el territorio se presente una jurisdicción compartida, por lo cual el plan de manejo debe ser aprobado por Comisión conjunta de la CAR y la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

Actividades de tipo antrópico como el cambio de uso del suelo para la implementación de pasturas para ganadería, cultivos confinados y, quizá, las actividades de mayor impacto, la construcción acelerada de zonas industriales, redes viales y tejidos urbanos han generado una fuerte presión sobre las coberturas vegetales naturales allí presentes, ocasionando disminución en su distribución y pérdida de la estructura original (IDEAUN y EAAB-ESP, 2012). El estudio se desarrolló en el sector occidental del humedal, área que corresponde al sector Guaymaral al costado izquierdo de la Autopista Norte en dirección Sur-Norte.

Caracterización florística

Se realizaron muestreos de la vegetación riparia en

dos (2) temporadas del ciclo climatológico: el primero en una época húmeda, en donde la disponibilidad hídrica del humedal es alta (noviembre de 2015) según la variabilidad estacional definida en un régimen de precipitación bimodal (IDEAUN y EAAB-ESP, 2012), y un segundo momento en época seca (febrero de 2016). Se instalaron 21 unidades de muestreo en el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral, con el fin de inventariar la vegetación riparia asociada al cuerpo de agua, a través de parcelas de 50 m x 10 m para las coberturas vegetales con mayor desarrollo estructural, composición y riqueza; en este caso puntual, arbustos, arbolitos y árboles, categorías propuestas por Rangel y Lozano (1986) en donde se hace la medición de individuos de tamaño arbustivo (1.5-5 m), arbolitos (5-12 m) y arbóreo (12 a 25 m).

Índices de diversidad

Reconociendo que la diversidad es considerada como uno de los determinantes básicos de la función y estructura de un ecosistema (Melo y Vargas, 2002), es pertinente evaluar la diversidad presente en el humedal Torca-Guaymaral, a través de la implementación de diferentes índices, los cuales deben representar los elementos necesarios de los que se compone la misma (riqueza, abundancia, heterogeneidad, entre otras); esto, con el fin de determinar el estado de la vegetación riparia en el área (Marrugan, 1988).

Para determinar la diversidad existente en las coberturas vegetales caracterizadas en el sector occidental del humedal Torca Guaymaral, se calcularon: i). Índice de Margalef (D_{mg}) el cual mide diversidad de especies, en donde los valores inferiores a dos (2) son considerados como de baja biodiversidad y valores superiores a cinco (5) son indicativos de alta biodiversidad; ii). Índice de diversidad de Shannon (H') que evalúa heterogeneidad de la comunidad, indicando que áreas con valores inferiores a 2 son consideradas abundancias diferentes, y superiores a 3 indican que todas las especies son igualmente abundantes (Vargas et al., 2012); iii). Índice de Simpson (D) que refleja riqueza de las especies y denota la probabilidad de que dos individuos de una comunidad pertenezcan a la misma especie y iv). Índice de Berger Parker (d) que representa abundancia y adquiere valores comprendidos entre 0 y 1 (0 % y 100 %).

Restauración

La propuesta de restauración estará orientada al diseño del procedimiento de restauración para el sector occidental del Humedal Torca-Guaymaral, en el cual se incluyen: una propuesta para la eliminación de especies invasoras, un listado de especies a

implementar para el proceso de sucesión vegetal y una posible zonificación del área del humedal para el proceso de restauración.

Sabiendo que uno de las principales impactos generados sobre los humedales es el cambio de uso del suelo y la variación de las coberturas vegetales, a continuación se presenta la metodología a implementar para la recuperación de la vegetación riparia del sector occidental del humedal Torca-Guaymaral, a partir de experiencia sustentadas a través de iniciativas como las propuestas en la Guía técnica para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia (Murcia, Guariguata, Andrade, Andrade, Aronson, Escobar, Etter, Moreno, Ramírez y Montes, 2016), la guía técnica para proyectos piloto de restauración ecológica participativa (Camargo, 2007), prioridades nacionales de restauración (Vargas *et al.*, 2012), el protocolo distrital de restauración ecológica (Salamanca y Camargo, 2002) y el Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos (Van der Hammen *et al.*, 2008). La selección de la estrategia de restauración tiene como objetivo el restablecimiento de la estructura y función de la vegetación riparia del humedal Torca-Guaymaral, a través de la sucesión asistida.

RESULTADOS

Caracterización ambiental

A partir de la revisión de información secundaria, correspondiente a los valores meteorológicos reportados en la Red hidrometeorológica de la Corporación Autónoma Regional (CAR) específicamente la estación Climatológica Principal Guaymaral, los registros de temperatura han mostrado variaciones importantes a través de los años, en donde el promedio mensual desde el año de 1966 es

de 13,3 °C, presentando picos de temperatura con elevaciones que ascienden a los 16,5 °C; los años de 2000, 2013 y lo que va corrido del 2016 han sido los de mayores elevaciones en la temperatura.

Es importante resaltar que los valores de temperatura registrados en esta estación han mostrado incrementos a través de los años, producto del Fenómeno del Niño que se dio desde el año 1997 y el cual ha venido mostrando variaciones hasta la fecha con temperaturas máximas diarias que ascienden hasta los 28 °C según registros de la misma. Estos reportes están directamente relacionados con el deterioro de las condiciones óptimas para la sobrevivencia de especies nativas y, por ende, con la conformación de escenarios propicios para el desarrollo y la proliferación de especies vegetales invasoras.

En cuanto a los registros de precipitaciones para el área, la CAR reporta un promedio total mensual de 66.6 mm, siendo el año 2006 el de menor precipitación en la zona y los años 2010 y 2011 los de mayor precipitación con volúmenes de 102 y 124 mm, respectivamente. Es de destacar una importante disminución en los valores de precipitación en un amplio período que fue desde el año 2012 a 2015, que coincide con los años registro de mayor nivel de temperatura en la zona de influencia de la estación climatológica principal Guaymaral, lo cual genera un alto impacto en la pérdida al nivel de área de ocupación del cuerpo de agua del humedal, y trae como consecuencia modificaciones en las características naturales del ecosistema.

Composición florística

En la tabla I se registra la relación de las especies vegetales identificadas en los muestreos y la familia a la que pertenece cada una de ellas. Se reportan las especies en cada época climática muestreada.

Tabla I. Composición florística de los muestreos realizados en el sector occidental del Humedal Torca-Guaymaral para dos épocas climáticas

| FAMILIA | ESPECIE | Época húmeda | Época Seca |
|--------------|-------------------------|--------------|------------|
| Acanthaceae | <i>Thunbergia alata</i> | x | X |
| Adoxaceae | <i>Sambucus nigra</i> | x | X |
| Apiaceae | <i>Conium maculatum</i> | x | |
| Asparagaceae | <i>Yucca gigantea</i> | x | X |
| Betulaceae | <i>Alnus acuminata</i> | x | X |

| FAMILIA | ESPECIE | Época húmeda | Época Seca |
|------------------|---------------------------------|--------------|------------|
| Caricaceae | <i>Carica sp.</i> | x | X |
| Compositae | <i>Artemisia sp.</i> | x | X |
| | <i>Cirsium sp.</i> | x | |
| | <i>Cirsium sp2</i> | | X |
| | <i>Senecio madagascariensis</i> | x | X |
| | <i>Smallanthus pyramidalis</i> | x | X |
| Cucurbitaceae | <i>Cucurbita pepo</i> | x | |
| Dennstaedtiaceae | <i>Pteridium aquilinum</i> | x | |
| Escalloniaceae | <i>Escallonia pendula</i> | x | X |
| Leguminosae | <i>Acacia decurrens</i> | x | X |
| | <i>Genista monspessulana</i> | x | X |
| | <i>Ulex europaeus</i> | x | X |
| Plantaginaceae | <i>Digitalis purpurea</i> | x | X |
| Rosaceae | <i>Cotoneaster pannosus</i> | x | X |
| | <i>Rubus caesius</i> | x | X |
| Salicaceae | <i>Salix humboldtiana</i> | x | X |
| Solanaceae | <i>Brugmansia arborea</i> | x | X |
| | <i>Solanum sp.</i> | x | X |
| | <i>Solanum torvum</i> | x | X |

Fuente: Elaborado por los autores

Análisis de estructura funcional de la vegetación riparia Estructura horizontal de la vegetación riparia

– Abundancia de la vegetación riparia

Para la vegetación riparia en el sector occidental del humedal se reporta como la especie más abundante ***Ulex europaeus*** con un total de 119 individuos en época húmeda, y 159 individuos en época seca, lo que

corresponde a 29.23 % y 36.89 %, respectivamente, de abundancia relativa, en orden de importancia se ubican ***Sambucus nigra*** y ***Rubus caesius*** cada una con abundancias 26.7 % y 13.5 % en muestreo de época húmeda, y de 18.09 % y 16.24 % en época seca respectivamente (figura 1A).

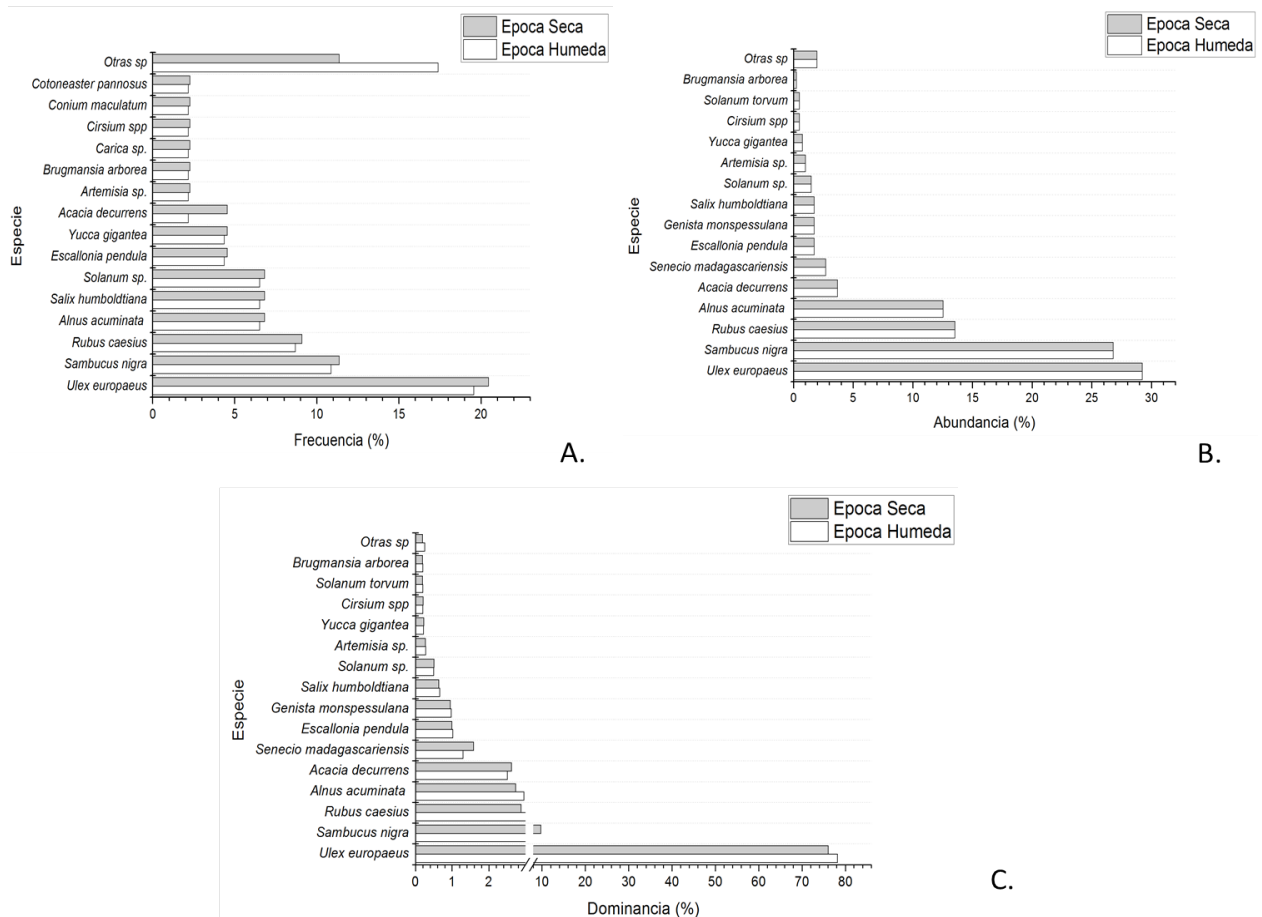


Figura 1. Análisis de la estructura funcional de la composición florística del Humedal Torca-Guaymaral. A. Frecuencia, B. Abundancia Relativa, C. Dominancia

Fuente: Elaborado por los autores

Frecuencia de la vegetación riparia

La frecuencia de una especie en una cobertura hace referencia a la presencia o ausencia de esta en la parcela de muestreo; de tal manera, la especie con mayor presencia dentro de las unidades muestrales instaladas en cada una de las épocas de análisis (húmeda y seca) para la cobertura fue **Ulex europaeus** con una frecuencia de 19.57 % y 20.45 % seguida en orden de importancia por **Sambucus nigra** y **Rubus caesius** (figura 1B).

Dominancia de la vegetación riparia

La dominancia de la cobertura hace referencia a la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo siendo la especie más dominante **Salix humboldtiana** con 78.18 % y 76.06 %; esto, debido a

la proyección de las copas de cada individuo dentro de las unidades de muestreo instaladas; en orden de importancia se ubican **Ulex europaeus** y **Sambucus nigra**, en época húmeda, y **Ulex europaeus** y **Yucca gigantea**, en época seca (figura 1C). El grupo de las cinco (5) especies más dominantes está determinado por las especies **Yucca gigantea** y **Rubus caesius** aportando cada una valores de 2.9 % y 2.5 %, destacadas no solamente por su dominancia sino por su aporte ecológico al ecosistema.

Índice de Valor de Importancia (IVI) de la vegetación riparia

Se registra en época húmeda un total de 407 individuos censados pertenecientes a 23 especies, y en época seca, 431 individuos distribuidos en 20

especies. En la figura 2 se observa el peso ecológico de las 15 especies más representativas para las dos épocas de análisis en el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral, en donde los lugares de mayor importancia son ocupados por especies de valor comercial destacado.

Es así como el primer lugar es ocupado por *Salix humboldtiana* que es una especie muy poco abundante (siete individuos), pero una de las más dominante del área muestreada; esta especie representa un IVI de 86.4 % para la época húmeda y 84.5 % para época seca; en segundo y tercer lugar se encuentran *Ulex europaeus* y *Sambucus nigra*, las cuales son especies abundantes, frecuentes y

dominantes.

Cabe resaltar la presencia de *Rubus caesius* y *Alnus acuminata* dentro de las 15 especies de mayor valor de importancia, puesto que están representadas por un alto número de individuos, y se ubican en las categorías 4 y 5 lo durante los muestreos realizados. El valor de las otras especies demuestra la heterogeneidad de la cobertura, reportando un valor de IVI muy cercano al de las especies más importantes en la misma, compuesta por ocho (8) y cinco (5) especies respectivamente, entre las que se encuentran *Cirsium sp.*, *Cotoneaster pannosus* y *Smallanthus pyramidalis*.

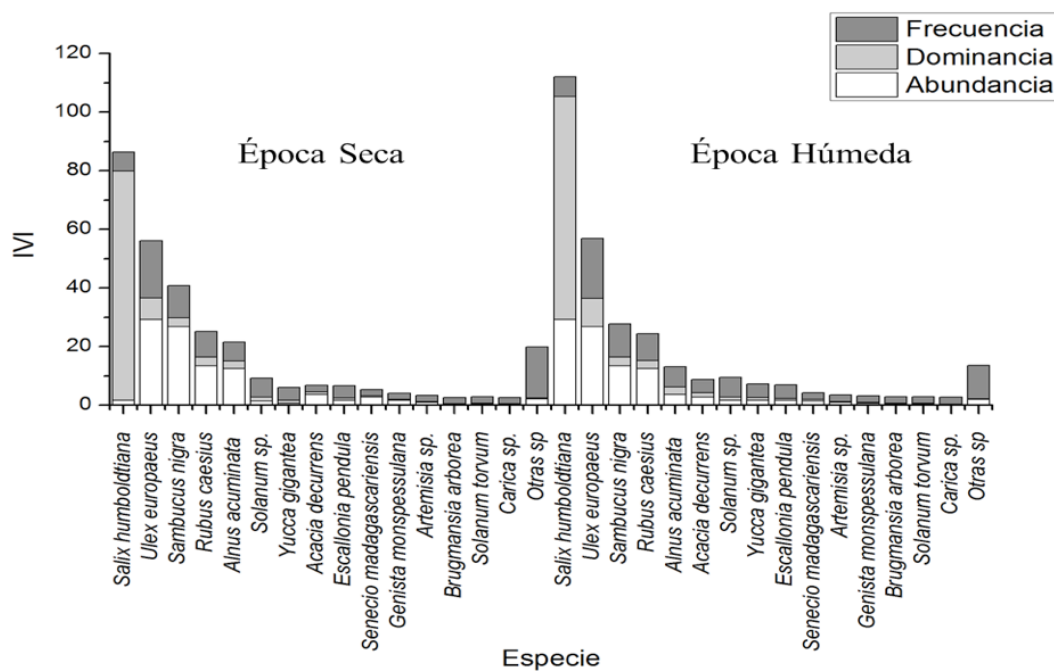


Figura 2. Índice de valor de importancia de la composición florística del Humedal Torca-Guaymaral

Fuente: Elaborado por los autores

– Cociente de mezcla (CM) de la vegetación riparia

El coeficiente de mezcla para la vegetación presente en el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral está determinado por una relación de 1:17 para época húmeda y 1:21 para época seca, cifras que

logran expresar la alta heterogeneidad encontrada en la composición de la cobertura, demostrando así una complejidad estructural baja.

Estructura vertical de la vegetación riparia

– Distribución altimétrica de la vegetación riparia

Para la cobertura vegetal presente en el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral se observa una distribución de J invertida en las dos épocas de análisis realizadas, puesto que la mayor cantidad de individuos se encuentra en las clases I, II y III con 402 y 425 individuos (figura 3), el bajo número de individuos hacia clases diamétricas mayores; sin embargo, se encuentran algunos individuos de *Salix humboldtiana*, *Sambucus nigra* y *Yucca gigantea* con dominancia en alturas entre los 18 y 20 metros e importantes al nivel ecológico en el área. Las clases altimétricas de la IV a la X reúnen el 1.22 % y 1.39 %, respectivamente (5 y 6 individuos) del total evaluado en el área.

- Índices de diversidad de la vegetación riparia

El índice de Margalef analiza la diversidad de las comunidades a través de la distribución de las especies en función del número de individuos presentes en la muestra evaluada; de acuerdo con ello la vegetación asociada al sector occidental del humedal presenta valores para el índice de 3.66 en época húmeda, y 3.13 en época seca, demostrando una diversidad media-baja. La vegetación evaluada bajo el índice de Shannon con valores de 2.0 y 1.9, representa una baja riqueza. El índice de Simpson mide la riqueza de las especies más comunes dentro de cada cobertura evaluada, reportando valores de probabilidad entre 0.80 (80 %) y 0.78 (78 %). Finalmente, el índice Berger Parker expresa la dominancia de la especie más abundante, para la época húmeda; utilizando este índice se reporta que en el área alcanza valores de 0.29 que equivalen al 30 %, y demuestran una baja dominancia y una baja diversidad. Asimismo, el índice para la época seca reporta valores de 0.36 (36 %) lo cual se interpreta como dominancia de una especie identificada en los registros como *Ulex europaeus*; sin embargo, mantiene niveles de diversidad bajos.

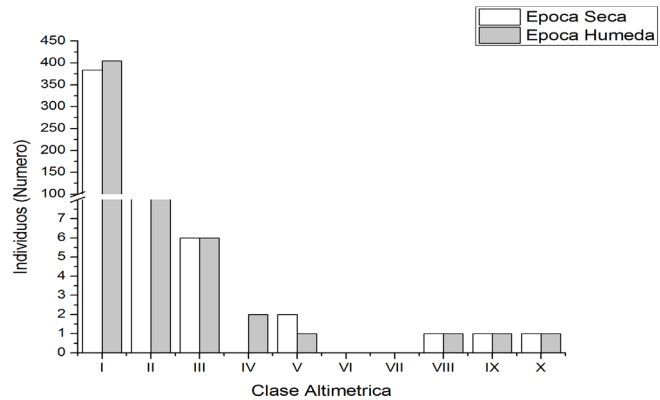


Figura 3. Distribución Altimétrica de la composición florística del Humedal Torca-Guaymaral

Fuente: Elaborado por los autores

DISCUSIÓN

Según Van der Hammen y colaboradores (2002) el incremento en los valores de temperatura en el tiempo debería estar asociado del mismo modo a aumento en las precipitaciones. Sin embargo, de acuerdo con los datos reportados por la CAR (2014-2015) en el período de muestreo para la estación climática Guaymaral, en el sector del humedal Torca-Guaymaral, este fenómeno no se cumple, dado que con el incremento de las temperaturas, se ha dado una disminución considerable en los volúmenes de precipitación, creando un desbalance climático a en el ecosistema asociado al mismo.

Con relación a las dos épocas de análisis (época seca-época húmeda) y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las abundancias y en la diversidad de los individuos inventariados en la caracterización florística, se evidencia el incremento de la abundancia de individuos de la especie *Ulex europaeus*, con el incremento de la temperatura, es decir, hubo mayor número de individuos de la especie en época seca (febrero de 2016) que las registradas en época húmeda (noviembre de 2016), lo cual está directamente relacionado con unas condiciones climáticas óptimas,

en las cuales se propicia el incremento en las tasas reproductivas de la especie, su supervivencia, la dispersión de semillas, el potencial de germinación, la ocupación del espacio y la disponibilidad de recursos (Barrera, 2011).

De acuerdo con los datos obtenidos a través del procesamiento de la información colectada en campo en las dos épocas de muestreo (húmeda y seca), es posible afirmar que la dominancia de especies invasoras y altamente dominantes, como el ***Ulex europaeus***, ha suprimido la existencia de especies que generan procesos de recuperación y restablecimiento de las condiciones estructurales y funcionales del ecosistema asociado al sector occidental del humedal Torca Guaymaral, lo cual es sustentado por UICN (2000) y D'Antonio y Meyerson (2002), quienes afirman que las especies invasoras, como es la naturaleza del retamo, son una de las principales causantes de la degradación de hábitat, la pérdida de especies silvestres y la alteración de funciones ecosistémicas.

La presencia de especies como ***Acacia decurrens***, ***Senecio madagascariensis*** y ***Escallonia pendula*** permite aseverar acerca de una alta presencia de especies introducidas, las cuales deben su desarrollo a intervenciones de tipo antrópico, sucesiones de especies invasoras y cambios de uso del suelo, sucesos que incrementan, en un alto porcentaje, las probabilidades de recuperación natural de las unidades asociadas al humedal, ya que la alta presencia de especies introducidas ocasiona que los ecosistemas de tipo natural pierdan la capacidad de recuperarse a través del tiempo y se elimine la denominada memoria ecológica (Schaefer, 2009; Davis, 2003).

Los resultados reportados en la caracterización por "Otras especies" ilustran la heterogeneidad, al nivel de especies, para la cobertura riparia asociada al sector occidental del humedal, lo que está, además, íntimamente relacionado con el gran número de individuos de una misma especie dentro de cada unidad de muestreo, producto de la intervención antrópica y las condiciones de disponibilidad de energía y un ambiente óptimo para el establecimiento de especies invasoras de características similares, lo cual se conecta con la modificación de los procesos sucesionales que se dan en el interior de las comunidades vegetales, producto del cambio de condiciones y disponibilidad de nutrientes en áreas en donde dominan especies de tipo invasor (Barrera-Cataño, Contreras-Rodríguez, Garzón-Yepes, Moreno-Cárdenas y Montoya-Villarreal, 2010).

Los resultados obtenidos a través del análisis de los índices descritos en líneas anteriores y los resultados ya expresados gráficamente, producto de los datos de importancia ecológica de las especies presentes en el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral, permiten inferir acerca del deterioro que sufre la estructura ecológica del mismo, lo cual está relacionado con la pérdida en su totalidad de la vegetación nativa asociada a los ecosistemas del humedal, en donde dominan los individuos de estratos bajos y porte rasante, como lo afirman Beltrán y colaboradores (2014), que están distribuidos de manera dispersa, lo cual propicia que en condiciones de disturbio se observe la conversión a matorrales densos de *Ulex europaeus*.

Por su parte, en las dos épocas de muestreo la diversidad presentó valores de diversidad silimares, a pesar de que se registran altos niveles de disturbio en las coberturas vegetales del sector occidental del humedal Torca-Guaymaral. Esta composición de coberturas es explicada por Sher y Hyatt (1999) señalando que conlleva que especies invasoras se dispersen, y genera espacios que facilitan el establecimiento y las condiciones óptimas para el desarrollo de las mismas.

PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN RIPARIA DEL SECTOR OCCIDENTAL DEL HUMEDAL TORCA-GUAYMARAL

Teniendo en cuenta los impactos generados sobre el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral, el análisis de cambio de coberturas vegetales y uso del suelo (Clavijo, López-Barrera, Aperador, s. f.) y la caracterización florística de este estudio, se genera una propuesta metodológica de restauración para el área, orientada a impulsar los procesos de recuperación de la estructura y función del ecosistema, a través de la inclusión de especies vegetales en la franja riparia del humedal, en donde se contempla un proceso asistido en el cual se busca estimular las dinámicas naturales de un ecosistema, con el fin de contribuir con el tiempo al restablecimiento de las condiciones del área de manera similar al ecosistema natural (García, 2014).

Esta propuesta metodológica de restauración no incluye labores de trabajos con la comunidad ni trabajo social, ya que, pese a que es un humedal ubicado en predios privados, mediante Resolución 0187 del 1 de abril de 2015, por medio de la cual "se declaran de

utilidad pública las zonas de terreno de los predios requeridos para el fortalecimiento, preservación, protección y restauración de la reserva forestal Thomas Van Der Hammen, a efecto de garantizar los objetivos de conectividad hídrica con la quebrada La Salitrosa, el humedal La Conejera y el río Bogotá”, el cambio de administración distrital y la variabilidad en el diseño de políticas de manejo hacen que sea aún más compleja la definición de responsabilidades y acciones a futuro.

El proceso de restauración propuesto para el sector occidental del Humedal Torca Guaymaral está orientado a la recuperación del componente biótico (vegetación terrestre), procedimiento que se llevará a cabo mediante un esquema de planeación, implementación y monitorización. En la fase de planeación se realiza un análisis de los aspectos ecológicos del área de interés, de la composición y estructura de la vegetación terrestre, análisis que partió de la instalación de parcelas de caracterización florística en donde se obtuvo como resultado una dominancia de especies de carácter invasor como es el caso de *Ulex europaeus* (Retamo espinoso) y *Genista monspessulana* (Retamo Liso). En la segunda fase se hace la implementación por medio de un modelo de respuesta que está orientado a la eliminación de las especies vegetales invasoras, la preparación y mejora de las condiciones del terreno, siembra de especies vegetales recomendadas para la restauración de humedales urbanos de Bogotá y el inicio del proceso sucesional a través de las mismas. Finalmente, en la monitorización se propone la selección de parámetros a evaluar, como sobrevivencia, altura, diámetro, estado fitosanitario y, adicionalmente, se debe establecer un intervalo de medición de las variables escogidas. Es importante resaltar la necesidad de apropiación social del proceso por medio de la divulgación de los resultados obtenidos.

MANEJO DE ESPECIES INVASORAS

El retamo es una especie que invade, de manera muy rápida, suelos degradados; su estructura densa y ramificada inhibe la aparición y el establecimiento de nuevos individuos vegetales, impide el tránsito de fauna silvestre asociada a los ecosistemas a los que llega y aumenta el riesgo de incendios forestales (Salamanca y Camargo, 2002; Barrera, 2011; Beltrán et al., 2014). Esta especie se caracteriza por ser agresiva en su distribución, altamente competitiva con otras especies y retenedora de nutrientes provenientes del suelo.

Para el manejo de invasión de las especies de *Ulex europaeus* (retamo espinoso) y *Genista monspessulana* (retamo liso) en el sector occidental del humedal Torca Guaymaral, se propone la implementación de la metodología establecida por el Jardín Botánico José Celestino Mutis (Buitrago, 2013), una propuesta desarrollada en fases que contempla el manejo de las especies invasoras, la transformación del residuo y el aprovechamiento de los residuos vegetales. A continuación, se presentan las fases del manejo propuesto.

Fase I. Erradicación manual de los individuos presentes en el área (raíz de rebrotes y plántulas reclutadas); apilado del material erradicado, por medio de pilas sobre el suelo que previamente debe estar cubierto con plástico, con el fin de evitar la dispersión de semillas; transporte del material, el cual se debe realizar en un vehículo recubierto con plástico, para evitar la dispersión de semillas.

Fase II. Picar el material vegetal, en áreas recubiertas para evitar dispersión; bioextrusión del material a través de una máquina extrusora que minimiza el tamaño del material y la destrucción de semillas y rebrotes.

Fase III. Montaje del material proveniente de la extrusora en pilas para compostaje.

SIEMBRA DE NUEVAS ESPECIES

Con el fin de hacer una propuesta de especies que responda a las necesidades del ecosistema, se plantea hacer una manipulación de la composición de especies, como lo proponen Lindig-Cisneros y Zedler (2002), quienes afirman que con dicha planeación de las especies que se proponen plantar para la restauración, se reduce la posibilidad de un restablecimiento de especies invasoras.

En consecuencia, se propone hacer una recuperación de la estructura y la función básica del ecosistema (IDEAUN y EAAB-ESP, 2012), a través de la recuperación de la vegetación riparia en el humedal; para tal fin se llevará a cabo un proceso de plantación de especies provenientes de vivero, lo cual garantiza un escogencia de las especies aptas para el lugar, una edad óptima para el desarrollo y posterior mantenimiento para, de este modo, garantizar una mayor probabilidad de sobrevivencia de las especies plantadas.

Las especies propuestas a ser utilizadas para el proceso de recuperación de la cobertura vegetal riparia asociada al humedal son de potencial para la restauración, adaptadas a las condiciones del mismo, de fácil establecimiento como las heliófitas pioneras, con altas aptitudes de sobrevivencia, de fácil asociación con otras especies, capacidad de regeneración y que aporten alimento y refugio para la fauna silvestre asociada al humedal, así como lo recomienda la (IDEAUN y EAAB-ESP, 2012), especies para zonas inundables en algunas épocas con potencial de restauración, con capacidad de adaptación a suelos temporalmente inundados como *Alnus acuminata*, *Cestrum mutisii*, *Cordia cylindrostachya*, *Duranta mutisii*; especies de tierra firme de rápido crecimiento, fácil adaptación y con afinidad ecológica compatible, dentro de las que se encuentran *Abatia parviflora*, *Alnus acuminata*, *Baccharis bogotensis*, *Bocconia frutescens*, entre otras.

CONCLUSIONES

La caracterización florística realizada en el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral, en dos épocas climáticas de análisis distintas (húmeda y seca), permitió evidenciar las condiciones actuales de la vegetación terrestre asociada a este, las principales presiones que enfrenta la misma, las características y naturaleza de las especies y la tendencia que se establece en este ecosistema producto de la presencia y función de los individuos vegetales muestreados.

El paralelo de los resultados obtenidos en los muestreos realizados en cada una de las épocas climáticas permitió evidenciar que el incremento en la temperatura crea las condiciones óptimas para la colonización y dominancia en área y abundancia de las especies invasoras, como es el caso puntual de la especie *Ulex europaeus*, especie que incrementó de manera visible su ocupación en el área de estudio y, aunado a ello, la supresión y eliminación de otras especies.

En consonancia con lo anterior, es posible afirmar que la presencia y proliferación de especies invasoras ha minimizado el establecimiento y desarrollo de otras especies que aportan a la recuperación de áreas, en donde es posible restablecer procesos sucesionales que involucren presencia de microclimas aptos para la llegada de nuevos individuos de tipo vegetal y faunístico, asociaciones que favorecen no solo el mejoramiento de las condiciones del suelo, sino del ecosistema en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beltrán-G., H. y Barrera-Cataño, I. (2014). Caracterización de invasiones de *Ulex europaeus* L. de diferentes edades como herramienta para la restauración ecológica de bosques altoandinos, Colombia. *Biota Colombiana*. 15(Supl.2), 3-26.
- Barrera, J.; Ríos, H. y Pinzón, C. (2002). Planteamiento de la propuesta de restauración ecológica de áreas afectadas por el fuego y/o invadidas por el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L) en los cerros de Bogotá D.C. Pérez Arbelaeza, 6(13), 55-71.
- Barrera., J. (2011). *Restauración ecológica de bosques altoandinos sometidos a presión antrópica: de lo teórico a lo posible*. (Tesis de Doctorado en Biología Animal, Vegetal y Ecología). Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. España.
- Barrera-Cataño, J.; Contreras-Rodríguez, S.; Garzón-Yepes, N.; Moreno-Cárdenas, A. y Montoya-Villarreal, S. (2010). *Manual para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas Disturbados del Distrito Capital*. Bogotá, Colombia: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana (PUJ).
- Blanco-Garrido, F.; López-Albacete, I.; Herrera-Grao, A.; Magdaleno, F. y Martínez, R. (2011). *Relación entre vegetación riparia y caudales: resultados preliminares en tramos fluviales del sur de España*. España: Publicaciones MEDIODES, Consultoría Ambiental y Paisajismo. http://www.mediodes.com/pdfs/es/cientificas/Vegetacion%20riparia%20y%20caudales_texto%20completo.pdf
- Buitrago, L. (2013). *Protocolo de Bioseguridad para el Manejo del Compost o Sustratos resultante de la transformación de los residuos de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) y retamo liso (*Genista monspessulana*), para su incorporación a los procesos de propagación de material vegetal, bajo condiciones controladas*. Bogotá, Colombia: Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- Camargo, G. (2007). *Guía técnica para proyectos piloto de restauración ecológica participativa. Metodología para el desarrollo de los proyectos piloto de la*

- política de restauración ecológica participativa en el Sistema de Parques Nacionales Naturales y sus zonas amortiguadoras.* Bogotá, Colombia.
- Camelo, D. (2015). *Evaluación del estado sucesional actual de las áreas restauradas y con invasión previa de Ulex europaeus L. en los Cerros Orientales de Bogotá.* (Trabajo de Grado de Maestría en Ciencias Biológicas). Bogotá, Colombia: Universidad Javeriana.
- Clavijo, K.; López-Barrera, E. y Aperador, D. (s. f.) Análisis multitemporal de la dinámica de cobertura vegetal en relación al cambio de uso del suelo (1965-2013) en el Humedal urbano Torca-Guaymaral. *En prensa.*
- Davis, M. (2003). Biotic globalization: does competition from introduced species threaten biodiversity? *Bioscience*, 53, 481-89
- D'Antonio, C. y Meyerson, L. (2002). Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. *Restoration Ecology*, 10(4), 703-713.
- García, V. (2014). *Aplicabilidad de los planes de restauración ecológica en Bogotá. Colombia.* (Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales). Bogotá, Colombia: Universidad Militar.
- Holdridge, L. (1979). *Ecología Basada en Zonas de Vida.* San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - Editorial IICA.
- Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia (IDEAUN) y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP). (2012). *Plan de Manejo Ambiental de los Humedales Torca y Guaymaral. Caracterización Diagnóstica.* Bogotá, Colombia: IDEAUN, EAAB-ESP.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Lamb, D. (1998). Large-scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. *Restoration Ecology*, 6(3), 271-279.
- Lindig-Cisneros, R. y Zambrano, L. (2007). Aplicaciones prácticas para la conservación y restauración de humedales y otros ecosistemas acuáticos. *En: Perspectivas sobre Conservación de Ecosistemas Acuáticos en México.* SEMARNAT-INE, US Fish y Wildlife Service, Unidos para la Conservación y UMSNH, 167-188.
- Lindig-Cisneros, R. y Zedler, J. (2002). Halophyte recruitment in a salt marsh restoration site. *Estuaries*, 25(6), 1174-1183.
- López-Barrera E.; Duarte, M. y Moreno R. (2015) Diagnóstico ecológico del humedal Torca-Guaymaral. *En: López-Barrera E.A., Plata, A., Fuentes Cotes M. (2015). Humedal Torca-Guaymaral: Iniciativas para su conservación.* Bogota, Colombia.
- Lorente, I.; Gamo, D.; Gómez, J.; Santos, R.; Flores, L.; Camacho, A. y Navarro, J. (2004). Los efectos biológicos del cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 13(1), 103-110.
- Marrugan, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement.* New York, USA: Chapman y Hall.
- Martín-López, B.; González, J.; Díaz, S.; Castro, I. y García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista Ecosistemas*, 16(3), 69-80
- Melo, O.; Martínez, H. y Huertas, F. (1997). *Cuantificación de la diversidad florística y análisis estructural de los ecosistemas tropicales.* Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal, Centro Forestal Tropical Bajo Calima.
- Melo, O. y Vargas R. (2002). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos.* Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima- CRQ-CARDER- CORPOCALDAS-CORTOLIMA.
- Moreno, V.; García, J. y Villalba, J. (2005). *Descripción general de los humedales de Bogotá.* Retrieved from the Sociedad Geográfica de Colombia, Bogotá, Colombia: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/humed.pdf>
- Murcia, C.; Guariguata, M.; Andrade, Á.; Andrade, G.; Aronson, J.; Escobar, E.; Etter, A.; Moreno, F.; Ramírez, W. y Montes, E.

- (2016). Challenges and Prospects for Scaling-up Ecological Restoration to Meet International Commitments: Colombia as a Case Study. *Conservation Letters*, 9, 213–220. doi:10.1111/conl.12199
- Rangel, J. y G. Lozano. (1986). Un perfil de vegetación entre La Plata (Huila) y el volcán Puracé. *Caldasia*, 14(68-70), 503-547.
- Salamanca B, y Camargo G. (2002). *Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Bogotá*. Segunda edición. Bogotá DC, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente – DAMA. Fundación Estación Biológica Bachaqueros.
- Schaefer, V. (2009). Alien invasions, ecological restoration in cities and the loss of ecological memory. *Restoration Ecology*, 17(2), 171-176.
- Sher, A. y Hyatt, L. (1999). The disturbed resource-flux invasion matrix: a new framework for patterns of plant invasion. *Biological Invasions*, 1(2), 107-114.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2000). *Guías para la prevención de pérdidas de diversidad biológica ocasionadas por especies exóticas invasoras*. Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/efiles/edocs/Rep-2000-052-Es.pdf>.
- Van Der Hammen, T.; Stiles, F.; Rosselli, L.; Chisacá, M.; Camargo, G.; Guillot, G.; Useche, Y. y Rivera, D. (2008). *Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos*. Bogotá, Colombia: Secretaría Distrital de Ambiente,.
- Van Der Hammen, T.; Caicedo, P.; Gutiérrez, J.; Alarcón, H. y Van Der Hammen, J. (2002). El cambio global y los ecosistemas de alta montaña de Colombia. En: Castaño (Ed.), *Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición hotspot y global climatic tensor*, IDEAM, Bogotá (2002), pp. 163–209
- Vargas, J. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biológica colombiana*, 16(2), 221-246.
- Vargas, O.; Díaz, J.; Reyes, S. y Gómez, P. (2012). *Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia*. Bogotá: Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Grupo de Restauración Ecológica-Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/260365693>.
- Young, T. (2000). Restoration ecology and conservation biology. *Biological conservation*, 92(1), 73-83.